

ANALISIS SISTEM PEMBUMIAN TOWER SALURAN TRANSMISI DARI GARDU INDUK KAPAL – GARDU INDUK GIANYAR

IGP Agung Satya Wicaksana¹, IW Arta Wijaya², IGN Janardana³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Alamat Jln Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali

Agungsatya39@gmail.com¹, artawijaya@unud.ac.id², janardana@unud.ac.id³

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki nilai pembumian saluran transmisi yang memiliki nilai pembumian lebih kecil dari nilai standar SPLN No 121: 1996 yaitu $\leq 10 \Omega$ dan merekomendasikan sistem pembumian yang memenuhi standar. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif dan dihitung nilai dari sistem pembumian dengan mengikuti standar SPLN No 121: 1996. Dalam analisis ada tahap yang dilakukan yaitu survey lapangan dilakukan pengukuran besarnya tahanan tanah (R) untuk menghitung nilai tahanan jenis tanah (ρ) selanjutnya menghitung nilai tahanan pembumian dengan 5 jenis sistem pembumian untuk mencapai tahanan pembumian $\leq 10 \Omega$ yaitu sistem pembumian satu batang elektroda, sistem pembumian 2 batang elektroda ditanam secara vertikal $S > L$, sistem pembumian 2 batang elektroda ditanam secara vertikal $S < L$, sistem pembumian Pelat, dan sistem pembumian grid-rod. Hasil dari penelitian adalah untuk tanah sawah menggunakan sistem pembumian satu batang elektroda secara vertikal didapatkan nilai $7,32 \Omega$ dengan biaya pembuatan sebesar Rp 857.000, pada tanah ladang dengan sistem pembumian satu batang elektroda secara vertikal didapatkan nilai $8,36 \Omega$ dengan biaya pembuatan sebesar Rp 1.363.000, dan pada tanah lempung dengan sistem pembumian satu batang elektroda secara vertikal didapatkan hasil $7,98 \Omega$ dengan biaya pembuatan sebesar Rp 857.000.

Kata kunci : Sistem Pembumian, Saluran Transmisi, Tahanan Jenis Tanah

ABSTRACT

This study aims to improve the earthing value of transmission lines which have an earth value less than the standard value of SPLN No 121: 1996, namely 10 and recommend an earthing system that meets the standards. The method used is a descriptive method by calculating the value of the earthing system by following the SPLN standard No. 121: 1996. This analysis consists of several stages, namely a site survey, measuring soil resistance (R) to calculate the value of soil resistivity (ρ) then calculating the value of grounding resistance with 5 types of grounding systems to achieve grounding resistance 10 , namely one electrode grounding system, 2 electrode grounding system planted vertically $S > L$, 2 electrode earthing system planted vertically $S < L$, plate earthing system, and a grid-rod earthing system. The results of the research are for paddy fields using a vertical one-electrode earthing system, the value is 7.32Ω with a manufacturing cost of Rp. 857,000, on farmland with a vertical one-electrode earthing system, the value is 8.36Ω with a manufacturing cost of Rp. 1,363,000, and on clay soil with a vertical one-electrode earthing system, the result is 7.98Ω with a manufacturing cost of Rp. 857,000.

Keywords : Earthing System, Transmission Line, Soil Type Resistance

1. PENDAHULUAN

Saluran Udara Tegangan Tinggi adalah bagian sistem pendistribusian tenaga listrik, saluran tersebut sangat bisa terjadi gangguan akibat sambaran petir

yang bisa mengakibatkan kenaikan tegangan yang dapat merusak peralatan listrik yang digunakan sebagai alat pendukung penyalur tenaga listrik.

Faktor kunci dalam perlindungan sistem tenaga listrik adalah pembumian.

penting dari sistem energi. Perancangan dan pembebanan yang benar dirancang demi menjamin keselamatan bagi manusia dan perangkat yang berada di tempat di mana arus hubung singkat berbahaya yang disebabkan oleh sambaran petir dapat terjadi. Oleh karena itu, hambatan pembumian harus pasti dilakukan serendah mungkin, dan nilainya harus memenuhi standar yang tercantum dalam peraturan yang ditentukan[1].

Tujuan yang ingin dicapai pada jurnal ini adalah memperbaiki nilai pembumian tower saluran transmisi yang memiliki nilai pembumian lebih besar dari nilai yaitu ≤ 10 dengan menghitung menggunakan rumus yang ada.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pembumian

Sistem pembumian merupakan hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi demi dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen instalasi dari bahaya tegangan/ arus abnormal [2].

2.2 Tahanan Jenis Tanah

Tahanan jenis tanah adalah kunci keseimbangan antara tahanan dan kapasitansi disekeliling yang di representasikan dengan ρ . Harga tahanan jenis tanah pada kedalaman yang terbatas tergantung dari beberapa faktor yaitu :

1. Jenis tanah = tanah liat, berpasir, berbatu dan lain-lain.
2. Lapisan tanah = berlapis-lapis dengan tahanan berbeda.
3. Kelembaban tanah.
4. Suhu .

Tabel 1 memperlihatkan rata-rata tahanan jenis tanah pada jenis-jenis tanah [3].

Tabel 1. Tahanan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (ohm-meter)
Tanah rawa	30
Tanah liat dan tanah ladang	100
Pasir basah	200
Kerikil basah	500
Pasir dan kerikil kering	1000
Tanah berbatu	3000

Pemilihan jenis pembumian elektroda ini dipengaruhi oleh jenis tanah, tempat sistem pembumian di pasang. Pada daerah yang jenis tanahnya tidak keras, pembumian 1 batang secara vertikal dapat dipakai, karena mudah untuk menanam elektroda lebih dalam ke dalam tanah, hingga tahanan pembumian dapat diminimalisir.

2.3 Pembumian dengan 1 batang elektroda ditanam vertikal (pembumian rod)

Pembumian dengan elektroda secara vertikal adalah pembumian dengan cara menanam batang elektroda ke dalam tanah secara tegak lurus [4].

Menghitung nilai dari sistem pembumian satu batang elektroda ditanam vertikal dapat dihitung menggunakan rumus (1).

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

Keterangan :

- R : Tahanan pembumian (Ω)
- ρ : Tahanan jenis tanah (Ω -m)
- L : Panjang elektroda (m)
- a : Jari-jari elektoda (m)

2.4 Dua Batang Elektroda Di Tanam Tegak Lurus ke Dalam Tanah

Dua batang elektroda berbentuk selinder dengan panjang L yang ditanam tegak lurus di dalam tanah dengan jarak antara ke dua elektroda tersebut sebesar S [5].

Untuk menghitung nilai dari sistem pembumian dua batang elektroda di tanam tegak lurus dapat di hitung menggunakan rumus (2) dan (3)

Untuk $S > L$

$$R_{d1} = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{S} - 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} + \dots \right) \quad (2)$$

Untuk $S < L$

$$R_{d1} = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi S} \left(1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} + \dots \right) \quad (3)$$

Keterangan :

- R_{d2} : Tahanan pembumian (Ω)
- ρ : Tahanan jenis tanah (Ω -m)
- L : Panjang elektroda (m)
- a : Jari-jari elektoda (m)
- S : Jarak antar kedua elektroda (m)

2.5 Sistem Pembumian Pelat

Pembumian bentuk pelat adalah elektroda dari bahan pelat logam atau dari kawat. Pada umumnya elektroda ini ditanam cukup dalam [5].

Untuk menghitung nilai dari sistem pembumian pelat dapat di hitung menggunakan rumus (4). [5].

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{\pi} + \frac{a^2 \ln b}{2(a+b)} + \ln \frac{4L}{a} - 1 + \frac{s}{2L} + \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right) (\Omega) \tag{4}$$

Keterangan :

- L : (s + a) panjang elektroda (m)
- a : Panjang sisi pelat tegak lurus (m)
- b : Panjang sisi pelat sejajar (m)
- s : Jarak pelat ke permukaan tanah (m).
- ρ : Tahanan jenis tanah (Ω-m)
- R : Tahanan pembumian (Ω)

2.6 Sistem Pembumian Grid-Rod

Keuntungan dari pembumian gabungan ini adalah di dapatkannya tahanan pembumian yang sangat kecil dari pada pembumian diatas tersebut, namun memerlukan biaya tambahan yang mahal untuk penggabungan kedua jenis pembumian tersebut. [5].

Untuk menghitung nilai dari sistem pembumian grid dapat di hitung menggunakan rumus (5). [5].

$$R_g = \rho \left\{ \frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20}A} \left[1 + \frac{1}{1+h\sqrt{20}A} \right] \right\} (\Omega) \tag{5}$$

Keterangan :

- R_{ga} : Tahanan pembumian (Ω)
- ρ : Tahanan jenis tanah (Ω-m)
- L : anjang keseluruhan rod (m)
- A : Luas Grid (m)
- h : Tinggi penanaman grid (m)

3. METODOLOGI PENELITIAN

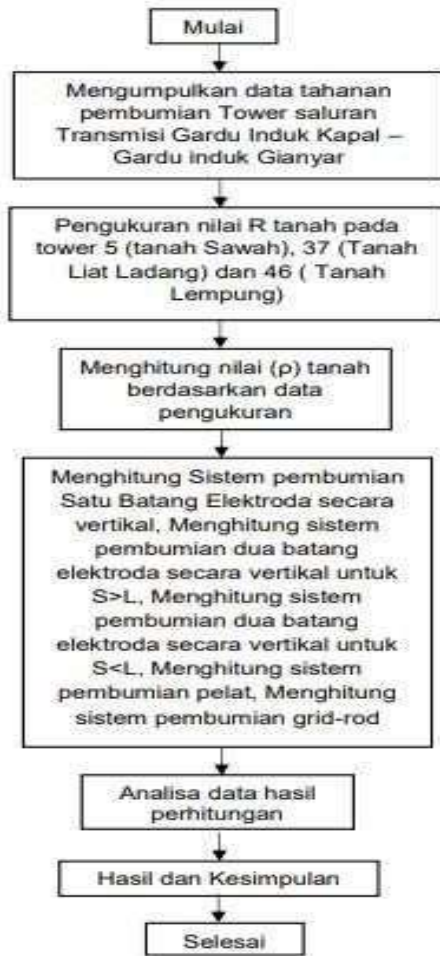
Penelitian ini dilaksanakan di tower saluran transmisi Gardu Induk Kapal – Gardu Induk Gianyar, Bali. Penelitian ini menggunakan data pendukung pelaksanaan dari penelitian yang dilakukan. Hal-hal yang menyangkut data tersebut adalah sumber data, jenis data, dan pengumpulan data. Sumber data yang didapatkan dari jurnal ini bersumber pada

hasil pengukuran pada tower saluran transmisi Gardu Induk Kapal – Gardu Induk Gianyar dan buku tentang pembumian. Data jenis penelitian yang di gunakan pada jurnal ini adalah data primer yang didapat dari pengukuran langsung di lokasi mengenai nilai-nilai yang didapat pada sistem pembumian pada saluran transmisi dan juga menggunakan data sekunder (hasil-hasil penelitian)

Data hasil pengukuran yang telah didapat akan dianalisis dan dihitung berdasarkan persamaan yang sudah tercantum pada tinjauan pustaka dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menghitung sistem pembumian satu batang elektroda secara vertikal dengan menggunakan persamaan nomor 1
2. Menghitung sistem pembumian dua batang elektroda secara vertikal untuk S>L dengan menggunakan persamaan nomor 2
3. Menghitung sistem pembumian dua batang elektroda secara vertikal untuk S<L dengan menggunakan persamaan nomor 3
4. Menghitung sistem pembumian pelat dengan menggunakan persaman nomor 4
5. Menghitung sistem pembumian grid-rod dengan menggunakan persamaan nomor 5

Pada gambar 1 dapat dilihat alur penelitian analisis sistem pembumian pada tower transmisi Gardu Induk Kapal – Gardu Induk Gianyar.



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran Tahanan Tanah Pada Tower Saluran Transmisi Gardu Induk Kapal – Gardu Induk Gianyar

Sebelum dilakukan analisis, dilakukan pengukuran tahanan pada tanah (R) untuk mendapatkan nilai pada tahanan jenis tanah (ρ). Dengan menggunakan persamaan $2 \cdot \pi \cdot a \cdot R$. [6]

Tabel 2. Pengelompokan Jenis tanah Pada Tower Yang Memiliki Nilai Yang Melebihi Standar

No	Jenis Tanah	Nomor Tower	Nilai rho tanah $2 \cdot \pi \cdot a \cdot R$ (Ω-m)
1	Sawah/basah	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12,13, 21,22,23,24, 26,27, 29,31,32,	13.81

		41, 43, 45, 50, 53, 55, 58, 59, 61, 65, 67	
2	Liat ladang	14, 15, 16, 17, 18, 19, 37, 66	23.86
3	Lempung	46	15.07

Berdasarkan data pengukuran pada tabel 2 nilai tahanan jenis tanah (ρ) tertinggi adalah 23,86 Ω-m pada tanah liat ladang

4.2 Menghitung Tahanan Pembumian Satu Batang Elektroda Secara Vertikal

1. Tanah sawah

Sistem pembumian satu batang elektroda secara vertikal pada Tanah sawah dengan nilai $\rho = 13,81 \Omega\text{-m}$, $L = 1,5 \text{ m}$ dan $a = 15 \text{ mm}$ sebagai berikut :

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

$$R = \frac{13,81}{2 \times (3,14) \times 1,5} \left[\ln \left(\frac{4 \times (1,5)}{0,015} \right) - 1 \right]$$

$$= 7,32 \Omega$$

Dengan Panjang elektroda (L) = 1,5 di dapatkan nilai 7,32 Ω sehingga sudah sesuai dengan standar SPLN No 121 : 1996 dengan nilai $\leq 10 \Omega$

2. Tanah Liat Ladang

Sistem pembumian satu batang elektroda secara vertikal pada tanah liat ladang dengan nilai $\rho = 23,86 \Omega\text{-m}$, $L = 2,5 \text{ m}$ dan $a = 15 \text{ mm}$ sebagai berikut :

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

$$R = \frac{23,86}{2 \times (3,14) \times 2,5} \left[\ln \left(\frac{4 \times (2,5)}{0,015} \right) - 1 \right]$$

$$= 8,36 \Omega$$

Dengan Panjang elektroda (L) = 2,5 di dapatkan nilai 8,36 Ω sehingga sudah sesuai dengan standar SPLN No 121 : 1996 dengan nilai $\leq 10 \Omega$

3. Tanah Lempung

Sistem pembumian satu batang elektroda secara vertikal pada tanah lempung dengan nilai rata-rata $\rho = 15,07 \Omega\text{-m}$, $L = 1,5 \text{ m}$ dan $a = 15 \text{ mm}$ sebagai berikut :

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

$$R = \frac{15,07}{2 \times (3,14) \times 1,5} \left[\ln \left(\frac{4 \times (1,5)}{0,015} \right) - 1 \right]$$

$$= 7,99 \Omega$$

Dengan Panjang elektroda (L) = 1,5 didapatkan nilai 7,99 Ω sehingga sudah sesuai dengan standar SPLN No 121 : 1996 dengan nilai $\leq 10 \Omega$

4.3 Rencana Anggaran Biaya Sistem Pembumian Satu Batang Elektroda secara Vertikal

RAB Sistem Pembumian Satu Batang Elektroda secara Vertikal terbagi atas empat poin utama, antara lain Konduktor BC 150mm², ukuran rod dengan panjang 1,5 meter dan 2,5 meter dengan diameter rod 0,015 = 15mm jasa pemasangan dan jasa penggalian serta urugan tanah terhitung tiap 1,5 meter tertera pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. RAB Sistem Pembumian Satu Batang Elektroda Secara Vertikal Pada Tanah Sawah

No	Uraian	Vol/Satuan	Harga Satuan Rp.	Jumlah Rp. Vol/Sat*Harga satuan
1	Konduktor BC 150mm ²	2 meter	221.000	442.000
2	Rod(0,015m)(1,5m)	1	265.000	265.000
3	Pemasangan Rod(1m)	1	150.000	150.000
Total				857.000

Tabel 4. RAB Sistem Pembumian Satu Batang Elektroda Secara Vertikal Pada Tanah Liat Ladang

No	Uraian	Vol/Satuan	Harga Satuan Rp.	Jumlah Rp. Vol/Sat*Harga satuan
1	Konduktor BC 150mm ²	3 meter	221.000	663.000
2	Rod (0,015m)(2,5m)	1	550.000	550.000
3	Pemasangan Rod(1m)	1	150.000	150.000
Total				1.363.000

Tabel 5. RAB Sistem Pembumian Satu Batang Elektroda Secara Vertikal Pada Tanah Lempung

No	Uraian	Vol/Satuan	Harga Satuan Rp.	Jumlah Rp. Vol/Sat*Harga satuan
1	Konduktor BC 150mm ²	2 meter	221.000	442.000
2	Rod(0,015m)(1,5m)	1	265.000	265.000
3	Pemasangan Rod(1m)	1	150.000	150.000
Total				857.000

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis pada tiga tabel yakni tabel 3, tabel 4, tabel 5 pada 3 jenis tanah berbeda, dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Pada tanah sawah, berdasarkan tabel 3 dengan panjang ROD = 1,5 meter sudah mencapai nilai standar pembumian $\leq 10 \Omega$ (SPLN No:121:1996) dengan RAB yang optimal jumlah biaya sebesar Rp. 857.000.
2. Pada tanah liat ladang berdasarkan tabel 4 dengan panjang ROD 2,5 meter sudah mencapai nilai standar pembumian $\leq 10 \Omega$ (SPLN No:121:1996) dengan RAB yang optimal jumlah biaya sebesar Rp. 1.363.000
3. Pada tanah lempung berdasarkan tabel 5 dengan panjang ROD 1,5 meter sudah mencapai nilai standar pembumian $\leq 10 \Omega$ (SPLN No:121:1996) dengan RAB yang optimal jumlah biaya sebesar Rp. 857.000

Tabel 6. Pemilihan Jenis Sistem Pembumian Yang Dapat Digunakan Dan Total Biayanya

No	Jenis Tanah	Jenis Pembumian	Sistem Pembumian (Ω)	Harga (Rp.)
1	Tanah Sawah	Satu Batang Elektroda secara Vertikal	7,32 Ω	857.000
2	Tanah Liat Ladang	Satu Batang Elektroda secara Vertikal	8,36 Ω	1.363.000
3	Tanah Lempung	Satu Batang Elektroda secara Vertikal	7,96 Ω	857.000

V. SIMPULAN

Hasil analisis perhitungan pada perbaikan sistem pembumian di tower Saluran Transmisi Gardu Induk Kapal tanah

sawah, tanah liat ladang dan tanah lempung mendapatkan tahanan pembumian sesuai standar SPLN No:121:1996 dengan nilai $\leq 10 \Omega$. Berikut hasil yang dapat disimpulkan dari analisis dan perhitungan terhadap perbaikan sistem pembumian pada Saluran Transmisi. Nilai tahanan pembumian diperoleh dari analisis sudah memenuhi standar yaitu $\leq 10 \Omega$ (SPLN No:121:1996) di setiap lokasi dengan total biayanya sebagai berikut :

a. Tanah Sawah

Sistem Pembumian Satu Batang Elektroda secara Vertikal. Pada tanah sawah, tahanan pembumian $7,32 \Omega$; dengan panjang $L = 1$ meter dan diameter $a = 15$ mm dengan total biaya Rp. 857.000

b. Tanah Liat Ladang

Sistem Pembumian Satu Batang Elektroda secara Vertikal. Pada tanah liat ladang, tahanan pembumian $8,36 \Omega$; dengan panjang $L = 2,5$ meter dan diameter $a = 15$ mm dengan total biaya Rp. 1.363.000

c. Tanah Lempung

Sistem Pembumian Satu Batang Elektroda secara Vertikal. Pada tanah lempung, tahanan pembumian $7,98 \Omega$; dengan panjang $L = 1,5$ meter dan diameter $a = 15$ mm dengan total biaya Rp. 857.000

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suyanto, S. 2007. Analisis Perbaikan Sistem Pentanahan Pada Kaki Tower Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Bantul-Semanu Jogjakarta. Jurnal Teknologi Academia ISTA, 12, 1.
- [2] Sumardjati, P., Yahya S., Mashar A. 2008. Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik (Jilid 1). Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional.
- [3] PUIL. 2011. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta
- [4] Hutauruk, TS. 1987. Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan. Jakarta : Erlangga
- [5] Suartika I.M. 2017. Karya Ilmiah Sistem Pembumian (Grounding) Dua Batang Sistem Pengaman Tenaga Listrik. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas

Teknik, Universitas Udayana Bali

- [6] Suarjana IK., Wijaya IWA., Janardana IGN. 2020. Analisis Perancangan Sistem Pembumian Pada Gardu KA 3267 di Perumahan Nusadua Highland. Jurnal Spektrum Vol. 7, No. 1 Maret 2020