

PENGARUH KONFIGURASI DAN KEDALAMAN PENANAMAN KONDUKTOR TERHADAP RESISTANS PENTANAHAN GARDU INDUK TEGANGAN EKSTRA TINGGI (GITET) 500 KV UNGARAN

Ahmad Riyanda Saputra¹⁾, Muhamad Haddin²⁾ Agus Adhi Nugroho³⁾

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Jl. Kaligawe Raya Km. 4 Semarang Jawa Tengah - Indonesia

e-mail : ahmadriyanda@std.unissula.ac.id

ABSTRACT

The earthing system is one of the most important parts of protection equipment in the substation. In the event of more voltage disturbance, with the earth system causing the current disturbance quickly flowed into the ground, the grounding resistance of a good substation in accordance with the standard is $\leq 1\text{ohm}$. The values can be affected by some parameters of the earth system such as the number of parallel conductors, the depth of the conductor cultivation, the distance between the parallel conductor, the ground area and the ground type resistance. Test results on GITET 500 kV Ungaran get the value of grounding resistance of $0.22\ \Omega$, then for the actual touch voltage value of 698.03 V and the actual step voltage of 369.84 V. However, at the time of modification of grounding parameters, the test results obtained for the highest value of grounding resistance of $0.3400\ \Omega$ and the lowest value of $0.2212\ \Omega$, then for the highest value at the actual touch voltage of 2582.40 V from the influence of the number of conductors parallel and the depth of the conductor planting and the lowest value of 893.73 V, while at the actual step voltage the highest value of 1093.60 V and the lowest value of 149.65 V, then for the influence of the number of parallel conductors and the distance between the parallel conductors at the actual touch voltage the highest value of 1634.10 V and the lowest value of 888.56 V, while the actual step voltage is the highest value of 1542.23 V and the lowest value of 447.17 V.

Keywords: Grounding System, Effect of Resistance Ground

1. PENDAHULUAN

Gangguan hubung singkat merupakan gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik. Baik gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah maupun gangguan hubung singkat antara fasa yang lain. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah disebabkan karena hubung penghantar fasa dan tanah yang berdekatan sehingga memungkinkan untuk saling bersentuhan.

Gangguan fasa pada gardu induk tegangan ekstra tinggi dapat menyebabkan mengalirnya arus gangguan ke tanah. Arus gangguan ini dapat mengalir ke peralatan - peralatan yang terbuat dari metal dan dapat mengalir ke piranti pentanahan. Arus gangguan tersebut dapat menimbulkan gradient tegangan diantara peralatan dengan peralatan, peralatan dengan tanah dan tegangan pada permukaan tanah yang sangat berbahaya terhadap keselamatan

mahluk hidup terutama manusia di area switchyard.

Sistem pentanahan grid merupakan sistem pentanahan peralatan yang dihubungkan antara peralatan dengan konduktor yang ditanamkan di tanah dengan kedalaman tertentu secara bersilangan sejajar pada permukaan tanah tersebut. Banyak jumlah konduktor sisi panjang dan lebar disesuaikan dengan luas area switchyard gardu induk yang berfungsi sebagai mencegah besarnya tegangan sentuh dan tegangan langkah ketika terjadi gangguan tanah.

2. DASAR TEORI

Sistem pentanahan adalah sistem yang mengamankan terhadap peralatan – peralatan listrik dari lonjatan listrik utamanya petir. Tujuan dari pentanahan adalah membatasi tegangan antara bagian – bagian dari suatu peralatan yang tidak dialiri arus dan antara bagian – bagian dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman (tidak membahayakan) untuk semua keadaan, baik pada keadaan normal atau pada saat terjadi gangguan (Simamora J., 2016).

Lokasi yang digunakan pada sistem pentanahan harus dilakukan pengukuran secara langsung untuk mengetahui nilai –

nilai hambatan jenis tanah yang akurat karena struktur tanah yang sesungguhnya tidak sederhana yang diperkirakan, pada setiap lokasi yang berbeda mempunyai hambatan jenis tanah yang tidak sama (Hutauruk T., 1999).

Salah satu faktor untuk mendapatkan nilai resistans pentanahan yang rendah, tergantung pada tahanan jenis tanah di lokasi, kedalaman penanaman batang elektroda, jumlah konduktor parallel, jarak antara konduktor parallel dan ukuran konduktor parallel.

A. Jenis Elektroda Pentanahan

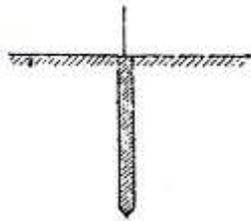
Elektroda pentanahan merupakan bagian utama dalam sistem pentanahan dalam perencanaan pembangunan untuk mengalirkan arus listrik ke dalam tanah. Pemilihan elektroda pentanahan untuk mendapatkan nilai resistans pentanahan yang rendah tergantung pada jenis elektroda, keadaan tanah serta pada ukuran dan susunan elektrodanya.

Berikut beberapa jenis elektroda antara lain :

1. Elektroda Batang

Elektroda batang dapat berupa tembaga yang dilapisi oleh pipa netral yang dapat ditanam di dalam tanah secara tegak lurus terhadap tanah. Elektroda ini yang sering digunakan pada gardu induk karena

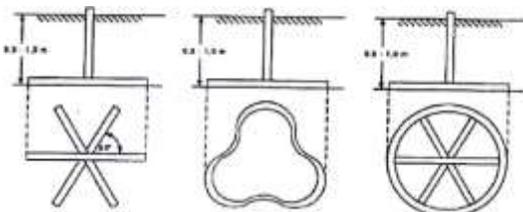
dapat menghasilkan resistansi yang cukup rendah. Resistansi yang rendah tergantung pada panjang dan ukuran penampangnya dengan jarak elektroda.



Gambar 1. Cara Pemasangan Elektroda Batang

2. Elektroda Pita

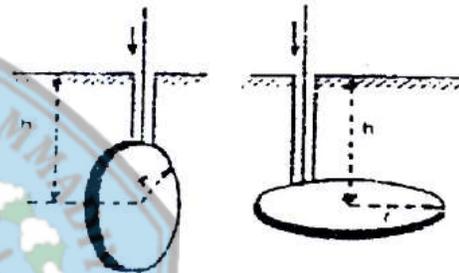
Elektroda pita adalah jenis elektroda yang berbentuk pita (lempengan tipis) atau dapat berbentuk bulat seperti kawat pilin. Elektroda ini terbuat dari bahan metal yang ditanam didalam tanah sedalam 0,5 sampai 1 meter. Biasanya elektroda pita dipasang pada struktur tanah yang mempunyai tahanan ukuran jenis tanah yang rendah pada permukaan tanah dan didaerah yang tidak mengalami kekeringan. Resistansi elektroda pita ini sebagian besar tergantung pada panjang elektroda dan sedikit tergantung pada luas penampang.



Gambar 2. Cara Pemasangan Elektroda Pita

3. Elektroda Pelat

Elektroda plat terbuat dari plat logam, plat logam yang berlubang atau kawat kasa. Pelat tersebut ditanam tegak lurus didalam tanah, pada umumnya jenis elektroda ini menggunakan pelat berukuran 1 m x 0,5 m. Untuk memperoleh resistansi pentanahan yang lebih rendah, maka jarak antara pelat logam, jika dipasang parallel, dianjurkan minimum 3 meter.



Gambar 3. Cara Pemasangan Elektroda Plat

B. Tahanan Jenis Tanah

Dalam merencanakan suatu elektroda pentanahan, maka yang harus diketahui adalah besar tahanan jenis tanah dimana elektroda pentanahan akan ditanam. Pada kenyataannya besar tahanan jenis tanah dapat dipengaruhi oleh karakteristik tanah itu sendiri dan keadaan cuaca disekitarnya (Hutauruk T. , 1999).

Berikut merupakan Tabel 1 yang menunjukkan harga – harga (ρ) dari berbagai jenis tanah sebagai berikut :

Tabel 1. Tahanan Berbagai Jenis Tanah
(PUIL, 2000)

		Tahanan
No	Jenis Tanah	Jenis Tanah (ohm - meter)
Tanah yang		
1	mengandung air garam	5-6
2	Rawa	30
3	Tanah liat	100
4	Pasir basah	200
5	Batu – batu kerikil basah	500
6	Pasir dan kerikil	1000
7	Batu	3000

C. Pengukuran Tahanan Jenis Tanah

Pengukuran tahanan jenis tanah dilakukan dengan tujuan dapat menentukan besarnya tahanan jenis tanah pada suatu titik. Tahanan jenis tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut :

$$\rho = 2\pi\alpha R \quad (1)$$

dimana :

ρ = Tahanan jenis rata – rata tanah (ohm-m).

α = Jarak antara batang elektroda yang terdekat (m).

R = Besar tahanan yang terukur (ohm).

D. Tegangan Sentuh Dan Tegangan Langkah Yang Diizinkan

Tegangan sentuh adalah tegangan yang terdapat diantara suatu obyek yang disentuh dan suatu titik berjarak 1 meter, dengan asumsi bahwa obyek yang disentuh dihubungkan dengan konduktor pentanahan yang berada di bawahnya. Besarnya arus gangguan dibatasi oleh Resistans tubuh manusia dan resistans kontak ke tanah dari kaki manusia tersebut. Resistans tubuh manusia diambil harga pendekatan 1000 Ohm. Resistans R_f mendekati harga 3 kali ρ_s , sehingga tegangan sentuh dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Et_{50} = (1000 + 1,5\rho_s C_s)^{\frac{0,116}{\sqrt{t}}} \quad (2)$$

dengan :

Et_5 = tegangan sentuh yang diijinkan untuk kondisi manusia dengan berat 50 kg (volt).

C_s =faktor reduksi nilai resistivitas permukaan tanah.

ρ_s =resistivitas permukaan material (lapisan batu koral), ohm-m.

t = waktu lama gangguan (detik).

Tegangan langkah adalah tegangan yang timbul diantara dua kaki manusia yang berdiri diatas tanah yang sedang dialiri arus gangguan tanah. Diasumsikan jarak antara kedua kaki 1 meter dan diameter kaki 0,8 meter maka :

$$Et_{50} = (1000 + 6\rho_s C_s) \frac{0,116}{\sqrt{f}} \quad (3)$$

Faktor reduksi dari nilai resistivitas permukaan tanah dapat diformulasikan sebagai berikut ;

$$C_s = 1 - \left(\frac{0,09(1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2h_s + 0,009} \right) \quad (4)$$

dengan,

C_s = faktor reduksi nilai resistivitas permukaan tanah.

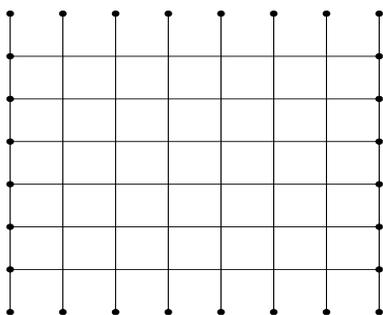
ρ = resistivitas tanah (ohm-meter).

ρ_s = resistivitas permukaan tanah (ohm-meter).

h_s = ketebalan lapisan batu koral (m).

E. Sistem Pentanahan Grid

Sistem pentanahan *Grid* merupakan sistem pentanahan yang digunakan pada *mesh* apabila nilai pentanahan tidak sesuai yang diinginkan. Sehingga diambil solusi untuk menggabungkan kedua jenis tipe pentanahan yaitu *mesh* dan *rod*. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai pentanahan sesuai dengan standar yang ditetapkan.



Gambar 4. Sistem Pentanahan Mesh dan Rod

Untuk menghitung besarnya nilai tahanan pentanahan dari sistem *grid* dengan menggunakan persamaan (5) sebagai berikut :

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

dengan,

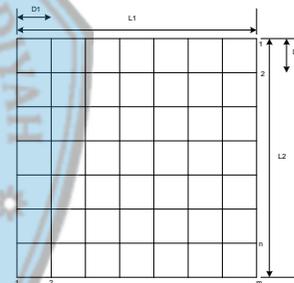
R_g = tahanan pentanahan (ohm).

ρ = tahanan jenis rata – rata tanah (ohm-m).

A = luas area pentanahan *grid* (m²).

L = Jumlah total panjang konduktor batang rod (m).

h = Kedalaman penanaman konduktor (m)



Gambar 5. Sistem Pentanahan Grid dengan L1 dan L2

Untuk menentukan panjang total konduktor, maka pentanahan L merupakan penjumlahan dari *grid* dan *rod*, sehingga dapat dihitung menggunakan persamaan (6) :

$$L = L_c + L_r \quad (6)$$

dengan,

L_c =Total panjang konduktor pentanahan *grid* (m)

L_r =Total panjang dari batang *rod* (m)

Untuk menentukan panjang konduktor pentanahan *grid* L_c dapat dilihat pada persamaan (7) sebagai berikut :

$$L_c = L_1 n + L_2 m \quad (7)$$

atau

$$L_c = L_1 \left(\frac{L_2}{D_2} + 1 \right) + L_2 m \quad (8)$$

$$D_1 = \frac{L_1}{m-1} \quad (9)$$

$$D_2 = \frac{L_2}{n-1} \quad (10)$$

dengan,

L_1 = Panjang konduktor (m)

L_2 = Lebar konduktor (m)

N = Jumlah konduktor parallel sisi panjang

m = Jumlah konduktor parallel sisi lebar

D_1 = Jarak antar konduktor parallel sisi panjang

D_2 = Jarak antar konduktor parallel sisi lebar

L = Panjang total konduktor (m)

Untuk menentukan perhitungan jumlah konduktor parallel dan panjang konduktor rod per batang dapat mengacu pada Gambar. 6 yang ditentukan menggunakan formulasi panjang konduktor rod yang dipasang sebagai berikut :

$$L_r = QP \quad (11)$$

dengan,

Q = jumlah konduktor rod.

P = panjang konduktor rod perbatang (m)

Dengan jumlah konduktor rod yang ditentukan dengan titik sambungan sisi

terluar dari sistem pentanahan berbentuk persegi panjang *grid* dan *rod* sebagai berikut :

$$Q = mn - [(m-2)(n-2)] \quad (12)$$

$$L_r = [2(m+n-2)]P \quad (13)$$

Sehingga dalam menentukan resistans pentanahan *grid* dengan mengacu persamaan (5) dan formulasi pada jumlah konduktor parallel dan panjang konduktor *rod* pada persamaan (13) maka di dapatkan persamaan baru untuk menghitung resistans pentanahan *grid* dengan menetapkan jumlah konduktor parallel, kedalaman penanaman konduktor dan luas area pentanahan sebagai berikut :

$$R(h) = \rho \left[\frac{1}{(L_1 n + L_2 m) + [2(m+n-2)]P} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1+h\sqrt{20/A}} \right) \right] \quad (14)$$

F. Menghitung Arus Grid Maksimum

Arus grid maksimum adalah besar arus yang mengalir pada *grid* pentanahan pada saat terjadinya gangguan. Menurut *ANSI/IEEE Standard 80-2000* arus grid maksimum dapat ditentukan dengan persamaan (15) sebagai berikut :

$$I_g = S_f \times I_f \quad (15)$$

dengan,

I_g = Arus grid simetris (A)

S_f = Faktor pembagi arus gangguan = 0,6 untuk GITET yang berkawat tanah.

L_c = Total panjang konduktor grid (m)

L_r = Total panjang dari batang rod (m)

E_m = Tegangan sentuh yang terjadi pada grid (V)

K_{ii} = Faktor koreksi berat efek dari konduktor pada bagian dalam dan pojok grid

K_h = Faktor koreksi berat pada tekanan dari efek kedalaman grid

D = Jarak antara konduktor parallel pada kisi – kisi grid (m)

h = Kedalaman penanaman konduktor (m)

h_0 = Konstanta kedalaman tanah grid (1m)

$N = \sqrt{n \cdot m}$ untuk menghitung nilai K_m dan K_i dalam menghitung tegangan sentuh

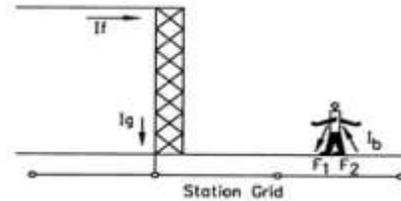
d = Diameter konduktor kisi – kisi grid (m)

H. Tegangan Langkah Sebenarnya

Tegangan langkah merupakan perbedaan tegangan yang terdapat diantara kedua kaki bila manusia berjalan di atas tanah sistem pentanahan pada keadaan terjadi gangguan petir (Hutauruk T. , 1999). Pada tegangan langkah ini di misalkan jarak antara kedua kaki orang adalah 1 meter dan diameter kaki 8 cm dalam keadaan tidak memakai sepatu.

Berikut merupakan gambar tegangan langkah pada saat seseorang berada di atas sistem pentanahan yang

ditunjukkan pada Gambar 7. sebagai berikut :



Gambar 7. Tegangan Langkah

(Sumber : IEEE, *Standard 80-2000*)^[3]

keadaan seseorang yang sedang berada di atas tanah pada tegangan langkah, I_f adalah arus petir, I_g adalah arus grid, I_b adalah arus yang melalui tubuh manusia dan F adalah jarak antara kaki manusia.

Untuk menghitung tegangan langkah dapat menggunakan persamaan (22) sebagai berikut :

$$E_s = \frac{\rho I_g K_s K_i}{L} \quad (22)$$

Faktor koreksi tegangan langkah dapat dicari menggunakan persamaan (23) sebagai berikut :

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{N-2}) \right] \quad (23)$$

E_s =Tegangan langkah yang terjadi pada grid (volt)

ρ = Tahanan jenis tanah rata – rata(Ohm-m)

I_g = Besar arus menuju konduktor grid (A)

K_s = Faktor koreksi dari tegangan langkah

K_i = Faktor koreksi yang terjadi saat peningkatan arus ekstrimitas pada grid

L = Jumlah total panjang konduktor batang rod (m)

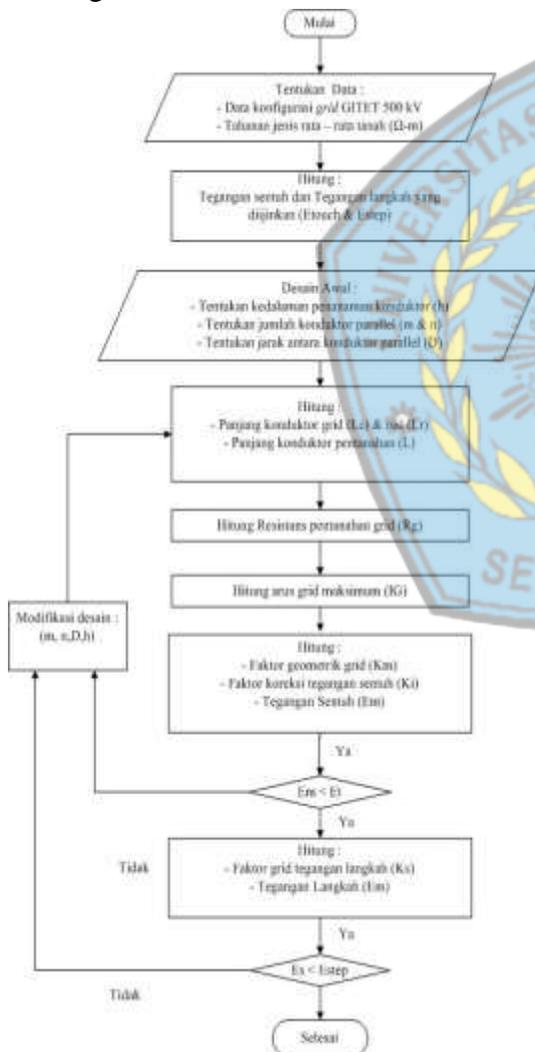
D = Jarak antara konduktor paralel pada kisi – kisi grid (m)

h = Kedalaman penanaman konduktor (m)

METODELOGI PENELITIAN

A. Tahap Penelitian

Tahapan penulis dalam menyusun penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir tugas akhir dibawah ini :



Gambar 8. Flowchart / Diagram Alir Tugas

B. Model Penelitian

Pada model penelitian ini menggunakan sistem pentanahan grid dan rod seperti pada gambar 2.4 dengan data spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2. Sistem pentanahan grid dan rod

No	Deskripsi	Spesifikasi
1	Luas area pentanahan (A)	41280 m ²
2	Panjang konduktor (L ₁)	215 m
3	Lebar konduktor (L ₂)	192 m
4	Panjang konduktor rod (P)	3 m per batang
5	Kedalaman penanaman konduktor (h)	0.5 - 5 m
6	Jumlah konduktor paralel sisi panjang (m)	2 - 20 buah
7	Jumlah konduktor paralel sisi lebar (n)	2 - 20 buah
8	Arus gangguan hubung singkat Maksimum (If)	40.000 Ampere

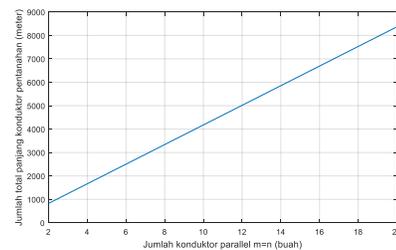
9	Lama waktu gangguan (t)	0.5 detik
10	Resistivitas tanah (p) dan batu koral (ρ_s)	100 dan 3000 Ohm-meter
11	Jenis Konduktor Pentanahan	<i>Bare Copper Conductor</i>
12	Jarak antar konduktor parallel (D)	1 - 10 m
13	Diameter konduktor (d)	0,0127 m
14	Ketebalan lapisan batu koral (h_s)	0.1 m

4. Hasil dan Pembahasan

A. Pengaruh Jumlah Konduktor Parallel terhadap Jumlah Total Panjang Konduktor Pentanahan

Panjang dan lebar konduktor adalah hasil dari penjumlahan konduktor parallel yang terpasang sehingga membentuk seperti persegi panjang konduktor dan luas area pada pentanahan. Sedangkan Jumlah total panjang konduktor pentanahan adalah hasil penjumlahan dari total panjang konduktor grid yang terpasang horisontal dan total panjang dari batang rod atau konduktor yang terpasang secara vertikal. Total panjang konduktor grid dipengaruhi

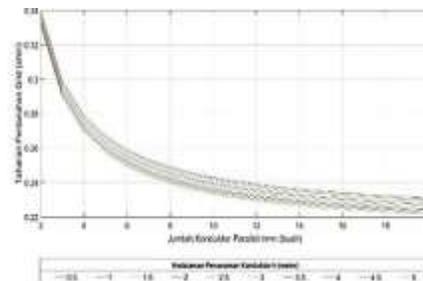
oleh banyak nya jumlah konduktor parallel yang digunakan, semakin jumlah konduktor parallel sisi panjang dan sisi lebar semakin banyak maka total panjang konduktor grid akan semakin panjang.



Gambar 9. Hubungan Jumlah Total Panjang Konduktor Pentanahan Terhadap Jumlah Konduktor Parallel

B. Pengaruh Perubahan Jumlah Konduktor

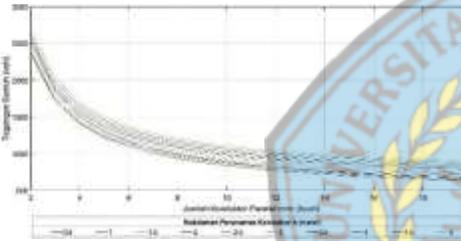
Salah satu pengaruh dari tahanan pentanahan grid adalah jumlah konduktor parallel yang terpakai, karena pada kenyataannya kedalaman penanaman konduktor nilainya tetap. Sehingga jumlah konduktor parallel inilah yang berpengaruh pada nilai tahanan pentanahan grid.



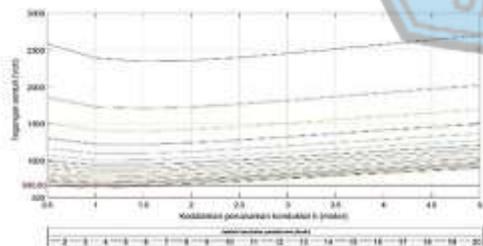
Gambar 10. Hubungan Tahanan Pentanahan Grid Terhadap Jumlah Konduktor Parallel Dan Kedalaman Penanaman Konduktor

C. Pengaruh Perubahan Jumlah Konduktor Paralel dan Kedalaman Penanaman Konduktor terhadap Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah Sebenarnya

Perubahan jumlah konduktor paralel sisi panjang dan sisi lebar sebenarnya sudah mempengaruhi dari pada tegangan sentuh dan tegangan langkah sebenarnya. semakin jumlah konduktor paralel naik maka nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah sebenarnya menurun.



Gambar 11. Pengaruh jumlah konduktor paralel terhadap tegangan sentuh



Gambar 12. Hubungan kedalaman penanaman konduktor terhadap tegangan sentuh

Grafik tersebut menunjukkan bahwa jika konduktor ditanam semakin dalam maka nilai tegangan sentuh akan naik, walaupun dalam kedalaman 0,5 ke 1,5 meter turun akan tetapi setelah melebihi kedalaman tersebut nilai tegangan sentuh akan naik.

Konduktor paralel ditanam dengan kedalaman tersebut maka nilai tegangan langkah sebenarnya akan semakin rendah. Sehingga dalam tegangan langkah sebenarnya untuk menentukannya mengikuti dari tegangan sentuh.

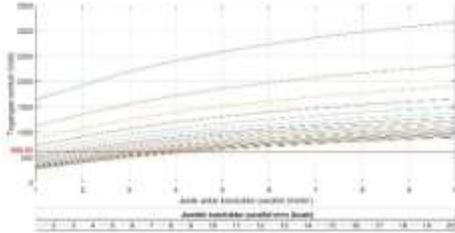
Gambar 13. Hubungan kedalaman penanaman konduktor terhadap tegangan

langkah

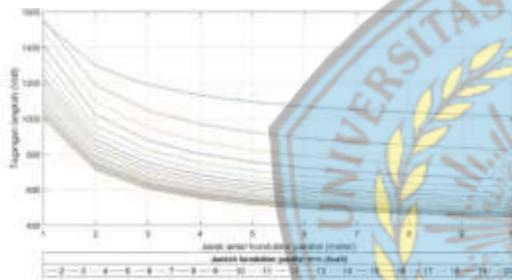
D. Pengaruh Perubahan Jumlah Konduktor Paralel dan Jarak Antara Konduktor Paralel terhadap Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah Sebenarnya

Pada perubahan jumlah konduktor paralel dan jarak antara konduktor paralel sudah diketahui bahwa jumlah konduktor paralel semakin naik maka nilai tegangan

sentuh dan tegangan langkah sebenarnya akan semakin rendah, akan tetapi pada jarak antara konduktor parallel dari hasil perhitungan



Gambar 14. Hubungan jarak antara konduktor parallel terhadap tegangan sentuh



Gambar 15. Hubungan jarak antara konduktor parallel terhadap tegangan langkah

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa batas tegangan langkah sebenarnya adalah sebesar 2230,4 volt. Pada grafik tersebut memperlihatkan bahwa nilai tegangan langkah sebenarnya sudah berada pada nilai yang aman. Nilai tegangan langkah sebenarnya tertinggi sebesar 1542,23 volt diperoleh pada jumlah konduktor parallel sisi panjang dan sisi lebar menggunakan 2 buah dengan jarak antara konduktor parallel sebesar 1 meter,

sedangkan nilai terendah pada tegangan langkah sebenarnya sebesar 447,17 volt diperoleh pada jumlah konduktor parallel sisi panjang dan sisi lebar menggunakan 20 buah dengan jarak antara konduktor parallel sebesar 10 meter.

5. KESIMPULAN

Pengaruh jumlah konduktor parallel, kedalaman penanaman konduktor dan jarak antara konduktor parallel terhadap nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah sebenarnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Meningkatnya jumlah konduktor parallel akan menyebabkan nilai tegangan sentuh dan tegangan
- 2) Semakin jauh jarak antara konduktor parallel akan menyebabkan nilai tegangan sentuh yang sebenarnya meningkat, namun nilai tegangan langkah yang sebenarnya menurun.
- 3) Semakin dalam penanaman konduktor akan menyebabkan nilai tegangan sentuh yang sebenarnya meningkat, namun nilai tegangan langkah yang sebenarnya menurun, hal ini disebabkan karena pada kenyataannya pada kedalaman ini sudah berada di nilai yang tetap dan nilai yang diijinkan untuk kedalaman sebesar 0,3 meter sampai 0,8 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- AndiSyofian. (2013). SISTEM PENTANAHAN GRID PADA GARDU INDUK PLTU TELUK SIRIH. *Jurnal Momentum*, Vol. 14, No. 1. Padang: Universitas Institut Teknologi Padang.
- Haddin, M. (2002). PENGARUH JUMLAH KONDUKTOR PARALLEL TERHADAP TEGANGAN SENTUH DAN TEGANGAN LANGKAH PADA SISTEM PENTANAHAN GITET 500 KV. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Hutauruk, T. (1999). *PENGETANAHAN NETRAL SISTEM TENAGA DAN PENGETANAHAN PERALATAN*. Jakarta: Erlangga.
- IEEE Standard 80. (2000). *GUIDE FOR SAFETY IN AC SUBSTATION GROUNDING*. New York.
- Karuna, H. (2014). EVALUASI KEAMANAN PADA SISTEM PENTANAHAN GARDU INDUK 150 KV JAJAR. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Latif, A. (2016). PROBABILITAS TEGANGAN SENTUH DAN TEGANGAN LANGKAH DI
- LOKASI RENCANA GARDU INDUK 500 KV DI ANTOSARI. *Teknologi Elektro*, Vol. 15, No. 1. Bali: Universitas Udayana Bali.
- PERATURAN UMUM INSTALASI LISTRIK (PUIL)*. (2000). Jakarta.
- Simamora, J. (2016). PENGARUH PENAMBAHAN ASAM SULFAT (H₂SO₄) PADA BENTONIT UNTUK PENURUNAN NILAI TAHANAN PENTANAHAN. *Rekayasa dan Teknologi Elektro*, Volume 1, No. 1. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Tanjung, A. ANALISIS SISTEM PENTANAHAN GARDU INDUK BAGAN BATU DENGAN BENTUK KONSTRUKSI GRID (KISI - KISI). Pekanbaru: Universitas Lancang Kuning.