

TEGANGAN POTENSIAL TANAH PADA SISTEM PENTANAHAN GARDU INDUK DUA LAPISAN

Surya Hardi¹⁾, Irwan S. Harahap¹⁾, Hasdari H. Rangkuti¹⁾, Riza R. Wirasari²⁾

¹⁾Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik USU

²⁾Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik UNIVA Medan

surya.hardi@usu.ac.id

Abstrak

Sistem pentanahan adalah bagian komponen penting dalam gardu induk karena berfungsi mengalirkan arus hubung singkat saat terjadi gangguan. Pada gardu induk banyak peralatan listrik berada di atasnya yang terhubung satu sama lainnya ke sistem pentanahan. Pada saat terjadi gangguan hubung singkat tegangan permukaan tanah (GPR) menjadi naik yang mana besarnya dipengaruhi oleh arus hubung singkat dan resistansi pentanahan gardu induk. Sistem pentanahan gardu induk pada umumnya berbentuk grid dilekangi batang pentanahan atau tanpa dengan kedalaman tertentu dari permukaan tanah. Penelitian ini menganalisis sistem pentanahan dua lapis tanah pada gardu induk 2 x 250 MVA Sarulla sistem 275 kV dengan menggunakan perangkat lunak tersedia ASPIX 3.1. Konfigurasi grid yaitu bujur sangkar dan persegi panjang dengan variasi kedalaman dan jarak antara konduktor grid dilakukan GPR semakin menurun jika jarak antara grid semakin kecil dan pada kedalaman grid semakin dalam menghasilkan nilai GPR menurun.

Kata Kunci: Grid Pentanahan, Konfigurasi, GPR, Tanah Lapis Dua.

I. PENDAHULUAN

Gardu induk memainkan peranan penting dalam pengaturan daya ke saluran transmisi atau distribusi. Banyak peralatan-peralatan listrik sensitif yang terdapat didalamnya, sehingga sangat mungkin gardu induk mengalami gangguan hubung singkat disebabkan sambaran petir atau kegagalan isolasi peralatan. Pada kondisi ini tegangan permukaan tanah (GPR) menjadi naik dengan demikian arus hubung singkat dengan cepat di alirkan ke tanah.

Untuk mencegah keselamatan dan keamanan personal serta peralatan, pentanahan gardu induk dibuat sekecil mungkin. Nilai GPR dipengaruhi struktur jenis tanah dan perencanaan konfigurasi grid. Pemeriksaan struktur tanah merupakan langkah awal dalam perencanaan pembangunan gardu induk pada suatu lokasi. Melalui metoda pengukuran 'Four Point method' dapat diketahui tahanan jenis tanah. Pada kenyataannya tanah terdiri dari beberapa lapisan tanah.

Kerja-kerja terdahulu yang terkait penentuan besarnya parameter pentanahan gardu induk. Desain ekonomis dilakukan dengan pemilihan panjang total konduktor yang digunakan. Konfigurasi beberapa model grid yaitu bujur sangkar, persegi panjang dan T pada satu lapisan tanah menggunakan perangkat lunak yang tersedia ETAP [1,2]. Publikasi lain menggunakan perangkat lunak CYMGRD [3] sebagai simulator dalam menentukan model sistem pentanahan gardu induk yang efektif untuk menentukan parameter pada level tegangan yang aman sesuai standard IEEE 80 [4]. Referensi [5] mengusulkan pengembangan program Lab view untuk perencanaan pentanahan gardu induk.

Paper ini mendiskusikan pengaruh dari berbagai variasi kedalaman penanaman grid, jarak antara

konduktor. Grid dimodelkan dalam bentuk persegi panjang dan bujur sangkar menggunakan perangkat lunak Aspix 3.1. Studi ini adalah merupakan langkah awal dari perencanaan pentanahan grid gardu induk.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Pentanahan Gardu induk

Sistem pentanahan mencakup semua fasilitas pentanahan yang saling berhubungan di area gardu induk meliputi grid pentanahan, kabel pentanahan, pondasi dan lainnya. Tujuan pentanahan sistem grid adalah:

1. Melindungi manusia/operator terhadap bahaya kejutan listrik
2. Sebagai bagian dari peralatan proteksi terhadap gangguan hubung singkat dan tegangan lebih akibat sambaran petir.

Hubung singkat terjadi pada gardu induk disebabkan sambaran petir atau pun kegagalan isolasi peralatan dapat menyebabkan person/orang yang berada dalam area gardu induk mengalami tegangan sentuh apabila person tersebut menyentuh bagian peralatan bertegangan atau dapat terpapar tegangan langkah untuk person berada disekitar gardu induk. Hal ini dapat dihindari bila besarnya nilai GPR harus lebih rendah dari tegangan sentuh yang diizinkan. Batasan ini bersesuaian dengan prosedur perencanaan sistem pentanahan gardu induk dengan standard IEEE 80-2013 [4]. Bila nilai ini tidak terpenuhi maka dilanjutkan dengan perhitungan dengan parameter-parameter lain.

Perhitungan-perhitungan parameter perencanaan grid pentanahan diadopsi dari IEEE Std. 80 [7].

Besarnya nilai kenaikan tegangan tanah GPR ditentukan dengan persamaan

$$GPR = I_g \times R_g \text{ volt} \quad (1)$$

Dimana;

I_g adalah arus hubung singkat ke tanah (A)

R_g adalah tahanan grid (Ω)

Model tanah dua lapis dapat diwakili tanah lapisan atas dengan kedalaman terbatas. Perubahan tahanan jenis tanah secara ekstrim pada batas setiap lapisan tanah dapat dijelaskan dengan faktor refleksi K [7] dinyatakan dengan persamaan,

$$K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad (2)$$

ρ_1 adalah tahanan jenis tanah lapisan teratas (Ω -m) ρ_2 adalah tahanan jenis tanah lapisan terbawah (Ω -m)

Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menghitung tahanan jenis tanah lapis dua salah satunya adalah metode J.A. Sullivan [7]. Pada metode ini perhitungan tahanan jenis dibedakan berdasarkan nilai K .

Untuk $K < 0$ [20]

$$\rho_a = \frac{\rho_1}{\left[1 + \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} - 1\right) \times \left(1 - \frac{1}{e^{-K(d+2h)}}\right)\right]} \quad (3)$$

Untuk $K > 0$ [20]

$$\rho_a = \rho_2 \left[1 + \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1\right) \times \left(1 - \frac{1}{e^{-K(d+2h)}}\right)\right] \quad (4)$$

dimana

d adalah kedalaman dari lapisan atas (m)

h adalah kedalaman grid (m)

Jika grid dan rod dikombinasikan maka gabungan panjang grid dan rod akan menghasilkan estimasi panjang total konduktor (L_T) yang sedikit berbeda karena perhitungan tahanan biasanya lebih efektif didasarkan pada parameter satuan panjang h . Sverak mengembangkan persamaan [7]

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

ρ adalah tahanan jenis pentanahan dalam Ω .m

A adalah luas area grid pentanahan dalam m^2

Tegangan langkah yangizinkan dapat dihitung dengan persamaan,

$$\text{Untuk manusia dengan berat badan 50 kg } E_{touch50} = (1000 + 1.5C_s \times \rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_s}} \quad (6)$$

Untuk manusia dengan berat badan 70 kg

$$E_{touch70} = (1000 + 1.5C_s \times \rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \quad (7)$$

$E_{touch50}$ adalah tegangan sentuh untuk berat badan manusia 50 kg,

$E_{touch70}$ adalah tegangan sentuh untuk berat badan manusia 70 kg,

C_s adalah faktor reduksi nilai resistivitas permukaan tanah

ρ_s adalah tahanan jenis permukaan material (lapisan batu koral), (Ohm-m)

t adalah waktu gangguan tanah (waktu kejut), (detik)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam studi ini data yang digunakan adalah data kelistrikan Gardu Induk Sarulla Kab. Tapanuli Utara 2x250 MVA, 275 kV seperti dalam Tabel 1.

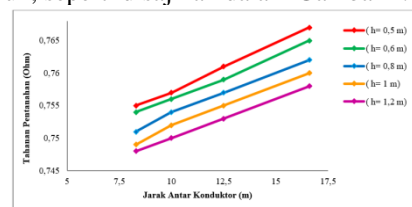
Table 1. Data Kelistrikan Gardu Induk 275 kV Sarulla

Data	Keterangan
Jenis konduktor grid	Copper conductor-Hard 1x150 mm ²
Jenis konduktor rod	Copper d=17,33 mm
Kedalaman grid (h)	0,8 m
Panjang konduktor rod (L_r)	5m
Tahanan jenis lapis atas (ρ_1)	127,94 Ω .m
Tahanan jenis lapis bawah (ρ_2)	284,09 Ω .m
Ketebalan lapis atas	4,48 m
Tahanan jenis batu koral (ρ_s)	5000 Ω .m
Ketebalan batu koral (h_s)	0,2 m
Lama waktu gangguan	0,35 detik
Arusgangguan ($3I_0$)	40 kA
Faktor reduksi	0,82

Sistem pentanahan Gardu Induk Sarulla adalah grid berbentuk persegi panjang dengan ukuran 200m x100m[8]. Jarak masing-masing konduktor 10m dilengkapi ground rod 4 buah pada setiap sudutnya. Dengan memasukkan data-data seperti dalam Tabel 1 ke dalam ASPIX 3.1. memberikan hasil sebagai berikut:

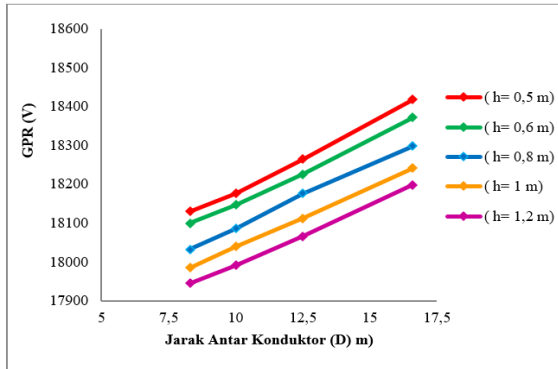
3.1. Konfigurasi bentuk grid persegi panjang

Nilai tahanan grid dipengaruhi oleh jarak antara konduktor grid. Hal ini semakin dekat jarak antara konduktor, nilai tahanan semakin menurun. Hal ini sesuai dengan persamaan dimana total panjang konduktor yang digunakan adalah semakin panjang. Nilai tahanan semakin menurun. Untuk kedalaman grid yang lebih dalam Nilai Tahanan menurun, seperti disajikan dalam Gambar 1.



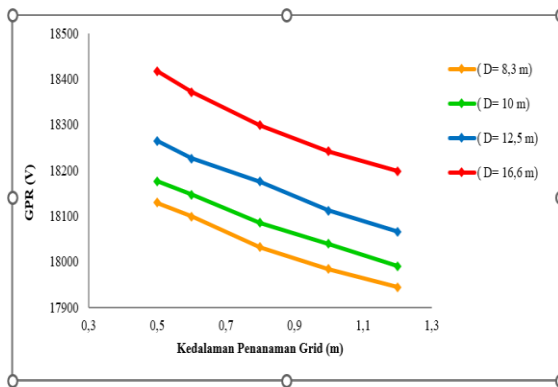
Gambar 1. Pengaruh jarak konduktor grid persegi panjang pada tahanan

Pada Gambar 2 menunjukkan hubungan GPR versus jarak antara konduktor. Nilai GPR tergantung dari besarnya resistansi grid yang merupakan perkalian arus dengan nilai tahanan. Oleh karena itu kecenderungan GPR dan tahanan mempunyai pola yang sama. Nilai GPR bervariasi dengan bertambahnya kedalaman penanaman grid. GPR cenderung meningkat untuk jarak antar konduktor grid bertambah.



Gambar 2. Pengaruh jarak konduktor grid persegi panjang pada GPR

Kedalaman grid juga berpengaruh pada nilai GPR hal ini ditunjukkan pada Gambar 3. Penanaman grid dapat dilakukan dengan kedalaman antara 0,5 m sampai dengan 1,5 m pentanahan [7]. Nilai GPR menurun dengan bertambahnya kedalaman penanaman grid. Gambar ini menunjukkan GPR untuk jarak antara konduktor grid berbeda untuk jarak 8,3m, 10m 12,5m dan 16,6 m. Pada jarak antara konduktor semakin besar nilai GPR juga meningkat. Ini menunjukkan kurang baik untuk sistem pentanahan gardu induk.

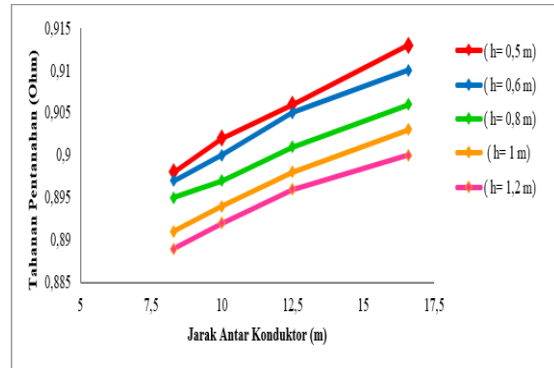


Gambar 3. Pengaruh kedalaman grid persegi Panjang pada GPR

3.2 Konfigurasi bentuk grid bujur sangkar

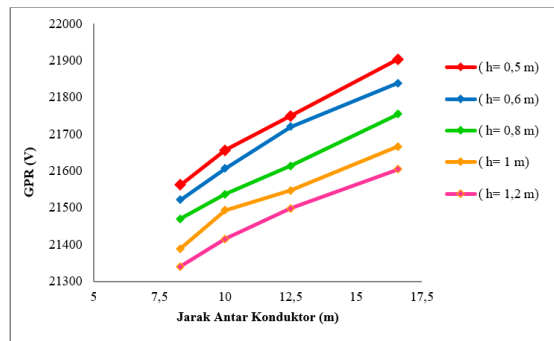
Model grid bujur sangkar dengan luas 120m x 120m. Pengaruh jarak antara konduktor grid pada nilai tahanan pentanahan untuk grid bujur sangkar ditunjukkan dalam Gambar 4. Berbanding dengan bentuk persegi panjang, nilai tahanan pentanahan bujur sangkar umumnya relatif lebih besar dari persegi panjang. Bila diamati jarak onduktor makin

besar memberikan nilai tahanan yang meningkat. Untuk kedalaman yang sama ($h = 0,1m$) nilai tahanan tertinggi dengan jarak konduktor 10m, masing-masing dengan nilai tahanannya sekitar 0,752 ohm untuk persegi panjang dan sekitar 0,92 ohm untuk bujur sangkar.



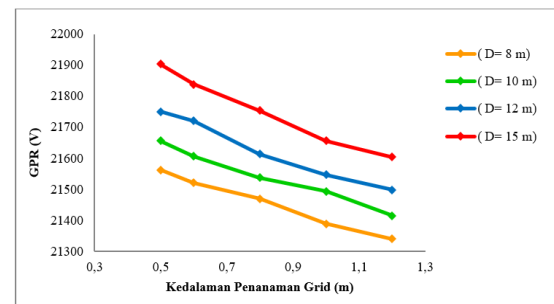
Gambar 4. Pengaruh jarak konduktor grid bujur sangkar pada tahanan

Gambar 5 memberikan hasil simulasi dengan ASPIX 3.1 yaitu pengaruh jarak konduktor bervariasi pada nilai GPR. Nilainya bertambah dengan bertambah jarak antara konduktor. Ini berarti jumlah total panjang konduktor berkurang maka nilai GPR meningkat. Sebagai contoh untuk kedalaman grid 0,8m dengan jarak konduktor 10m memberikan hasil nilai GPR sekitar 21.500 volt.



Gambar 5. Pengaruh jarak konduktor grid bujur sangkar pada GPR

Nilai GPR berkurang dengan bertambah kedalaman penanaman konduktor. Pada Gambar 6 dilakukan variasi kedalaman dengan variasi jarak antara konduktor berbeda.



Gambar 6. Pengaruh kedalaman pada GPR grid bujur sangkar

IV. KESIMPULAN

1. Sistem komputasi perangkat lunak ASPIX 3.1 dapat digunakan untuk perencanaan sistem pentanahan gardu induk untuk tanah dua lapis.
2. Berbagai model dapat diaplikasikan seperti persegi panjang dan bujur sangkar dan juga model lainnya dengan memodifikasi jumlah konduktor grid dibutuhkan.
3. Berbagai variasi parameter dapat dilakukan dan memberikan hasil yang akurat.
4. Variasi pengaruh jarak grid dan kedalaman penanaman grid pada nilai tahanan dan GPR untuk bentuk grid persegi panjang dan bujur sangkar menunjukkan pola yang sama. Nilai tahanan yang dihasilkan untuk ke dua model grid adalah lebih kecil dari 1Ω .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Surya Hardi, R Andira, I.Nisja, B. Octrialdi and M Pinem. 2020. *Economic Design of Substation Grounding Grid using ETAP Software: A Case Study of 2 x 500 MVA Galang Substation*. The2nd International Conference on Sciences and Technology Applications (ICOSTA) 2020
- [2] Muhammad Usman Cheema, M. Bilal Cheema, Adnan Bashir, M. Usman Aslam. 2015, *A Comparison of Gound Grid Mesh Design and Optimization for 500 kV Substation Using IEEE 80-2000 and Element Methods*. *Electrical and Electronics Engineering: An International Journal (ELELIJ)* Vol 4, No 1, February 2015, pp.131-146
- [3] K. Nithiyathan, Elavenil 2011. *CYMGRD Based Effective Earthing Design Model for Substation* . International Journal of computer application in Engineering Sciences. Vol. I, Issue 3.
- [4] Ankita B. Patel and Keval Velani 2017. *Digital Application for Grounding Grid design Calculation of substation* . Inovation in Power and Advanced Computing Technology Conference, India.
- [5] S.Hardi, A. Nasution, Fahmi, F. Puranasari. 1922. *Efficiency Design on the Substation Grounding Grid: a Case study at 2x500MVA Galang*. *Proceeding 6rd Int. Conference on electrical, Telecommunication and Computer Engineerin, ELTICOM 2020*.
- [6] Jhon MC. Donald, 2012. *Electric Power substation Engineering*, 3rd edition.
- [7] IEEE Std 80-2013, 2013. *Guide for Safety in AC Substation Grounding*. New York; Institute of Electrical Electronic Engineering.
- [8] D.J. Sinaga 2019. *Design system Pentanahan Efektif Pada Gardu Induk Sarula 2x250MVA Sistem 275 kV*. Thesis, Universitas Sumatera Utara.