

Pedoman Proteksi Pengetahanan Peralatan Gardu Induk *Guidelines for Retaining Protection of Substation Equipment*

Eva Kurnia¹, Linda Kurnia S²

¹ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Panca Marga

² Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Panca Marga

¹ eva@upm.ac.id

Abstract

The land equipment in substation has a very important role because it is security of persons and equipment. One of the events that occur often in the phase of the substation in alteration of soil which will cause current to flow to alterations in the team and grounding devices. This will make a voltage gradient between the team with the team, with the ground and team on the surface of the earth itself is a contact stresses and tensions of step, where if the value of this voltage exceeds the allowed limit, then will endanger the safety of people who are in a substation in the area. From analysis of calculations is known to be the land equipment of substation Polehan in the presence of changes in voltage due to the system does not meet the requirements of the real value of the maximum contact stress greater than the value of the alternative contact stress permit. For needed improvements with the addition of driver land.

Keywords: Instrumentation Land System, Tension Step, Tension Touch

Abstrak

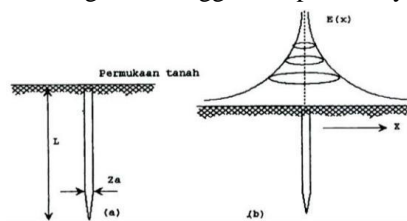
Pengetahanan peralatan pada Gardu Induk mempunyai peranan yang sangat penting karena menyangkut keamanan manusia dan peralatan. Salah satu peristiwa yang sering terjadi di Gardu Induk yaitu gangguan fasa ke tanah yang akan menyebabkan mengalirnya arus gangguan pada bagian peralatan dan ke piranti pentanahan. Hal ini akan menimbulkan gradien tegangan antara peralatan dengan peralatan, peralatan dengan tanah dan pada permukaan tanah itu sendiri yaitu berupa tegangan sentuh dan tegangan langkah, dimana jika nilai tegangan ini melebihi batas yang diijinkan maka akan membahayakan keselamatan manusia yang berada di area gardu induk. Dari analisis perhitungan diketahui bahwa pengetahanan peralatan gardu induk Polehan dengan adanya perubahan tegangan sistem tidak memenuhi persyaratan karena nilai tegangan sentuh maksimum sesungguhnya lebih besar dari nilai tegangan sentuh yang diijinkan. Untuk itu diperlukan alternatif perbaikan dengan penambahan konduktor pengetahanan..

Kata kunci: Sistem pengetahanan peralatan, tegangan langkah, tegangan sentuh.

1. Pendahuluan

Pengetahanan peralatan pada Gardu Induk mempunyai peranan yang sangat penting karena menyangkut keamanan manusia dan peralatan. Salah satu peristiwa yang sering terjadi di Gardu Induk yaitu gangguan fasa ke tanah yang akan menyebabkan mengalirnya arus gangguan pada bagian peralatan dan ke piranti pentanahan. Hal ini akan menimbulkan gradien tegangan antara peralatan dengan peralatan, peralatan dengan tanah dan gradien tegangan pada permukaan tanah itu sendiri yang berbahaya bagi keselamatan manusia yang berada di area Gardu Induk.

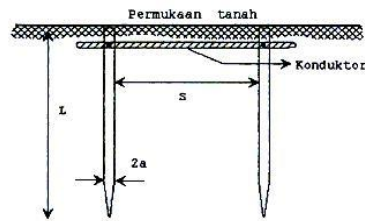
Pada dasarnya pengetahanan batang yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan tahanan pengetahanan yang rendah sehingga memungkinkan arus gangguan dengan cepat dapat terdistribusi ke tanah. Jika tahanan pengetahanan masih dianggap terlalu tinggi dengan satu batang elektroda, maka dapat digunakan beberapa batang konduktor pengetahanan yang saling dihubungkan sehingga tercapai hasil yang sesuai.



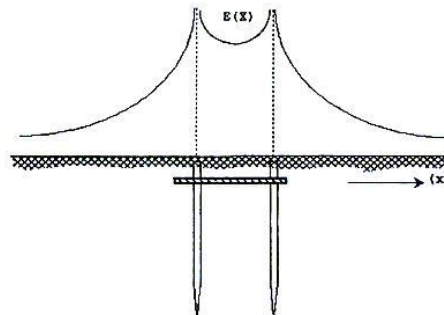
Gambar 1. Penanaman 1 Batang Elektroda dan Distribusi Tegangan

Eva Kurnia

Jurnal ENERGY (Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Teknik) Vol. 9 No. 1 (2019)



Gambar 2. Penanaman 2 Batang Elektroda



Gambar 3. Distribusi Tegangan 2 Batang pada saat Gangguan Tanah

Penanamannya dapat berbentuk persegi panjang dan bujur sangkar. Namun untuk daerah yang luas dan tanahnya mempunyai tahanan jenis yang tinggi maka penanaman beberapa konduktor ini perlu dikaji lebih jauh karena memerlukan biaya yang tidak sedikit. Untuk pengetanahan semacam ini tahanan pengetanahannya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$R = \frac{\rho}{2\pi n L_1} \left(\ln \frac{4L_1}{a} - 1 + \frac{2k_1}{\sqrt{A}} (\sqrt{n-1}) \right) \quad (1)$$

Perhitungan tahanan kisi-kisi:

$$R = \frac{\rho}{\pi L_2} \left(\ln \frac{2L}{h} + K \frac{L}{A} - K \right) \quad (2)$$

Tahanan pengetanahan batang (rod):

$$R = \frac{\rho}{2\pi n L_1} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 + \frac{2KL}{\sqrt{A}} (\sqrt{n-1}) \right) \quad (3)$$

Tahanan pengetanahan kisi-kisi:

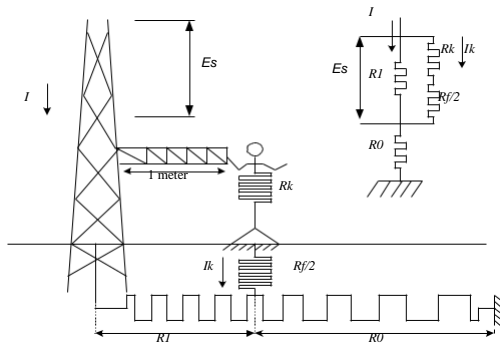
$$R = \frac{\rho}{2\pi L_2} \left(\ln \frac{2L}{h} + \frac{L}{\sqrt{A}} - K \right) \quad (4)$$

Tahanan bersama (mutual resistance) antara kedua pengetanahan:

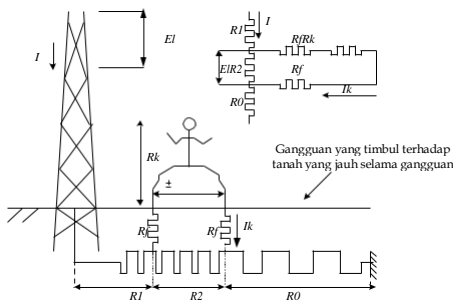
$$R = R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{2L}{h} + \frac{L}{\sqrt{A}} + 1 \right) \quad (5)$$

Tahanan total antara kisi-kisi dan batang adalah

$$R_g = \frac{R_1 R_2 - R_{12}^2}{R_1 + R_2 - 2R_{12}} \quad (6)$$



Gambar 4. Tegangan Sentuh dan Rangkaian Equivalent



Gambar 5. Tegangan Langkah

Faktor-faktor yang mempengaruhi Sistem Pengetanahan Gardu Induk

- Karakteristik Tanah
- Konduktor Pengetanahan
- Penentuan Arus Hubung Singkat ke tanah

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah mengevaluasi kelayakan sistem pengetanahan peralatan di Gardu Induk Polehan yang digunakan dengan adanya perubahan tegangan sistem menjadi 150 kV.

2. Metodologi

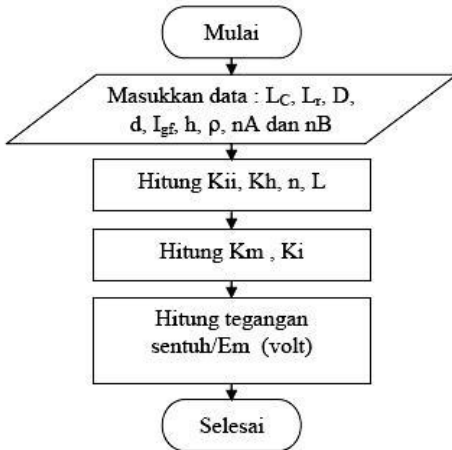
Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan mengambil data yang diperlukan di gardu induk.

Data-data yang diperlukan adalah:

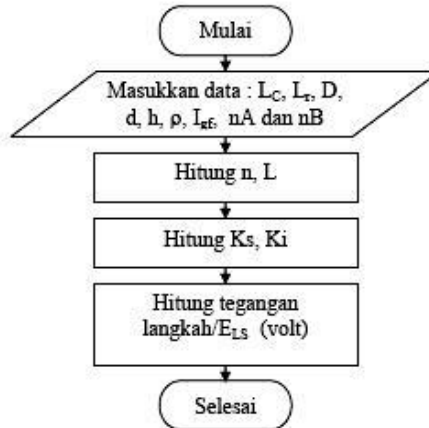
1. Tata letak pengetanahan gardu induk Polehan
2. Luas, panjang dan lebar pengetanahan gardu induk Polehan
3. Tahanan jenis tanah
4. Spesifikasi dan panjang konduktor
5. Kedalaman penanaman pengetanahan
6. Lama waktu pemutusan saat gangguan hubung singkat ke tanah
7. Daya hubung singkat (MVA_{hs})

Flowchart Perhitungan

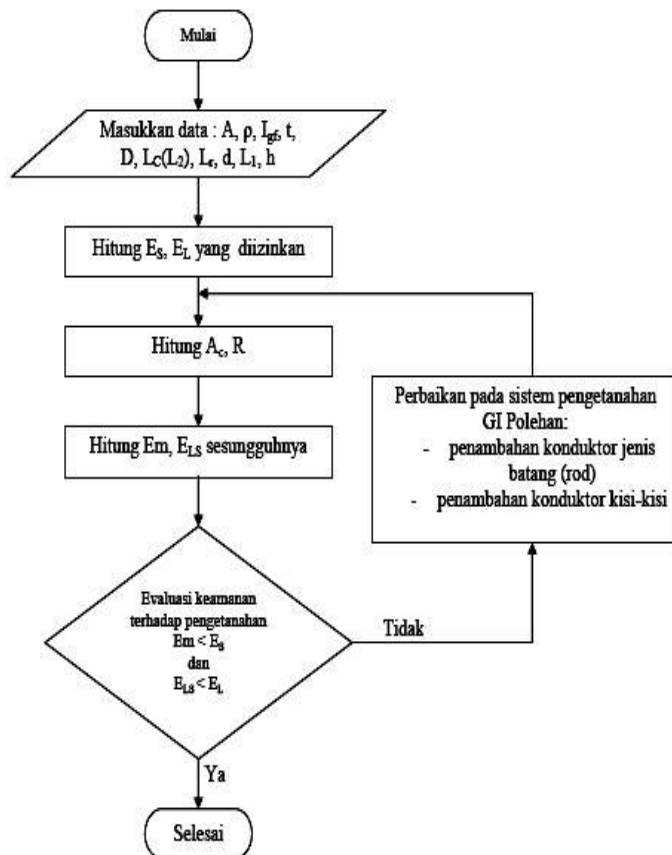
Tegangan Sentuh.



Tegangan Langkah



Perhitungan dan evaluasi pengetanahan peralatan di gardu induk



3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Hasil Perhitungan Sebelum dan Sesudah Penambahan Konduktor untuk Arus Gangguan $I_{gf} = 1577,874$ A

Spesifikasi	Sebelum penambahan	Penambahan batang (Rod)	Penambahan kisi-kisi (Grid)
1. Panjang konduktor (m)			
- grid L_c	2531,2	2531,2	2664,2
- rod L_r	60,5	154	60,5
- total $L = L_c + 1,15.L_r$	2600,77	2708,3	2733,775
2. Tahanan pengetanahan R_g (Ohm)	0,852	0,851	0,75
3. Tegangan sentuh yang diizinkan E_s (V)	197	197	197
4. Tegangan langkah yang diizinkan E_L (V)	297	297	297
5. Tegangan sentuh maksimum (mesh) sesungguhnya E_m (V)	204	196,12	193,84
6. Tegangan langkah sesungguhnya E_{LS} (V)	80	77,15	83,14

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa besar tegangan yang diizinkan adalah:

- Tegangan sentuh yang diizinkan E_s : 197 V
- Tegangan langkah yang diizinkan E_L : 297 V

Sedangkan besar tegangan sentuh maksimum sesungguhnya (mesh) E_m dan tegangan langkah sesungguhnya E_{LS} untuk kondisi arus gangguan tanah 1577,874 A adalah :

- Tegangan sentuh maksimum sesungguhnya E_m : 204V
- Tegangan langkah sesungguhnya E_{LS} : 80 V

Sehingga tampak bahwa tegangan sentuh maksimum sesungguhnya E_m (mesh) lebih besar dari tegangan sentuh yang diizinkan E_s ($E_m > E_s$), akan tetapi tegangan langkah sesungguhnya E_{LS} lebih kecil dari tegangan langkah yang diizinkan E_L . Ini berarti untuk arus gangguan tanah sebesar 1577,874 A, sistem pengetanahan yang ada sekarang tidak menjamin keamanan bagi manusia yang ada dalam kondisi gangguan.

Setelah adanya penambahan konduktor pengetanahan batang/rod (L_r) yaitu 154 m, sehingga panjang total konduktor pengetanahan menjadi 2708,3 m, maka sistem pengetanahan GI Polehan telah memenuhi syarat secara teknis. karena tegangan sentuh maksimum E_m (mesh) yang dihasilkan 196,12 volt lebih kecil dari tegangan sentuh yang diizinkan E_s 197 volt ($E_m < E_s$), begitu juga untuk tegangan langkah sesungguhnya E_{LS} 77,15 volt lebih kecil dari tegangan langkah yang diizinkan E_L 297 volt ($E_{LS} < E_L$).

Sedangkan penambahan konduktor pengetanahan grid (L_c) menjadi 2664,2 m, sehingga panjang total konduktor pengetanahan menjadi 2733,775 m, diperoleh tegangan mesh E_m 193,84 volt lebih kecil dari tegangan sentuh yang diizinkan E_s 197 volt dan tegangan langkah sesungguhnya E_{LS} 83,14 volt lebih kecil dari tegangan langkah yang diizinkan E_L 297 volt

4. Kesimpulan

Pengetanahan peralatan gardu induk Polehan dengan adanya perubahan tegangan sistem tidak memenuhi persyaratan karena nilai tegangan sentuh maksimum sesungguhnya lebih besar dari nilai tegangan sentuh yang diijinkan. Untuk itu diperlukan alternatif perbaikan dengan penambahan konduktor pengetanahan.

Referensi

- [1] IEEE Std 80-1976 IEEE Guide For Safety in Substation Grounding, The Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc.
- [2] William D. S. 1981. *Elements of Power System Analysis*.
- [3] Ir. T.S. Hutauruk, M.E.E. 1999. *Pengetahuan Netral Sistem Tenaga dan Pengetahuan Peralatan*.
- [4] ANSI/IEEE 80-1986 IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding.
- [5] DR. Aris Munandar. A dan DR. Kuwahara.S, 1997. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid III* Cetakan Keenam, Jakarta PT Pradnya Paramita.
- [6] Schwarz,S.J.1954. *Analytical Expressions for the Resistance of Grounding Systems*.
- [7] AIEEE Transactions,vol.73.August 1954. Sverak,J.G.et. al. 1981. *Safe Substation Grounding Part I IEEE Transactions on Power Apparatus and System*, Vol. PAS 100, no.9