

GROUNDING ANALYSIS OF SAWANGAN SUBSTATION EQUIPMENT WITH GRID CONSTRUCTION

Analisa Pentanahan Peralatan Gardu Induk Sawangan Dengan Konstruksi Grid

Sanly Ginoga⁽¹⁾, Ir. Hans Tumaliang MT, IPM.⁽²⁾, Lily Stiowati Patras, ST., MT.⁽³⁾

(1)Mahasiswa (2)Pembimbing 1 (3)Pembimbing 2

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia
e-mails: sanginoga@gmail.com, hanstumaliang@unsrat.ac.id, patraslilys48@unsrat.ac.id

Abstract---- The grounding system at the Sawangan substation is one of the important parts in the distribution of quality and continuous electricity. Because the Sawangan substation must work well together with large interference which results in computer equipment being the main cause of damage to substation equipment. This is caused by the grounding system not working properly, namely due to the grounding resistance being greater than the standard limit, namely 0-1 ohm. Therefore, it is necessary to carry out an analysis of whether the sawangan substation grounding system still meets the favorable standards above.

In this final project, a system analysis was carried out specifically for the Sawangan substation using the grid construction method by considering step stress, touch stress with a body weight of 70 kg and 50 kg, maximum grid stress, and soil resistivity. From the research results obtained, the grounding system resistance value of the substation equipment grounding system meets the standards, namely 0.10 Ω to 0.8 Ω , compared with the calculation results, namely resistance ($R_g = 0.136 \Omega$). With a maximum step voltage of 1616.7 V

Keywords: Grounding Grid, Substation, Step voltage, Touch voltage

Abstrak---- Sistem pentanahan pada gardu induk Sawangan adalah salah satu dari bagian penting dalam penyaluran kualitas listrik dan secara kontinyu. Dikarenakan gardu induk Sawangan harus bekerja sama dengan baik dengan menggunakan gangguan yang besar yang berakibat pada peralatan komputer yang menjadi penyebab utama kerusakan pada peralatan gardu induk. Hal ini diakibatkan oleh tidak bekerjanya sistem pentanahan dengan baik, yaitu akibat resistansi pentanahan lebih besar dari batasan standar yaitu 0-1 ohm. Oleh karena itu perlu dilakukan satu analisis apakah sistem pentanahan gardu induk sawangan masih memenuhi standar yang menguntungkan di atas.

Dalam tugas akhir ini, dilakukan analisis sistem secara khusus gardu induk Sawangan menggunakan metode konstruksi grid dengan mempertimbangkan tegangan langkah, tegangan sentuh dengan berat badan 70 kg dan 50 kg, tegangan grid maksimum, dan resistivitas tanah. Dari hasil penelitian yang diperoleh adalah sistem pentanahan nilai resistansi sistem pentanahan peralatan gardu induk yang memenuhi standar yaitu 0,10 Ω sampai 0,8 Ω , dibandingkan dengan hasil perhitungan yaitu resistansi ($R_g = 0,136 \Omega$). Dengan tegangan langkah maksimum 1616,7 V

Kata Kunci: Pentanahan Grid, Gardu Induk, Tegangan langkah, Tegangan sentuh

I. PENDAHULUAN

Sambaran petir mempunyai kemampuan menimbulkan gangguan pada sistem tenaga listrik antara lain arus

gangguan, tegangan impuls petir, tegangan impuls hubung terbuka, dan tegangan impuls petir pada gardu induk. Untuk mencapai batas keselamatan peralatan sistem tenaga listrik dan tubuh manusia di sekitar area gardu induk, maka tegangan impuls dan arus gangguan yang dihasilkan harus disalurkan ke bumi. Karena berpotensi merusak fungsi peralatan sistem tenaga listrik.

Sebagai komponen sistem tenaga listrik, sistem pentanahan berfungsi sebagai pentanahan ketika terjadi tegangan lebih atau arus lebih untuk mengurangi gangguan yang ditimbulkan. Nilai grounding yang diinginkan harus mempunyai nilai R yang mendekati 0 atau kurang dari 1 ohm.

Karena peralatan dalam sistem pentanahan membatasi tegangan antara benda-benda yang tidak dapat dilalui listrik serta antara komponen perangkat tersebut dan tanah hingga nilai tertentu tercapai. Tujuan dari sistem pentanahan adalah untuk melindungi peralatan gardu induk, yang bertanggung jawab untuk terus menerus mengangkut beban bertegangan dan arus yang sangat tinggi. Selain itu, peralatan harus mampu dengan cepat mengurangi tegangan impuls petir dan menahan arus gangguan, tegangan impuls petir, dan tegangan impuls rangkaian terbuka.

Karena hingga nilai tertentu tercapai, peralatan dalam sistem pentanahan membatasi tegangan antara benda-benda yang tidak dapat dilalui listrik dan antara komponen perangkat dan tanah. Melindungi peralatan gardu induk, yang bertugas mengalirkan beban dengan tegangan dan arus yang sangat tinggi secara terus-menerus, merupakan tujuan dari sistem pentanahan. Peralatan tersebut juga harus mampu menoleransi arus gangguan, tegangan impuls petir, dan tegangan impuls rangkaian terbuka selain dapat menurunkan tegangan impuls petir dengan cepat.

A. Sistem Pentanahan (Grounding System)

Sistem pentanahan adalah suatu jaringan sambungan penghantar yang menghubungkan sistem, mesin, dan proyek konstruksi dengan bumi atau tanah guna melindungi manusia dari sengatan listrik dan melindungi bagian-bagian instalasi dari risiko tegangan atau arus berlebih. Oleh karena itu, sistem pentanahan merupakan komponen penting dalam sistem tenaga listrik.

B. Sistem Pentanahan Peralatan (Equipment Grounding System)

Sistem pentanahan peralatan adalah menghubungkan badan atau rangka peralatan listrik (motor, generator, transformator, pemutus daya, dan bagian-bagian logam lainnya yang pada keadaan normal tidak dialiri arus) dengan tanah.

Tahanan pentanahan adalah besarnya tahanan pada kontak/hubung antara masa (*body*) dengan tanah. Faktor – faktor yang mempengaruhi besarnya tahanan pentanahan yaitu :

- 1) Resistivitas (resistivitas) tanah
- 2) Panjang elektroda pentanahan
- 3) Luas penampang elektroda pentanahan

C. Metode Sistem Pentanaha

Ada beberapa metode sistem pentanahan yaitu dijelaskan sebagai berikut :

1. Pentanahan dengan driven ground

Pentanahan dengan driven ground adalah pentanahan yang dilakukan dengan cara menancapkan batang elektroda ke tanah.

2. Pentanahan dengan counterpoise

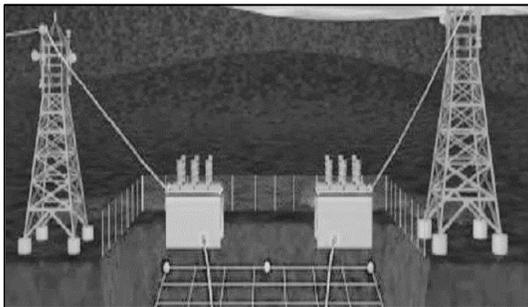
Pentanahan dengan counterpoise adalah pentanahan yang dilakukan dengan cara menanam kawat elektroda sejajar atau radial, beberapa cm dibawah tanah (30 cm – 90 cm)

3. Pentanahan counter poise

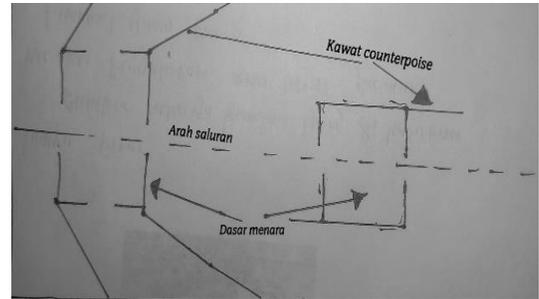
biasanya digunakan apabila resistansi tanah terlalu tinggi dan tidak dapat dikurangi dengan cara pentanahan driven ground, biasanya karena resistivitas tanah terlalu tinggi

4. Pentanahan dengan mesh atau grid

Pentanahan dengan mesh atau grid adalah cara pentanahan dengan jalan memasang kawat konduktor elektroda membujur dan melintang dibawah tanah, yang satu sama lain dihubungkan disetiap tempat sehingga membentuk jala (mesh/grid).



Gambar 1.1 Pentanahan Grid pada gardu induk



Gambar 1.2 Pentanahan menara dengan counterpoise

D. Ukuran Konduktor

Ukuran konduktor menjadi pertimbangan dalam menentukan kualitas dari besarnya arus gangguan yang didistribusikan ke tanah dapat dilihat dipersamaan (1).

$$A_{kcmil} = I \cdot K_f \sqrt{t_c} \tag{1}$$

I = Arus rms (kA)

A_{mm^2} = penampang kanduktor (mm²)

T_m = Suhu max yang diizinkan (°C)

T_a = Suhu sekitar (°C)

T_r = Suhu referensi untuk konstanta material (°C)

α_0 = Koefisien resistivitas termal 0°C(1/°C)

α_r = Koefisien resistivitas termal pada suhu referensi Tr (1 /°C)

ρ_r = Resistivitas konduktor tanah pada suhareferensi Tr (μΩ-cm)

K₀ = 1/α₀ atau (1 / α_r) - Tr(°C)

T_c = Durasi arus (s)

TCAP = Kapasitas termal persatuan volume J/(cm³°C)

Rumus dalam unit bahasa inggris dapat disederhanakan dengan persamaan (2) berikut:

$$A_{kcmil} = I \cdot K_f \sqrt{t_c} \quad (2)$$

Dimana :

A_{kcmil} = Luas bidang konduktor (kcmil)

I = Arus rms (kA)

t_c = Durasi saat ini (s)

K_f = konstanta dari material dari nilai T_m (suhu peleburan atau suhu) konduktor terbatas dan menggunakan suhu lingkungan (T_a) 40 °C

E. Pengaruh Lapisan Tipis bahan Permukaan

Lapisan bahan resistivitas tinggi 0,08-0,15 m (3-6 in), seperti kerikil, sering menyebar di permukaan bumi di atas grid tanah untuk meningkatkan resistansi kontak antara tanah dan kaki manusia di gardu induk. Kedalaman material permukaan yang relatif rendah, dibandingkan dengan jari-jari kaki yang setara, menghalangi asumsi resistivitas seragam pada arah vertikal saat menghitung resistansi dasar kaki.

Persamaan resistansi tanah pada bahan permukaan :

$$Rf = [\rho_c] C_s \quad (4)$$

$$C_s = 1 + \frac{16b}{\rho_s} + \sum_{n=1}^{\infty} K^n R_m (2nh_s) \quad (5)$$

$$C_s = 1 - \frac{0,09(1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2 \cdot hc + 0,09} \quad (6)$$

$$K = \frac{\rho - \rho_s}{\rho + \rho_s} \quad (7)$$

$$\rho = \frac{2 \cdot n \cdot Lr \cdot R}{\ln(1 - \frac{Lr}{d})} \quad (8)$$

Dimana :

C_s = Faktor derating lapisan permukaan

K = Faktor refleksi antara resistivitas material yang berbeda

ρ_s = Resistivitas bahan permukaan ($\Omega \cdot m$)
 ρ = Resistivitas bumi di bawah material permukaan ($\Omega \cdot m$)

h_c = Ketebalan material permukaan (m)

b = Jari-jari cakram logam melingkar yang mewakili kaki (m)

$R_{N(2nhc)}$ = resistansi timbal balik antara dua lempeng koaksial serupa, paralel, di pisahkan oleh jarak ($2nh_s$), dalam medium resistivitas tak terbatas, ρ_s , ($\Omega \cdot m$)

I. Kriteria Toleransi Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah

Untuk tegangan langkah dalam persamaan (9) dan persamaan (10) adalah :

$$E_{step50} = (1000 + 6 C_s \rho_s)^{\frac{0,116}{\sqrt{t_s}}} \quad (9)$$

untuk berat badan 50kg

$$E_{step70} = (1000 + 6 C_s \rho_s)^{\frac{0,157}{\sqrt{t_s}}} \quad (10)$$

untuk berat badan 70kg

batas tegangan sentuh dengan persamaan (11) dan persamaan (12) :

$$E_{touch50} = (1000 + 1,5 C_s \rho_s)^{\frac{0,116}{\sqrt{t_s}}} \quad (11)$$

untuk berat badan 50kg

$$E_{touch70} = (1000 + 1,5 C_s \rho_s)^{\frac{0,157}{\sqrt{t_s}}} \quad (12)$$

untuk berat badan 70kg

Dimana :

E_{step} = Tegangan langkah (V)

E_{touch} = Tegangan sentuh (V)

C_s = Faktor derating lapisan permukaan

t_s = Durasi arus bocor (s)

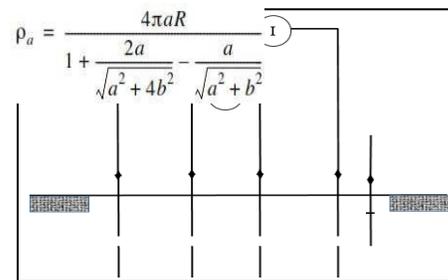
ρ_s = Resistivitas material permukaan ($\Omega \cdot m$)

ketika tidak ada pelindung lapisan permukaan yang digunakan, maka $C_s = 1$ dan $\rho_s = \rho$.

f. Pengukuran Resistivitas Tanah

Estimasi berdasarkan klasifikasi tanah hanya menghasilkan perkiraan kasar resistivitas. Oleh karena itu, pengukuran resistivitas sebenarnya sangat penting dan harus dilakukan di sejumlah tempat lokasi gardu induk dimana, tanah dapat memiliki resistivitas seragam di seluruh area dan kedalaman yang cukup baik ditemukan. Biasanya, ada beberapa lapisan, masing-masing memiliki resistivitas yang berbeda.

Gambar 1.3 Pengukuran resistivitas metode empat pin wenner



(13)

Dimana :

ρ_a : resistivitas nyata dari tanah ($\Omega \cdot m$)
 R : resistansi yang diukur (Ω)

a : jarak antara elektroda yang berdekatan (m)

b : kedalaman elektroda (m)

Jika kedalaman b kecil persamaan (13) dapat disederhanakan menjadi persamaan (14):

$$\rho_a = 2\pi aR \quad (14)$$

G. Tegangan Langkah

Nilai tegangan langkah diperoleh sebagai hasil dari faktor geometris (Ks); Faktor korektif (Ki); Resistivitas tanah (ρ); dan arus rata-rata per unit konduktor grounding ground terkubur (IG / LS) dengan persamaan (15) :

$$E_s = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_G}{L_s} \tag{15}$$

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan tahapan-tahapan yang dikaji dengan melakukan pertimbangan studi literatur, pengambilan data, pengolahan data, proses eksekusi / penentuan keputusan, perbaikan atau modifikasi dan eksekusi akhir

A. Pengambilan Data dan Pengumpulan Data

Untuk lokasi penelitian tugas akhir dilaksanakan di Gardu Induk Sawangan, Sawangan, Kec, Airmadidi, Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara. Sedangkan untuk pengambilan data dan pengumpulan data dilakukan di Gardu Induk Sawangan.

B. Langkah-Langkah Penelitian

Berikut ini langkah-langkah penelitian yang akan dilaksanakan

1. Mulai
2. Studi literatur
Mengumpulkan dan mempelajari dari berbagai referensi, buku-buku, atau jurnal yang berhubungan dengan judul tugas akhir berupa teori-teori tentang jaringan distribusi, perhitungan rugi daya dan jatuh tegangan distribusi sistem tenaga, guna dijadikan bahan referensi untuk penelitian. Dengan mempelajari berbagai pustaka dapat dijadikan landasan bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Pengambilan data
Adapun beberapa data yang hendak dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas akhir ini, yaitu :
 1. Data Resistivitas Tanah
4. Perhitungan yang akan digunakan
Setelah semua data sudah lengkap atau sesuai dengan yang dibutuhkan maka dilakukan perhitungan Resistansi grid Gardu Induk Sawangan dan Tegangan Mesh pada sistem pentanahan Gardu Induk Sawangan.
5. Hasil dan Analisa
Melakukan Analisa Data dari hasil perhitungan Resistansi Grid serta Tegangan sentuh dan tegangan langkah.
6. Penyusunan Skripsi
Setelah melakukan pengumpulan data, perhitungan, mengetahui hasil, melakukan analisa dan menarik kesimpulan serta telah disetujui oleh dosen pembimbing yang bersangkutan maka langkah berikutnya adalah penyusunan skripsi.
7. Selesai.

III. HASIL PEMBAHASAN

A. Resistivitas tanah

Hasil pengukuran resistansi tanah pada lokasi sekitar gardu induk Sawangan, sehingga resistivitas tanah dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{2 \cdot \pi \cdot L_T \cdot R}{\ln\left(\frac{8 \cdot L_T}{d}\right) - 1} \\ &= \frac{2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 8,6}{\ln\left(\frac{8 \cdot 2}{0,012}\right) - 1} \\ &= 15,02 \Omega.m \end{aligned}$$

Tabel pengukuran resistansi tanah pada gardu induk

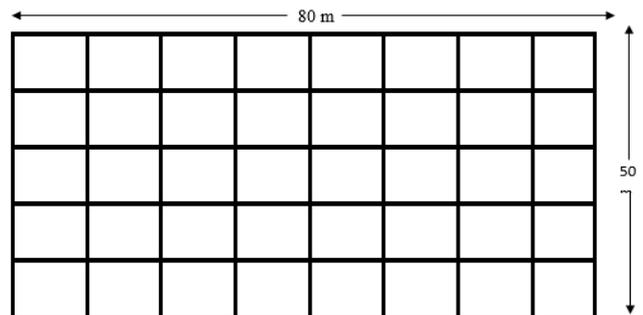
No.	Kedalaman Batang Pentanahan (m)	Resistansi Terukur (Ω)
1	0,50	29,5
2	1,0	11,5
3	2,0	8,6

Sumber : Pengukuran resistansi tanah pada area gardu induk Sawangan

B. Resistansi pentanahan gardu induk Sawangan

Pentanahan GI Sawangandapat dilihat pada tabel dibawah ini :
Tabel Pentanahan peralatan gardu induk Sawangan tahun 2023

Bay	Peralatan Gardu Induk	Resistansi (Ω)		
		R	S	T
Trafo 1	CT	0,18	0,17	0,17
	LA	0,37	0,37	0,36
	PMS	0,8	0,8	0,8
	PMT	0,15		



Gambar 4.1 Tata letak grid

Untuk ketebalan lapisan permukaan batu pecah yaitu $h_s = 0,15$ m, dengan resistivitas (ρ_s) = 2500 Ω.m dan resistivitas tanah (ρ) = 15,02 Ω.m, sehingga K dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$K = \frac{\rho - \rho_s}{\rho + \rho_s} = \frac{15,02 - 2500}{15,02 + 2500} = -0,988$$

Faktor reduksi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \cdot (1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2 \cdot h_s + 0,09} = 1 - \frac{0,09 \cdot (1 - \frac{15,02}{2500})}{2 \cdot 0,15 + 0,09} = 0,964$$

C. Tegangan sentuh dan tegangan langkah

Dengan asumsi untuk gardu induk lokasi fasilitas pentanahan didalam pagar sehingga, berat badan seseorang dapat diperkirakan minimal 70kg, 50kg diketahui:

$I_k = 0,116$ untuk manusia dengan berat 50kg

\sqrt{t}

$I_k = 0,157$ untuk manusia dengan berat 70kg

\sqrt{t}

Dimana:

1. I_k = besarnya arus lewat tubuh manusia(A)
2. t = lama gangguan tanah yang dirasakan manusia(detik)
3. Tahanan tubuh manusia (RK) = 1000 Ω
4. Faktor reduksi (C_s) = 0,964
5. Tahanan jenis lapisan permukaan tanah (ρ_s)=2500 Ω maka untuk menghitung toleransi tegangan langkah dan tegangan sentuh sebagai berikut :

$$E_{\text{step } 50} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{0,5}} = (1000 + 6 \cdot 0,964 \cdot 2500) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{0,5}} = 2525,6 \text{ V}$$

$$E_{\text{step } 70} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,157}{\sqrt{0,5}} = (1000 + 6 \cdot 0,964 \cdot 2500) \cdot \frac{0,157}{\sqrt{0,5}} = 3432,61 \text{ V}$$

$$E_{\text{touch } 50} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{0,5}} = (1000 + 1,5 \cdot 0,964 \cdot 2500) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{0,5}} = 395,73 \text{ V}$$

$$E_{\text{touch } 70} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,157}{\sqrt{0,5}} = (1000 + 1,5 \cdot 0,964 \cdot 2500) \cdot \frac{0,157}{\sqrt{0,5}} = 535,68 \text{ V}$$

1. Diasumsikan jarak grid $D = 10$ m,
2. ukuran grid 80 m x 50 m dengan pola konduktor grid 9×6 , dengan menggunakan 54 batang pentanahan panjang 3 m,
3. panjang gabungan konduktor grid $L_c = (6 \times 80) + (9 \times 50) = 930$ m,
4. $L_r =$ jumlah batange lektroda x Panjang batange lektroda = $(54 \times 3) \text{ m} = 162$ m

$$5. \text{ Keliling Panjang grid pentanahan } L_p = (2 \times 80) + (2 \times 50) = 260 \text{ m}$$

$$6. \text{ Jumlah konduktor batang yang diparalelkan (nr)}$$

$$nr = 2 L_c / L_p \rightarrow 2 \times 930 / 260 = 7$$

D. Resistansi Grid

Dari persamaan $L_c = 930$ m dan luas area $A = 80 \times 50 = 4.000$ m², resistivitas tanah $\rho = 15,02$ Ω .m, Kedalaman konduktor jaringan pembedaan $h = 1$ m

resistansi grid dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$R_g = \rho \left[\frac{1}{L_c} + \frac{1}{\sqrt{20} \cdot A} \left(1 + \frac{1}{1+h \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] = 15,02 \left[\frac{1}{930} + \frac{1}{\sqrt{20} \cdot 4000} \left(1 + \frac{1}{1+1 \sqrt{\frac{20}{4000}}} \right) \right] = 0,136 \Omega$$

E. Tegangan Langkah (E_{stepmax})

Nilai tegangan langkah dapat dihitung sebagai berikut :

$$E_s = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_G}{L_s}$$

Dimana $L_c = 920$ m, $L_r = 162$ m maka :

$$L_s = 0,75 \cdot L_c + 0,85 \cdot L_r = 0,75 \cdot 930 + 0,85 \cdot 162 = 113 \text{ m}$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot h} + \frac{1}{D \cdot h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{n-2}) \right] = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot 1} + \frac{1}{10 \cdot 1} + \frac{1}{10} (1 - 0,5^{7-2}) \right] = \frac{1}{\pi} \cdot [0,136 + 2,99] = 0,99 \text{ m}^{-1}$$

Maka E_s dapat ditentukan :

$$E_s = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_G}{L_s} = \frac{15,02 \cdot 0,99 \cdot 1,32 \cdot 9307,8}{113} = 1616,7 \text{ V}$$

F. Pembahasan Sistem Pentanahan Gardu Induk Sawangan

Dari hasil perhitungan dapat dianalisa beberapa hal yang menjadi perhatian dalam menentukan besarnya nilai resistansi pentanahan yang sesuai dengan standar pada gardu induk yaitu $0 - 1 \Omega$.

1). Resistivitas tanah,

Resistivitas tanah menjadi parameter yang penting yaitu menentukan jenis pentanahan seperti apa yang akan digunakan sesuai dengan kondisi tanah tersebut. Dalam perhitungan yang telah dilakukan resistivitas yang didapat dari penelitian ini adalah $15,02 \Omega$ m dengan kedalaman tanah 2 meter.

2). Perhitungan pentanahan grid

Sudah dilakukan diperoleh nilai pentanahan grid (R_g) adalah $0,136 \Omega$ Dari kriteria nilai pentanahan yang diizinkan menurut IEEE standard $80 - 2000$ adalah $R_g \leq 1$ ohm, maka hasil perhitungan yang diperoleh sudah memenuhi persyaratan yang diizinkan

3). Berdasarkan ketentuan tegangan sentuh yang diizinkan, maka tegangan setuh pada gardu induk sawangan bernilai baik

dan aman yang memenuhi syarat menurut standar IEEE std.80 - 2000. Namun, pada tegangan langkah berat badan manusia 70 kg memiliki nilai 3432.6 V lebih besar dari tegangan langkah yang diizinkan menurut standar IEEE std.80 - 2000 yaitu 3140 V. Maka dikategorikan hasilnya tidak aman.

G. Solusi modifikasi

Solusi modifikasi bentuk pentanahan untuk mendapatkan nilai resistansi pentanahan yang rendah yaitu :

- 1). Menambah kedalaman pentanahan dengan tujuan mendapatkan nilai resistansi yang lebih rendah
- 2). Menambahkan konduktor grid dengan memperkecil ukuran jarak antar konduktor grid

Solusi alternatif menurunkan resistivitas tanah

- 1). Penggunaan natrium klorida, magnesium, dan sulfat tembaga, atau kalsium klorida, untuk meningkatkan konduktivitas tanah segera mengelilingi elektroda.
- 2). Penggunaan bahan penguat tambahan, beberapa dengan resistivitas kurang dari 0,12 Ω .m (sekitar 5% dari resistivitas bentonit), biasanya ditempatkan di sekitar batang di lubang yang terjaga atau sekitar konduktor ground di parit

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan Sistem Pentanahan Grid Gardu Induk Sawangan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Perhitungan pentanahan grid yang sudah dilakukan diperoleh nilai pentanahan grid (R_g) adalah 0,136 Ω Dari kriteria nilai pentanahan yang diizinkan menurut IEEE standard 80 - 2000 adalah $R_g \leq 1$ ohm, maka hasil perhitungan yang diperoleh sudah memenuhi persyaratan yang diizinkan

2. Berdasarkan ketentuan tegangan sentuh yang di izinkan, maka tegangan setuh pada gardu induk sawangan bernilai baik dan aman yang memenuhi syarat menurut standar IEEE std.80 - 2000.

Etouch 50 kg Etouch standar Estep 50 kg Estep standar

395,73 V < 890 V 2525,6 V < 3140 V

Etouch 70 kg Etouch standar Estep 70 kg Estep standar

535,68 V < 890 V 3432,6 V < 3140 V

Namun, pada tegangan langkah berat badan manusia 70 kg memiliki nilai 3432.6 V lebih besar dari tegangan langkah yang diizinkan menurut standar IEEE std.80 - 2000 yaitu 3140V. Maka dikategorikan hasilnya tidak aman. Hasil yang mengakibatkan sistem pentanahan tidak aman.

B. saran

Berdasarkan temuan penyelidikan tugas akhir ini, telah dilakukan pengukuran tahanan pentanahan pada peralatan GI Sawangan. Sarannya adalah memperbanyak jumlah konduktor jaringan untuk meningkatkan resistansi, yang berdampak pada nilai resistansi pentanahan menjadi rendah dan aman berdasarkan peraturan keselamatan pentanahan yang berlaku. Hal ini akan membantu memastikan bahwa sistem grounding efektif di masa depan.

V. DAFTAR PUSTAKA

- 1]. Cheema, Muhammad Usman. dkk. (2015). "A comparison of ground grid mesh design and optimization for 500KV substation using IEEE 80-2000 and finite element methods". *Electrical and Electronics Engineering: An International Journal (ELELIJ)*. Vol. 4, No. 1. Hlm. 131-146. Tersedia di: <http://wireilla.com/engg/eeei/papers/4115elelij11.pdf> [10 Februari 2017].
- 2]. IEEE. "IEEE guide for safety in AC substation grounding." New York, USA, Std. 80-2000. 2000.
- 3]. Dewi, Nuril Aditya. "Optimalisasi Rancangan Sistem Pentanahan Grid-Rod Pada Gardu Induk PLTP Ulubelu." Skripsi. Universitas Indonesia, Jakarta, 2013.
- 4]. Guide for Safety in AC Substation Grounding, IEEE Std. 80-2000.
- 5]. Tanjung, A., 2010, Analisis Sistem Pentanahan Gardu Induk Teluk Lembu Dengan Konstruksi Berbentuk Grid
- 6]. Edhy sst Journal Manager 2017, Slamet Hani Akapriand
- 7]. Agus Riyanto, J. W. (2019, Maret-Agustus). Analisis Sistem Pentanahan Jaringan Gardu Induk. *Ejournal Kajian Teknik Elektro*, 4 No.1, 59-61.
- 8]. Andesito, W. B. (2018). Evaluasi Keamanan Pada Sistem Pentanahan Gardu Induk 150 Kv. Evaluasi Keamanan Pada Sistem Pentanahan Gardu Induk 150 Kv, 6-13.
- 9]. Hajar, I. (2017, Januari - Mei). Disain Sistem Pentanahan Proteksi Petir Sistem Multiple Vertical Electrodes Pada Terminal Lawe- Lawe – Pertamina Dhp. *Jurnal Sutet*, 7 Nomor 1, 48-53.
- 10]. Hary Budiman, B. S. (2020). Evaluasi Tegangan Sentuh Tegangan Langkah Dan Tegangan Pindah Gite 275 Kv Bengkayang. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjung Pura*, 2, No.1.

TENTANG PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Sanly Ginoga, lahir dari pasangan suami istri, Sarjan Ginoga (ayah) dan Serina Sohe (ibu). Di Manado tanggal 4 April 1999. Sebelum menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, penulis menempuh pendidikan berturut-turut di SD

Impres Bitunuris (2005-2011), SMP Negeri 2 Bitunuris (2011-2014), SMA Negeri 2 Bitunuris (2011-2014), SMA Negeri 2 Bitunuris (2011-2014), 2014-2017). Penulis memulai pendidikannya di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado Jurusan Teknik Elektro pada tahun 2017 dengan konsentrasi jurusan Tenaga Listrik pada tahun 2019. Dalam menempuh pendidikannya Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Terpadu (KKT) di Kecamatan Kalawat Minahasa Utara pada bulan Maret-April 2022, dan Kerja Praktek/Magang di PT. JEA pada bulan Oktober-Desember 2020. Selama menempuh pendidikan penulis banyak terlibat dalam kegiatan dan organisasi di dalam dan luar kampus, khususnya kegiatan di Laboratorium Tenaga Listrik Unsrat, Himpunan Mahasiswa Elektro FT. UNSRAT. Dan Penulis telah menyelesaikan kuliah di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado Jurusan Teknik Elektro pada bulan Desember 2023 dengan judul Analisis Sistem Pentanahan Peralatan Gardu Induk Sawangan Menggunakan Konstruksi.Grid.