

EVALUASI TEGANGAN SENTUH TEGANGAN LANGKAH DAN TEGANGAN PINDAH GITET 275 KV BENGKAYANG

Hary Budiman¹⁾, Bonar Sirait²⁾, Purwoharjono³⁾
^{1,2,3)}Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
Email: ¹⁾ harybudiman038@gmail.com
²⁾ bonar.sirait@ee.untan.ac.id
³⁾ purwohardjono@gmail.com

Abstract

This study can be used to determine the magnitude of the touch voltage, step voltage and the voltage moved at the substation 275 KV Bengkayang. The 275 KV Bengkayang substation has a clay and field type content with a soil resistance value of 100 ohms. The 275 KV Bengkayang substation has a grid grounding system with 53 earth rods. Calculation results obtained are the allowable touch stress at the 275 KV Bengkayang substation obtained with a value of 1,145 V for a body weight of 50 kg and 1,527 V for a body weight of 70 kg. for the voltage step value obtained results with a value of 3,955 V for humans weighing 50 kg and 5,269 V for humans weighing 70 kg. For the actual touch voltage values obtained with a value of 374 V and the actual Step voltage obtained with the results of 1,102 V. The results state that the actual touch voltage value and the actual Step voltage value are much smaller than the allowable touch voltage value and allowable step voltage value. so that security in the area around the substation is still categorized as safe for workers in the area of the substation.

Keywords: *Grounding System, Touch Voltage, Stress Voltage, Moving Voltage*

Abstrak

Penelitian ini dapat digunakan untuk mengetahui besar pada tegangan sentuh, tegangan langkah dan tegangan pindah pada gardu induk 275 KV Bengkayang. Pada gardu induk 275 KV Bengkayang memiliki kandungan jenis tanah liat dan ladang dengan nilai resistansi tanah 100 ohm. Gardu induk 275 KV Bengkayang memiliki sistem pentanahan grid dengan jumlah batang pentanahan sebanyak 53 batang. Hasil perhitungan diperoleh besar tegangan sentuh yang diizinkan pada gardu induk 275 KV Bengkayang didapat dengan nilai 1.145 V untuk berat badan 50 kg dan 1.527 V untuk berat badan 70 kg. untuk nilai tegangan Langkah didapatkan hasil dengan nilai 3.955 V untuk manusia dengan berat badan 50 kg dan 5.269 V untuk manusia dengan berat badan 70 kg. Untuk nilai tegangan sentuh yang sebenarnya didapatkan hasil dengan nilai 374 V dan tegangan Langkah yang sebenarnya didapatkan dengan hasil 1.102 V. Dari hasil tersebut menyatakan bahwa nilai tegangan sentuh yang sebenarnya dan nilai tegangan Langkah yang sebenarnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan nilai tegangan sentuh yang diizinkan dan nilai tegangan Langkah yang diizinkan. sehingga keamanan pada area sekitar gardu induk tersebut masih dikategorikan aman untuk pekerja yang berada di area gardu induk tersebut.

Kata kunci : *Sistem Pentanahan, Tegangan Sentuh, Tegangan Langkah, Tegangan Pindah*

1. Pendahuluan

Seiring dengan pertumbuhan beban, sistem tenaga listrik semakin lama semakin besar, baik panjang saluran/jaringan maupun tegangannya. Dengan bertambah besarnya sistem tenaga listrik, arus yang timbul bila terjadi gangguan tanah makin besar pula dan busur listrik tidak dapat padam dengan sendirinya, serta ditambah dengan gejala busur tanah yang menonjol. Gejala ini menimbulkan tegangan lebih transien yang tinggi yang dapat merusak peralatan listrik. Pembumihan ini umumnya dilakukan dengan menghubungkan transformator daya ke tanah.

Menurut (Anang Sakrani, 2018) gardu induk merupakan salah satu bagian dari sistem tenaga listrik yang menjadi penghubung antara Tegangan tinggi dan Tegangan menengah sebagai suplai listrik ke konsumen. Sebelum membangun gardu induk, banyak hal yang perlu diperhatikan mengingat gangguan yang terjadi dapat merusak peralatan yang ada maupun orang yang berada dalam gardu induk tersebut.

Penelitian ini berawal pada saat kerja praktek, karena melihat data arus gangguan pada lokasi tersebut cukup tinggi, maka akan melakukan evaluasi tegangan sentuh, tegangan langkah dan tegangan pindah pada Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 275 kV Bengkulu karena belum ada yang melakukan evaluasi terhadap gardu induk tersebut. GITET 275 kV Bengkulu memiliki tahanan jenis tanah liat dan ladang.

Penelitian dilakukan guna mencari data terkait untuk dapat dihitung dengan rumus yang sesuai untuk kemudian di evaluasi apakah tegangan sentuh, tegangan langkah dan tegangan pindah pada GITET 275 kV Bengkulu akan dilakukan perhitungan dengan standar IEEE. Std-80-2000 yang akan dibandingkan dengan tabel tegangan sentuh yang diizinkan dan tegangan langkah yang diizinkan (T.S. Hutauruk. 1999: 131-133).

2. Dasar Teori

2.1. Peneliti Terdahulu

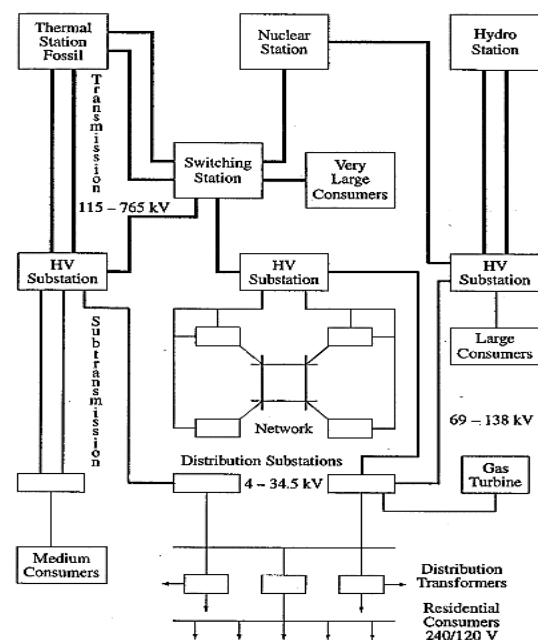
Andesito, Wiratma Bimby. 2018. Judul penelitian "Evaluasi Keamanan Sistem Pentanahan Gardu Induk 150 KV Ngawi", dalam penelitian ini membahas tentang evaluasi terhadap pentanahan Gardu Induk 150

kV Ngawi, dimana hasil evaluasi tersebut didapat hasil evaluasi sistem pentanahan yang baik dan berdampak positif bagi keamanan sistem pentanahan Gardu Induk 150 kV Ngawi.

2.2. Sistem Tenaga Modern

Sistem tenaga modern adalah jaringan yang saling terhubung yang kompleks seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Sistem tenaga dapat dibagi menjadi empat bagian utama yaitu :

- Pembangkit
- Transmisi dan Sub Transmisi
- Distribusi
- Beban



Gambar 2.1. Komponen Dasar Sistem Tenaga

Sumber : Budi.K.Bagus, 2019.

2.3. Gardu Induk

Gardu induk yang terpasang di Indonesia bisa di bedakan menjadi beberapa bagian yaitu:

- Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 275 kV, 500 kV.
- Gardu Induk Tegangan Tinggi (GI) 150 kV dan 70 kV serta gardu induk Tegangan Rendah 20 kV.

2.4. Sistem Pentanahan Gardu Induk

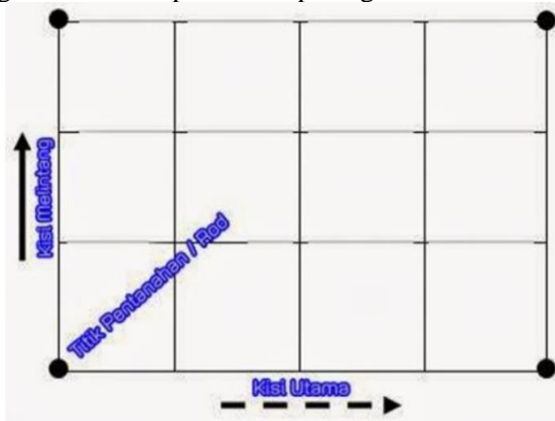
Sistem pentanahan bertujuan untuk melindungi manusia di sekitar area gardu

induk dari arus gangguan yang mengalir ke tanah dan juga untuk melindungi bangunan dan peralatan dari aliran listrik akibat gangguan sistem atau sambaran petir. Sistem pentanahan atau grounding pada dasarnya adalah penghantar konduktif yang dihubungkan ke tanah. Gambaran pentanahan gardu induk dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.2. Tata Letak Grid Gardu induk
Sumber : Septria, Y. 2015

Berikut bentuk mesh pentanahan grid pada gardu induk dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.3. Mesh Pentanahan Gardu Induk
Sumber : Septria, Yoga.2016.

2.5. Data-data Pentanahan Grid

Data-data sistem pentanahan grid yang dibutuhkan dalam perencanaan sistem pentanahan GI adalah sebagai berikut :

- Luas daerah yang akan diamankan dengan sistem pentanahan
- Tahanan jenis tanah di sekitar permukaan dan tahanan jenis rata-rata untuk tanah yang dianggap sama
- Besarnya arus hubung singkat maksimum ke tanah yang mungkin

terjadi dan waktu membukanya sistem proteksi yang ada untuk mengisolir adanya gangguan ke tanah

- Diameter konduktor yang dipakai untuk elektroda pentanahan.

2.6. Karakteristik Tanah^[1]

Pada dasarnya bagian yang paling penting dalam sistem pentanahan ialah tanah maka perlu diketahui karakteristik yang mempengaruhi sebagai berikut:

1. Kadar air pada tanah merupakan kandungan yang menyusun tanah dimana kerapatan airnya sedikit.
2. Berat jenis tanah merupakan susunan yang menyusun tanah dimana beratnya jenis tanah dapat diketahui dari kerapatan tanahnya seperti tanah liat yang berat jenisnya besar sedangkan pada pasir berat jenis lebih ringan.

2.7. Tahanan Jenis Tanah^[11]

Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tidaklah sama. Beberapa faktor yang mempengaruhi tahanan jenis tanah yaitu sebagai berikut (T.S. Hutauruk, 1999 : 141-142) :

- 1) Keadaan struktur tanah antara lain ialah struktur geologinya, seperti tanah liat, tanah rawa, tanah berbatu, tanah berpasir, tanah gambut dan sebagainya.
- 2) Unsur kimia yang terkandung dalam tanah, seperti garam, logam, dan mineral-mineral lainnya serta Keadaan iklim, basah atau kering.
- 3) Temperatur tanah dan jenis tanah.

Tabel 2.1. Tahanan Jenis Tanah.

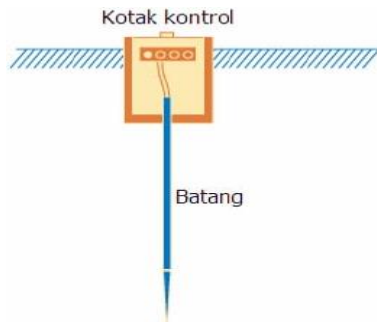
Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (Ohm)
Tanah Rawa	30
Tanah liat dan tanah ladang	100
Pasir basah	200
Kerikil basah	500
Tanah pasir dan kerikil kering	1000
Tanah berbatu	3000

Sumber : T.S. Hutauruk, 1999.

2.8. Jenis Elektroda Pentanahan

1. Elektroda Batang (ROD)

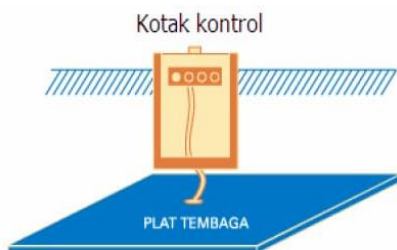
Merupakan elektroda dari pipa atau besi yang dipasangkan kedalam tanah. merupakan jenis elektroda yang biasa digunakan di gardu induk. Gambar 2.4 Elektroda Batang (ROD) sebagai berikut :



Gambar 2.4. Elektroda Batang
Sumber : Mukmin, mirwan 2014.

2. Elektroda Plat

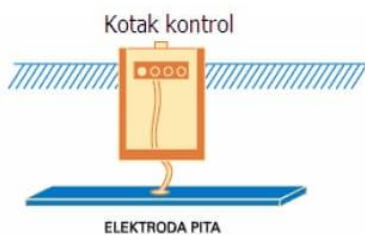
Merupakan elektroda berbahan logam yang utuh atau berlubang maupun terbuat dari kawat. Elektroda ini digunakan bila sangat susah untuk memperoleh tahanan pentanahan yang diinginkan pada dasarnya penanaman elektroda ini dalam. Gambar 2.5 Elektroda Plat sebagai berikut:



Gambar 2.5 Elektroda Plat Tembaga
Sumber : Mukmin, Mirwan 2014.

3. Elektroda Pita

Merupakan elektroda yang terbuat dari penghantar berbentuk plat atau pipih yang ditanah dalam. Pemasangan elektroda jenis ini sangat sulit apabila jenis tanah yang ada berbatu. Untuk mendapatkan nilai tahanan yang kecil juga sangat sulit maka dapat diatasi dengan pemasangan horizontal kedalam tanah. Gambar 2.6 elektroda pita berikut ini:



Gambar. 2.6. Elektroda Pita
Sumber : Mukmin, Mirwan 2014

2.9. Klasifikasi Gangguan

Klasifikasi gangguan dibedakan dari dua segi, yaitu :

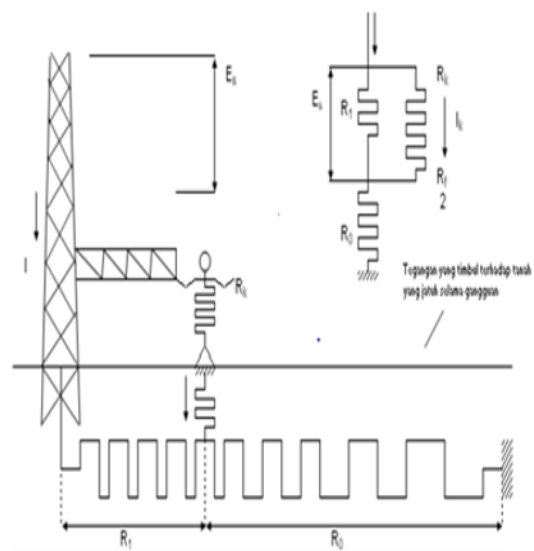
1. Dari macamnya gangguan :
 - a. Gangguan dua fasa atau tiga fasa melalui tahap hubung tanah.
 - b. Gangguan fasa ke fasa.
 - c. Gangguan dua fasa ke tanah.
 - d. Gangguan satu fasa ke tanah atau gangguan tanah.
2. Dari lamanya waktu gangguan :
 - a. Gangguan temporer.
Merupakan gangguan yang terjadi dalam waktu yang singkat saja dimana kemudian sistem kembali pada keadaan normal.
 - b. Gangguan permanen
Merupakan gangguan yang terjadi baru dapat dihilangkan atau diperbaiki atau diperbaiki setelah bagian yang terganggu itu diisolir dengan bekerjanya pemutus daya.

2.10. Macam-Macam Tegangan

Pada hakekatnya perbedaan tegangan selama mengalirnya arus gangguan tanah dapat digambarkan sebagai berikut :

A. Tegangan Sentuh

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 kisi-kisi pengetanahan yang berada dibawahnya. Besar arus gangguan dibatasi oleh tahanan orang dan tahanan kontak ke tanah dari kaki orang tersebut, seperti gambar berikut :



Gambar 2.7. Tegangan sentuh dengan rangkaian penganti.

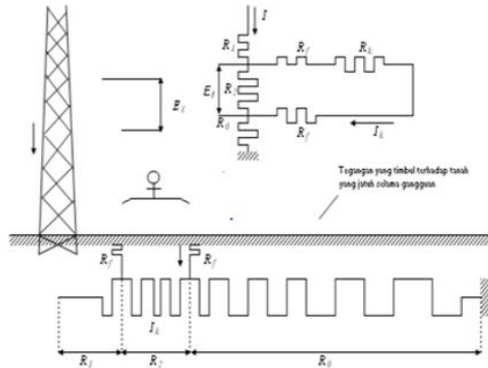
Tabel 2.2. Tegangan sentuh yang diizinkan

Lama Gangguan t (detik)	Tegangan Sentuh yang diizinkan (Volt)
0,1	1.980
0,2	1.400
0,3	1.140
0,4	990
0,5	890
1,0	626
2,0	443
3,0	362

Sumber : T.S. Hutauruk, 1999 : 132.

B. Tegangan Langkah

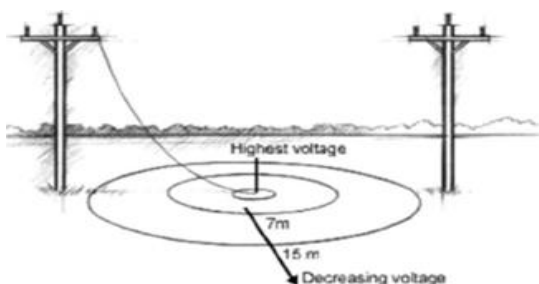
Tegangan langkah yaitu tegangan yang muncul di sela-sela dua kaki manusia ketika berdiri di atas permukaan tanah dan tiba-tiba dari jarak tertentu ada aliran arus gangguan hubung ke tanah. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Rangkaian Pengganti Tegangan Langkah.

Sumber : T.S Hutauruk, 1999 : 130

Hal ini bearti bahwa personil yang berdiri di dekat titik arus gangguan jika arus gangguan mengalir ke tanah akan menimbulkan beda potensial besar antara kaki ke kaki. Beda potensial tersebut akan semakin mengecil pada area yang semakin jauh dari titik gangguan. Pada Gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar.2.9 Besar Tegangan Langkah

Sumber : T.S Hutauruk, 1999 : 130

Tabel.2.3 Tegangan langkah yang diizinkan

Lama Gangguan t (detik)	Tegangan langkah yang diizinkan (Volt)
0,1	7.000
0,2	4.950
0,3	4.040
0,4	3.500
0,5	3.140
1,0	2.216
2,0	1.560
3,0	1.280

Sumber : T.S Hutauruk, 1999 : 132

C. Tegangan Pindah

Tegangan pindah adalah hal khusus dari tegangan sentuh, dimana tegangan ini terjadi apabila pada saat terjadi kesalahan orang berdiri dalam gardu induk, dan menyentuh suatu peralatan yang diketanahkan pada titik jauh sedangkan alat tersebut dialiri oleh arus kesalahan ke tanah.

2.16. Perhitungan Tegangan

1. Tahanan Pembumian Grid

Untuk tahanan pembumian *grid* pada gardu induk dengan kedalaman tertentu dapat dilihat pada persamaan berikut (IEEE, 2000) :

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

Dimana :

- R_g = Tahanan *grid* pembumian
- A = Luas Switchyard gardu induk
- ρ = Tahanan jenis tanah (ohm-meter)
- L_T = Total panjang konduktor yang ditanam (m)
- h = Kedalamam penanaman konduktor

2. Faktor Reduksi Resistivitas Lapisan Permukaan Tanah

Untuk dapat menentukan faktor reduksi, maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut, :

$$C_S = 1 - \frac{0.09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right)}{2.h_s + 0.9} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana,

- ρ = Resistansi jenis tanah
- h_s = Ketebalan laisan permukaan tanah
- ρ_s = Tahanan lapisan permukaan tanah yang dilapisi batu koral

3. Arus Fibrilasi

Untuk dapat menentukan Tegangan, maka harus diketahui terlebih dahulu arus fibrilasi, maka dapat di cari dengan formulasi (3) sebagai berikut :

$$I_k^2 t = K \text{ atau } I_k = k/\sqrt{t} \dots(3)$$

Dimana : $k = \sqrt{K}$

$K = 0,135$ untuk manusia dengan berat 50 kg
 $= 0,0246$ untuk manusia dengan berat 70 kg.
maka :

$$k_{50} = 0,116 A, k_{70} = 0,157 A$$

Jadi :

$$I_k^2 t = 0,135 \text{ untuk berat badan 50 kg.}$$

Dan ,

$$\text{di mana : } I_k = \frac{0,116}{\sqrt{t}}$$

I_k = besarnya arus lewat tubuh manusia (dalam ampere).

t = waktu arus lewat tubuh manusia atau lama gangguan tanah (dalam detik).

4. Perhitungan Tegangan Sentuh

Untuk dapat menentukan tegangan sentuh yang diizinkan, maka dapat ditentukan dengan persamaan (4) sebagai berikut :

$$E_s = I_k (R_k + 1.5. C_s. \rho_s) \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

E_s = Tegangan sentuh (volt)

R_k = Tahanan badan orang (ohm)

ρ_s = Tahanan jenis permukaan tanah (ohm-meter)

I_k = besarnya arus yang melebihi badan (ampere).

5. Perhitungan Tegangan Langkah

Tegangan langkah yang diizinkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5) sebagai berikut :

$$E_l = I_k (R_k + 6. C_s. \rho_s) \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

I_k = Arus fibrilasi (Ampere)

6. Perhitungan Tegangan Pindah

Untuk dapat menentukan tegangan pindah, maka dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan (6) sebagai berikut :

$$E_{pindah} = I. R_0, \dots\dots\dots(6)$$

dengan anggapan $I_k < I$ sebab,

$$\frac{R_f}{2} + R_k > R_0$$

Dimana :

$$R_0 = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$$

Dan,

r = Jari-jari ekivalen dari luas gardu induk.

L = Panjang total dari konduktor kisi-kisi dan batang

3. Metodologi Penelitian

3.1. Data-Data Yang Diperlukan

Untuk Melengkapi data yang dibutuhkan dalam menjalankan aplikasi Matlab nantinya data yang dibutuhkan dalam penelitian tugas akhir adalah :

- Data arus gangguan
- Tata letak layout GITET 275 KV Bengkulu
- Pentanahan Grid GITET 275 KV Bengkulu
- Single line diagram Sistem Khatulistiwa
- Luas penampang grid pentanahan.
- Data transmisi 275 kV dan 150 kV Sistem Khatulistiwa
- Data pembangkit pada Sistem Khatulistiwa
- Data pembebanan gardu induk pada Sistem Khatulistiwa
- Data transformator daya pada gardu induk Sistem Khatulistiwa

3.2. Metode penelitian

Adapun metode penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Mempelajari buku referensi, artikel dari jurnal dan internet, dan bahan kuliah yang mendukung topik penelitian ini termasuk data-data terkait yang telah didokumentasikan oleh PT. PLN (Persero) UP3B Sistem Kalbar.

2. Observasi

Mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk perhitungan arus gangguan GITET 275 KV Bengkulu dan perhitungan tegangan sentuh tegangan langkah pada GITET 275 KV Bengkulu yang berada pada wilayah Sistem Khatulistiwa PT. PLN (Persero) UP3B Kalimantan Barat.

3. Metode Analitik Deskriptif

Mendesripsikan hasil pada tegangan sentuh tegangan langkah dan tegangan pindah, kemudian dilakukan perbandingan hasil perhitungan yang sudah didapat dengan tabel tegangan sentuh yang diizinkan dan langkah yang diizinkan. Kemudian selanjutnya dilakukan analisa perbandingan.

3.3. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data
Melakukan pengumpulan data yaitu : single line diagram Sistem Khatulistiwa, Data transmisi 275 kV dan 150 kV Sistem Khatulistiwa, data pembangkit pada Sistem Khatulistiwa, data pembebanan gardu induk pada Sistem Khatulistiwa, data transformator daya pada gardu induk Sistem Khatulistiwa, data arus gangguan hubung singkat.
2. Melakukan Perhitungan Panjang Konduktor
3. Menghitung Resistansi Pembumian
4. Melakukan perhitungan faktor resistivitas pembumian.
5. Melakukan perhitungan Arus fibrilasi
6. Menghitung Jumlah Batang Pentanahan

4. Perhitungan dan analisa

4.1 Tahanan Jenis Tanah

Pada Gardu Induk 275 kV Bengkayang memiliki struktur tanah berupa tanah liat dan ladang.

Tabel 4.1 Tahanan Jenis Tanah Gardu Induk 275 kV Bengkayang.

No	Jenis Tanah	Nilai (Ω - m)
1	Rawa	30
2	Tanah Liat dan Ladang	100
3	Pasir Basah	200
4	Kerikil Basah	500
5	Pasir dan Kerikil	1000
6	Tanah Berbatu	3000

Sumber : T.S. Hutaauruk, 1999.

4.2. Tata Letak (Layout)

Kisi-kisi (*grid*) pentanahan menggunakan konduktor tembaga bulat yang ditanam pada seluruh batas gardu induk. Pengaturan tata letak sistem pengtanahan pada suatu gardu induk dapat dilihat pada gambar dibawah. Pada gambar tersebut diberikan panjang konduktor termasuk batang pentanahan = 1466 meter.

4.3. Arus Gangguan

Dari data yang didapat di kantor UP3B Pontianak data arus gangguan tiap-tiap Gardu Induk sangat berbeda terutama di GITET 275 kV Bengkayang arus gangguan yang terjadi pada LG (*Line Ground*) 6.5 kA, arus tersebut sangat tinggi dikarenakan

pembangkitnya yang dekat dengan negara Malaysia karena GITET 275 kV Bengkayang sudah terinterkoneksi dengan GI di Malaysia sehingga sumber arus gangguannya sangat tinggi dibandingkan dengan Gardu Induk lainnya.

4.4. Tegangan Mesh atau Tegangan Sentuh Maksimum Yang sebenarnya

Tegangan mesh merupakan salah satu bentuk tegangan sentuh. Tegangan mesh ini didefinisikan sebagai tegangan peralatan yang diketanahkan terhadap tengah-tengah daerah yang dibentuk konduktor kisi-kisi (center of mesh) selama gangguan tanah.

4.5. Perhitungan Tegangan Sentuh yang Sebenarnya

Tegangan sentuh maksimum yang sebenarnya dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$E_m = K_m K_i \rho \frac{I}{L}$$

$$E_m = 0,288 \times 3,402 \times 100 (5600/1466)$$

$$= 374 \text{ V}$$

Jadi, kondisi tegangan sentuh yang sebenarnya dengan $\rho = 100 \Omega.m$ adalah 374 V.

4.6. Tegangan Langkah Yang Sebenarnya

Tegangan Langkah maksimum sebenarnya dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$E_{lm} = K_s K_i \rho \frac{I}{L}$$

$$= 1.102 \text{ V.}$$

Jadi, tegangan langkah yang sebenarnya dengan $\rho = 100 \Omega.m$ adalah 1.102 V.

4.7. Perhitungan Tegangan Pindah

Untuk menentukan tegangan pindah, maka dapat digunakan rumus pada persamaan (2.4) sebagai berikut :

$$E_{pindah} = I \times R_0$$

$$= 5600 \times 0,79$$

$$= 4.424 \text{ V}$$

Maka tegangan pindah yang didapat dari rumus tersebut adalah 4.424 V.

4.8. Analisa dan Pembahasan

Setelah dilakukan perhitungan, berikut dilampirkan hasil perhitungan tabel keseluruhan perhitungan pada gardu induk tersebut pada tabel 4.2.

Tabel. 4.2. Hasil Perhitungan

No	Spesifikasi	Satuan	Harga
1	Tahanan Jenis Tanah (ρ)	$\Omega.m$	100
2	Jumlah Konduktor Paralel dalam kisi-kisi utama (n)	-	16
3	Koefisien Km	-	0,288
4	$K_i = 0,65 + 0,172 n$	-	3,402
5	Panjang Konduktor Pentanahan yang ditanam (L)	m	1.600
6	Koefisien Ks	-	0,8742
7	Tegangan Sentuh yang diizinkan (Es) dengan BB 50 Kg	V	1.145
8	Tegangan Sentuh yang diizinkan (Es) dengan BB 70 Kg	V	1.527
9	Tegangan Langkah yang diizinkan (E _L) dengan BB 50 Kg	V	3.955
	Tegangan Langkah yang diizinkan (E _L) dengan BB 70 Kg	V	5.269
10	Tegangan Mesh/Tegangan Sentuh Maksimum Sebenarnya (E _m)	V	374
11	Tegangan Langkah Sebenarnya (E _t)	V	1.102
12	Tegangan Pindah	V	4.424

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Tegangan Sentuh, Tegangan langkah dan Tegangan pindah

Lama Gangguan	Berat Badan	E_{Sentuh}		$E_{Langkah}$		E_{Pindah}
		I_k	I_G	I_k	I_G	
0,3 Detik	50 Kg	1.145V	374 V	3.955V	1.102 V	4.424 V
0,3 Detik	70 Kg	1.527V		5.269 V		

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan rekapitulasi tabel 4.3 maka diperoleh hasil dari perhitungan tegangan sentuh dan tegangan langkah dengan berdasarkan Arus Fibrilasi (I_k) dan berdasarkan Arus Gangguan (I_G), dimana pada perhitungan menggunakan arus fibrilasi merupakan hasil perhitungan yang diizinkan, sedangkan pada perhitungan dengan arus gangguan merupakan hasil perhitungan nilai yang sebenarnya yang ada di lapangan. Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan, maka didapatkanlah nilai tegangan sentuh yang diizinkan adalah 1.145 V untuk manusia dengan berat badan 50 kg, dan 1.527 V untuk manusia dengan berat badan 70 kg. Sedangkan untuk nilai tegangan langkah yang diizinkan di dapatkan hasil 3.955 volt untuk manusia dengan berat badan 50 kg, dan 5.269 V untuk manusia dengan berat badan 70 kg. Setelah selesai di dapatkan hasil tegangan sentuh dan tegangan langkah yang diizinkan, maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah yang sebenarnya yaitu untuk nilai tegangan sentuh yang sebenarnya di dapat 374 V, dan nilai tegangan Langkah yang sebenarnya 1.102 V. pada tegangan pindah didapat hasil sebesar 4.424 V.

Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan hasil perhitungan maka dibuatlah beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. GITET 275 kV Bengkayang didapat resistansi pembumian grid nya sebesar 2,1 Ω .
2. Tegangan sentuh pada gardu induk ini didapatkan dengan hasil untuk berat badan 50 kg sebesar 1.145 V dan untuk berat badan 70 kg 1.527 V sedangkan untuk tegangan langkah dengan berat badan 50 kg 3.955 V dan untuk berat badan 70 kg 5.269 V
3. Nilai tegangan sentuh sebenarnya yang telah di dapatkan memiliki nilai yang relative lebih kecil dibandingkan nilai tegangan sentuh yang diizinkan. Begitu juga dengan nilai tegangan langkah yang sebenarnya didapatkan hasil yang relatif lebih kec dibandingkan dengan nilai tegangan langkah yang diizinkan. Dengan demikian desain sistem pentanahan yang ada pada GITET 275 kV Bengkayang masih dapat di kategorikan dalam keadaan baik dan aman untuk manusia yang bekerja di sekitar area tersebut.
4. Tegangan pindah yang didapatkan dari hasil perhitungan sebesar 4.424 V.

5.2. Saran

1. Untuk melakukan perhitungan Grounding pada gardu induk, maka harus lebih teliti dan mengikuti sesuai standar yang berlaku untuk perencanaan sistem pentanahan, agar didapatkan hasil yang maksimal.
2. Untuk pekerja yang sering melakukan pekerjaan di area gardu induk tersebut, diwajibkan untuk mengetahui batas ambang tegangan sentuh, tegangan langkah yang ada pada gardu induk tersebut, serta mengutamakan factor keselamatan agar tidak terjadinya kontak langsung pada peralatan yang diketanahkan agar tidak terjadi tegangan pindah yang menyebabkan kesalahan yang fatal.

Daftar Pustaka

- [1]. Andesito, W.Bimby, 2018. *Evaluasi keamanan pada sistem pentanahan gardu induk 150 KV Ngawi*. Ngawi :

- Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
- [2]. Budi, K.Bagus, 2019. *Studi Koordinasi Arus Lebih dan Sekring Pemutus Untuk Mengamankan Sistem Akibat Gangguan Hubung Singkat*. Pontianak : Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- [3]. Committee, Substations. 2000. *IEEE Std 80-2000 IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*. IEEE 2000.
- [4]. K. Jamaluddin. 2018. *Perancangan Gas Insulated Switchgear 150 KV Pulogadung dengan Finite Element Method*. Jakarta : Fakultas Teknik Universitas Trisakti.
- [5]. Mafalius, Frans. 1998. *Studi Perencanaan Pembumian Gardu Induk*. Pontianak : Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- [6]. Mukmin, Mirwan. 2014. *Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan Pada Area Reklamasi Pantai (Citraland)*. Palu : Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
- [7]. PUIL 2011 (Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011). Badan Stanarisasi Nasional (BSN). Jakarta
- [8]. Sakrani, Anang. 2018. *Evaluasi Nilai Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah Pada Sistem Pentanahan Gardu Induk 150 KV Bantul*
- [9]. Septria, Yoga. 2015. *Evaluasi tegangan sentuh dan tegangan langkah gardu induk (GI) 150 KV Kota Baru*. Pontianak : Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- [10]. Syofian, Andi. 2013. *Sistem pentanahan Grid pada Gardu Induk PLTU Teluk Sirih*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi industri Institut Teknologi Padang.
- [11]. T.S Hutaaruk, 1999. *Buku Pengetanahan Netral Sistem Pentanahan dan Pengetanahan Peralatan*.
- [12]. Tofan, A 2013. *Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi Di Gardu Induk 150 kV Jepara*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- [13]. Zarniadi, W 2019. *Analisa Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah di Gardu Induk 150 KV Batu Besar menggunakan Sistem Grid*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Riau.

Biography



Hary Budiman, Lahir Di Pontianak, pada tanggal 12 Desember 1996 Menempuh Pendidikan Strata I (S1) Di Falkutas Teknik Universitas Tanjungpura sejak tahun 2015.

Penelitian ini di ajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Tegangan Listrik Falkutas Universitas TanjungPura.

Disahkan :
Pembimbing Utama

Ir. Bonar Sirait, M.Sc.,IPM
NIP. 195608131983021001

Sekretaris

Dr. Purwoharjono, ST, MT.,IPM
NIP.197201021998021001