

Analysis Of The Effect Of Soil Structure On Grounding Impedance

Analisa Pengaruh Struktur Tanah Terhadap Impedansi Grounding

Hendrika Hendrik, Hans Tumaliang , Glanny M. Ch. Mangindaan

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia

e-mails : 17021103008@student.unsrat.ac.id, hans.tumaliang@gmail.com, glanny_m@unsrat.ac.id

Received: 19 April 2022; revised: 16 March 2023 ; accepted: 16 March 2023

Abstract — *The grounding system at the substation must have the lowest possible grounding impedance according to the standard, namely 1 ohm. One factor that affects the value of grounding impedance is the condition of the ground and the type of grounding used. This study discusses the influence of soil structure on soil impedance and the value of grounding resistance of the 150 KV Paniki substation. In this study, soil resistivity measurements were carried out at the research site with two different soil conditions: when the soil was dry and when the soil was wet using the three-point method. From the results of calculations and analysis carried out, the soil resistivity value on dry soil is 25.5 Ω and on wet soil is 17 Ω , the value of the touch stress for BB 50 kg on dry soil conditions and wet soil obtained the same value, namely 673 V and the step voltage value for BB 50 kg on dry and wet soils obtained the same results, namely 2201 V, and the value of grid resistance on dry and wet soils the results are also the same, 0.22 Ω . So that the grounding value of the substation equipment obtained is still according to the standard, namely 0.1 Ω to 0.8 Ω compared to the manual calculation of the grid resistance obtained.*

Keywords — *Grid; Soil resistivity; Substation; Step voltage; Touch voltage.*

Abstrak — *Sistem grounding digardu induk harus memiliki impedansi grounding yang sekecil mungkin dan sesuai standar yaitu ≤ 1 ohm. salah satu faktor yang mempengaruhi nilai impedansi grounding adalah kondisi tanah dan jenis grounding yang digunakan. Penelitian ini membahas bagaimana pengaruh struktur tanah terhadap impedansi tanah dan nilai tahanan pentanahan gardu induk 150 KV Paniki. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran tahanan jenis tanah di lokasi penelitian dengan dua kondisi tanah yang berbeda yaitu kondisi saat tanah kering dan saat tanah basah dengan menggunakan metode tiga titik. Dari hasil perhitungan dan analisa yang dilakukan, diperoleh nilai tahanan jenis tanah pada tanah kering adalah 25,5 Ω dan pada tanah basah adalah 17 Ω , nilai dari tegangan sentuh untuk BB 50 kg pada kondisi tanah kering dan tanah basah diperoleh nilai yang sama yaitu 673 V, dan nilai tegangan langkah untuk BB 50 kg pada tanah kering dan basah didapatkan hasil yang sama pula yaitu 2201 V, dan nilai tahanan grid pada tanah kering dan tanah basah hasilnya juga sama yaitu 0,22 Ω . Sehingga nilai pentanahan peralatan gardu induk yang didapat masih sesuai standar yaitu 0,1 sampai 0,8 dibandingkan dengan perhitungan manual tahanan grid yang didapatkan.*

Kata kunci — *Grid; Tahanan jenis tanah; Gardu induk; Tegangan langkah; Tegangan sentuh.*

I. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai beberapa sektor untuk mengoperasikan sistem tenaga listrik. Salah satunya adalah sistem kelistrikan Suluttenggo. Sistem kelistrikan Suluttenggo adalah salah satu pengoperasian tenaga listrik di Indonesia. Sistem ini mempunyai karakteristik beban yang berkaitan dengan kebutuhan masyarakat dan iklim. Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik ini membutuhkan sistem pentanahan (*grounding system*). Karena apabila sistem tenaga listrik tidak memiliki sistem pentanahan yang baik, maka ketika terjadi kegagalan arus atau tegangan akan mengakibatkan kerusakan sistem tenaga listrik tersebut.

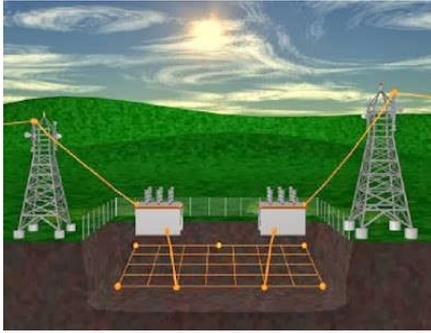
Dalam instalasi sistem tenaga listrik rentan terjadi kecelakaan atau gangguan, baik gangguan internal maupun gangguan eksternal. Sebagian besar gangguan yang terjadi dalam sistem tenaga listrik merupakan gangguan hubung singkat ke tanah (70-90%). Sehingga apabila saat terjadi gangguan ke tanah, peran dari pentanahan (*grounding system*) di sistem tenaga listrik menjadi sangat berpengaruh.

Grounding dalam sistem tenaga listrik merupakan bagian yang sangat penting karena merupakan titik referensi tegangan nol bagi pusat pembangkit, peralatan gardu induk dan peralatan lainnya. Pada Gardu induk harus memiliki sistem pentanahan yang baik, supaya menjadi aman bagi manusia dan untuk mencegah gangguan pada alat yang disebabkan adanya kenaikan potensial tanah ketika ada arus gangguan atau arus petir ke tanah. Oleh karena itu, sistem pentanahan (*grounding system*) yang ada di gardu induk harus memiliki impedansi pentanahan yang sekecil mungkin. Salah satu yang mempengaruhi nilai impedansi pentanahan yaitu resistivitas tanah itu sendiri.

Faktor yang mempengaruhi resistivitas tanah adalah jenis tanah, komposisi kimia yang terkandung dalam tanah, konsentrasi garam yang terlarut dalam air yang berada ditanah, kelembaban udara, temperatur tanah, ukuran partikel tanah, kepadatan tanah, dan tekanan tanah.

Struktur dan karakteristik tanah merupakan salah satu faktor yang wajib diketahui karena mempunyai hubungan erat dengan perencanaan sistem *grounding* dan bagaimana pengaruhnya terhadap impedansi *grounding* tersebut.[1]

Di skripsi ini menganalisis pengaruh struktur tanah terhadap impedansi *grounding* yang ada di gardu induk Paniki.



Gambar 1. Sistem Pembumian Dengan Grid Di Gardu Induk
(Sumber: www.ezhenergy.blogspot.com)

A. Sistem Pentanahan (Grounding System)

Sistem pentanahan (*Grounding system*) merupakan sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang menggunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik, petir, dll. Tujuan utama adanya *system grounding* adalah untuk menciptakan *low impedance* (tahanan rendah) terhadap permukaan bumi untuk gelombang listrik dan transient voltage[2].

Sistem pentanahan adalah suatu bentuk sistem yang terintegrasi di sistem ketenagalistrikan dan ditujukan untuk keamanan sistem secara umum dari gangguan yang dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan sehingga menyebabkan putusnya kontinuitas pelayanan daya kepada konsumen.[3]

B. Pentanahan Peralatan (Grounding equipment)

Pentanahan peralatan adalah pentanahan yang menghubungkan body/kerangka/bagian dari peralatan listrik terhadap ground (tanah) [4]. Pentanahan ini pada kerja normal tidak dilalui arus.

C. Karakteristik Tanah

1) Struktur tanah

Tanah merupakan suatu sistem yang kompleks, terdiri dari komponen padat, cair, dan gas. Penelitian struktur tanah dan pengukuran resistansi jenis tanah menjadi faktor penting yang sangat mempengaruhi kedalaman penanaman elektroda batang pembumian [5].

2) Pengaruh gradien tegangan

Gradien tegangan tidak mempengaruhi resistivitas tanah kecuali jika gradien tegangan melebihi nilai kritis tertentu. Untuk nilai kritis tanah nilainya bervariasi sesuai dengan kandungan dalam tanah, namun umumnya besar nilainya sekitar kilovolt per centimeter [6].

TABEL 1.
RESISTANSI JENIS TANAH

Jenis Tanah	Resistansi Jenis tanah
	(Ohmmeter)
Tanah rawa	30
Tanah liat dan tanah ladang	100
Pasir basah	200
Kerikil basah	500
Pasir dan kerikil kering	1000
Tanah berbatu	3000

(Sumber: PUIL 2000)

3) Pengaruh kelembaban, suhu, dan kandungan kimia

Konduksi listrik di tanah pada dasarnya bersifat elektrolit. Untuk alasan ini resistivitas sebagian besar tanah meningkat tiba-tiba ketika kadar air kurang dari 15% dari berat tanah. Pada penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati dkk pada semua titik pengukuran tahanan tanah ketika kondisi tanah kering nilai tahanan tanah lebih tinggi dibandingkan nilai tahanan tanah pada kondisi tanah basah, dan nilai tahanan pentanahan menunjukkan lapisan tanah semakin ke atas maka nilai tahanan tanah relatif bervariasi.[7]

D. Elektroda Pentanahan

1) Elektroda Pita

Elektroda pita adalah elektroda yang terbuat dari penghantar berbentuk pita atau berpenampang bulat, atau penghantar pilin yang secara umum ditanam secara dangkal [8].

2) Elektroda batang

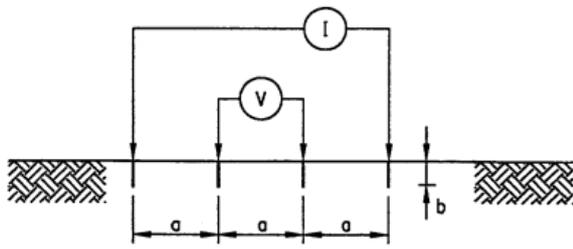
Elektroda batang merupakan elektroda dari pipa besi, baja profil, atau batang logam lainnya yang ditancapkan ke dalam tanah.

3) Elektroda pelat

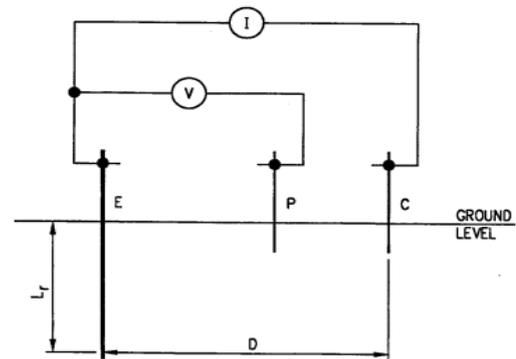
Elektrode pelat yaitu elektrode dari bahan logam utuh atau berlubang. Secara umum elektroda pelat ditanam secara dalam

E. Resistansi Jenis Tanah

Harga resistansi jenis tanah selalu berbeda sesuai dengan keadaan pada saat pengukuran. makin tinggi suhu semakin tinggi tahanan jenisnya, Sebaliknya makin lembab tanah itu makin rendah tahanan jenisnya [9]. Pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penentuan kedalaman batang elektroda juga dapat mempengaruhi nilai resistansi jenis tanah[10].



Gambar 2. Metode Wenner 4-pin
 (Sumber: IEEE Std 80-2000)



Gambar 3. Metode Tiga Titik
 (sumber: IEEE Std 80-2000)

F. Pengukuran Resistansi jenis tanah

Metode *wenner 4-pin*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 adalah teknik yang paling umum digunakan dalam pengukuran resistansi jenis tanah.

Dimana, empat probe ditancapkan kedalam tanah sepanjang garis lurus, pada jarak yang sama *a* saling terpisah, ditancapkan ke kedalaman *b*. tegangan antara dua elektroda dalam (potensial) kemudian diukur dan dibagi dengan arus antara dua elektroda luar (arus) untuk memberikan nilai resistansi *R* [11]. Dengan menggunakan metode *wenner 4-pin* maka nilai resistansi jenis tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\rho_a = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}} \quad (1)$$

Dimana,

- ρ_a = Resistivitas semu tanah dalam ($\Omega \cdot m$)
- R* = Resistansi yang diukur (Ω)
- a* = Jarak antara elektroda yang berdekatan (m)
- b* = Kedalaman elektroda (m)

jika *b* lebih kecil dibandingkan dengan *a*, yaitu dimana probe yang ditancapkan ke dalam tanah hanya pada jarak pendek, maka persamaan (1) dapat disederhanakan oleh karena itu resistansi jenis tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\rho_a = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R \quad (2)$$

Metode tiga titik (*three point method*) bertujuan untuk mengukur resistansi pentanahan. Misalkan tiga buah batang pentanahan di mana batang pertama yang resistansinya akan diukur dan batang-batang kedua dan ketiga sebagai batang pentanahan bantu yang juga belum diketahui resistansinya [12]. Dalam metode ini, kedalaman *L* dari batang penggerak yang terletak di dalam tanah yang akan diuji divariasikan. Nilai resistivitas semu dapat dihitung dengan persamaan:

$$\rho_a = \frac{2\pi L_r R}{\ln\left(\frac{8L_r}{d}\right) - 1} \quad (3)$$

Dimana,

- L_r = Panjang elektroda (m)
- d* = Diameter elektroda (m)

G. Resistansi Pembumian

Pembumian yang ideal harus memberikan nilai resistansi pembumian mendekati nol atau ≤ 1 ohm untuk gardu induk bertegangan tinggi [13]. resistansi pembumian merupakan parameter penting yang dipakai untuk mengukur apakah kondisi pembumian baik. Dengan memperhitungkan pengaruh dari kedalaman *grid* maka nilai resistansi pembumian dapat di hitung dengan menggunakan persamaan:

$$R_g = \rho \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{20/A}} \right) \right] \quad (4)$$

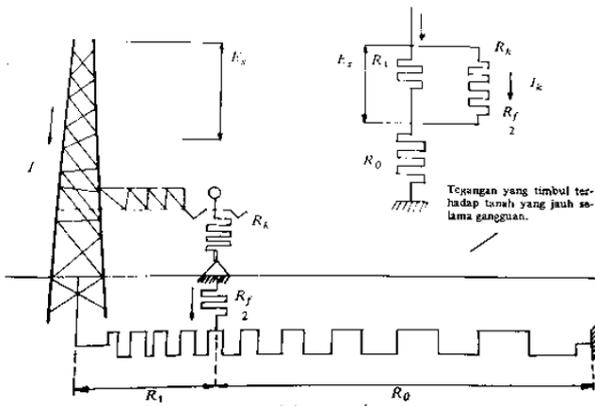
Dimana:

- R_g = Resistansi Pembumian (Ω)
- A* = Luas area pembumian (m^2)
- ρ = Tahanan jenis tanah ($\Omega \cdot m$)
- L_T = Total dari panjang konduktor yang tertanam (m)
- h* = kedalaman *grid* (m)

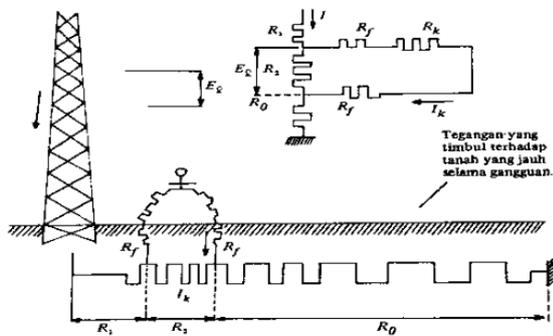
H. Tegangan Sentuh

Tubuh manusia menghadirkan sejumlah hambatan terhadap aliran arus listrik. Namun ini bukan nilai konstan. Itu tergantung pada faktor-faktor seperti berat badan dan cara terjadinya kontak dan bagian-bagian tubuh yang bersentuhan dengan bumi. [14]

Tegangan sentuh adalah beda potensial antara penghantar penyetanahan dengan titik pada permukaan tanah di sekitarnya (biasanya 1 m) [15].



Gambar 4. Tegangan Sentuh dan Rangkaian Penggantinya (Sumber: TS. Hutaaruk, 1999)



Gambar 5. Tegangan langkah dan rangkaian penggantinya (Sumber: TS. Hutaaruk, 1999)

Maka tegangan sentuh yang diizinkan untuk Orang dengan berat badan 50 kg dan 70 kg dapat di hitung dengan persamaan:

$$E_{Touch70} = (1000 + 1,5C_s \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \quad (5)$$

$$E_{Touch50} = (1000 + 1,5C_s \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} \quad (6)$$

Nilai C_s dapat ditentukan dengan persamaan:

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2h_s + 0,09} \quad (7)$$

$E_{touch50}$ = Batas tegangan sentuh yang diizinkan untuk berat badan 50 kg

$E_{touch70}$ = Batas tegangan sentuh yang diizinkan untuk berat badan 70 kg

C_s = Faktor reduksi nilai resistivitas permukaan tanah

TABEL 2.

TEGANGAN SENTUH YANG DIIZINKAN DAN LAMA GANGGUAN	
Lama Gangguan (s)	Tegangan Sentuh Yang Diizinkan (volt)
0,1	1980
0,2	1400
0,3	1140
0,4	990
0,5	890
1,0	626
2,0	443
3,0	362

(Sumber: PUIL 2000)

TABEL 3.

TEGANGAN LANGKAH YANG DIIZINKAN DAN LAMA GANGGUAN	
Lama Gangguan (s)	Tegangan Langkah Yang Diizinkan (volt)
0,1	7000
0,2	4950
0,3	4040
0,4	3500
0,5	3140
1,0	2216
2,0	1560
3,0	1280

(sumber: PUIL 2000)

- ρ = Resistansi jenis tanah dibawah grid ($\Omega.m$)
- ρ_s = Resistansi jenis tanah diatas grid ($\Omega.m$)
- t = Waktu gangguan tanah (s)
- h_s = Ketebalan lapisan (m)

I. Tegangan Langkah

Tegangan langkah adalah beda potensial antara 2 kaki orang di atas permukaan tanah (biasanya 1 m) pada saat arus gangguan mengalir dalam tanah di daerah itu.

Maka tegangan langkah yang diizinkan untuk Orang dengan berat badan 50 kg dan 70 kg dapat di hitung dengan persamaan:

$$E_{Step50} = (1000 + 6C_s \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} \quad (8)$$

$$E_{Step70} = (1000 + 6C_s \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \quad (9)$$

Dimana,

E_{step50} = Batas tegangan langkah yang diizinkan untuk berat badan 50 kg

E_{step70} = Batas tegangan langkah yang diizinkan untuk berat badan 70 kg

C_s = Faktor reduksi nilai resistivitas permukaan tanah

ρ_s = Tahanan jenis permukaan material (ohm-m)

t = Waktu gangguan tanah (s)

J. Tegangan Mesh

Tegangan mesh merupakan tegangan sentuh maksimum dalam jaring dari pentanahan *grid* yang mengalami gangguan.

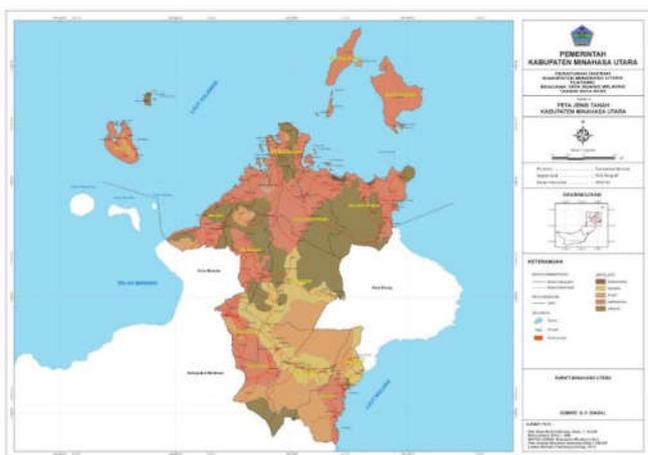
II. METODE

A. Prosedur Penelitian

- 1) Melakukan studi literatur yang berhubungan dengan penulisan tugas akhir ini.
- 2) Melakukan observasi lapangan, dengan melihat permasalahan yang terjadi di lapangan.
- 3) Melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing, dosen lain, teman mahasiswa, mengenai masalah yang berhubungan dengan penulisan tugas akhir ini.
- 4) Mengumpulkan data yang berkaitan dengan *grounding* Gardu Induk di PT. PLN Persero Gardu Induk Paniki yang berkapasitas 150 KV.
- 5) Melakukan pengolahan data yang diperoleh berdasarkan landasan teori dari studi literature.
- 6) Penarikan kesimpulan

B. Data Penelitian

Data-data yang didapatkan pada pada penelitian ini yaitu berupa peta tanah wilayah Minahasa Utara, data boring tanah, data pengukuran tahanan jenis tanah, dan data tahanan pentanahan Gardu Induk Paniki.



Gambar 6. Peta jenis tanah kabupaten Minahasa Utara
 (sumber: tataruangminut.blogspot.com)

TABEL 4

HASIL PENYELIDIKAN BOR PADA TITIK B1				
Kedalaman (m)	Profil	Jenis	Warna	Sifat
0.00		Lempung	cokelat	Kenyal
0.20				
0.40				
0.60		Kepasiran	Hitam	Lepas
0.80				
1.00				
1.20				
1.40				
1.60				
1.80				
2.00	Pasir berbatu	Hitam	Lepas	
2.20				
2.40				
2.60				
2.80				
3.00				

(Sumber: Lab. Mekanika tanah Fakultas Teknik Unsrat)

TABEL 5

HASIL PENYELIDIKAN BOR PADA TITIK B2				
Kedalaman (m)	Profil	Jenis	Warna	Sifat
0.00		Lempung berpasir	Cokelat kehitaman	Agak kenyal
0.20				
0.40		Kepasiran	Hitam	Lepas
0.60				
0.80				
1.00				
1.20				
1.40				
1.60				
1.80				
2.00				
2.20				

(Sumber: Lab. mekanika tanah Fakultas Teknik Unsrat)

TABEL 6

HASIL PENYELIDIKAN BOR PADA TITIK B3				
Kedalaman (m)	Profil	Jenis	Warna	Sifat
0.00		Lempung	cokelat	Agak Kenyal
0.20				
0.40		Kepasiran	Hitam	Lepas
0.60				
0.80				
1.00				
1.20				
1.40				
1.60				
1.80				
2.00				
2.20				
2.40				
2.60				

(Sumber: Lab. mekanika tanah Fakultas Teknik Unsrat)

TABEL 7
HASIL PENGUKURAN RESISTANSI TANAH

percobaan	Kedalaman (m)	Resistansi tanah(Ω)	
		Tanah Kering	Tanah Basah
I	1	24	16
II	1	25,5	17

TABEL 8
NILAI TAHANAN PENTANAHAN GARDU INDUK PANIKI

No.	Bay	Peralatan Gardu Induk	Resistansi (Ω)		
			R	S	T
1	Trafo	PMS		0,16	
		PMT	0,146	0,149	0,15
		PT		-	
		CT		0,2	
		LA	0,21	0,22	0,21
		PMS	0,163	0,16	0,166
2	Line 1	PMT		0,15	
		PT		0,50	
		CT		0,5	
		LA		0,8	
		PMS	0,157	0,107	0,154
3	Line 2	PMT		0,1	
		PT	0,50	0,40	0,50
		CT	0,5	0,4	0,4
		LA		0,8	
		PMS	0,15	0,107	0,154
		PMT		0,152	
4	Line 3	PT	0,4	0,4	0,51
		CT	0,5	0,5	0,52
		LA		0,8	
		PMS	0,15	0,1	0,14
		PMT		0,1	
		PT		0,5	
5	Line 4	CT		0,5	
		LA		0,81	

(Sumber: Gardu Induk PT. PLN (Persero) Paniki)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan *grounding* Gardu Induk Paniki dihitung dengan 2 macam, yaitu perhitungan dengan menggunakan nilai impedansi tanah pada kondisi tanah kering dan kondisi tanah yang basah.

A. Perhitungan *grounding* GI Paniki pada kondisi tanah Kering

1) Perhitungan tahanan jenis tanah

Berdasarkan hasil pengukuran tahanan tanah yang dilakukan dilokasi sekitar Gardu Induk paniki, maka nilai tahanan jenis tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

$$\rho_a = \frac{2 \times 3,14 \times 1 \times 24}{\ln\left(\frac{8 \times 1}{0,008}\right) - 1}$$

$$= 25,5\Omega$$

2) Perhitungan tegangan sentuh dan tegangan langkah

Untuk mencari hasil dari tegangan sentuh dan tegangan langkah, maka perlu untuk terlebih dahulu mencari faktor reduksi lapisan permukaan tanah (C_s) dengan menggunakan persamaan (7).

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

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \left(1 - \frac{25,5}{3000}\right)}{2 \times 0,1 + 0,09}$$

$$= 0,69$$

Nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah untuk berat badan 50 kg dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6) dan (8).

Untuk tegangan sentuh:

$$E_{\text{Touch}50} = (1000 + 1,5 \times 0,69 \times 3000) \frac{0,116}{\sqrt{0,5}}$$

$$= 673\text{Volt}$$

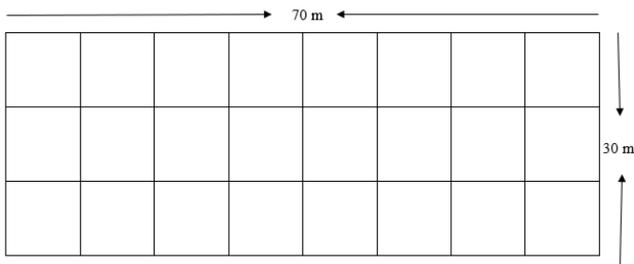
Untuk tegangan langkah:

$$E_{\text{Step}50} = (1000 + 6 \times 0,69 \times 3000) \frac{0,116}{\sqrt{0,5}}$$

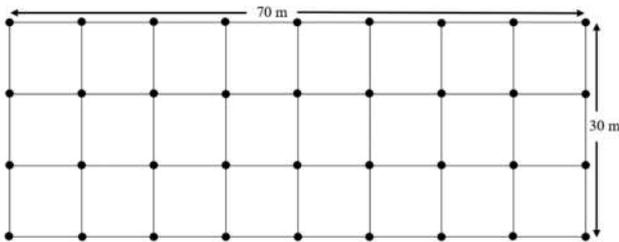
$$= 2201\text{Volt}$$

3) Tata letak *grid rod* GI Paniki 150 KV

Berdasarkan gambar tata letak *grid* (gambar 7) dapat di asumsikan $A = 70 \times 30 = 2.100 \text{ m}^2$ dengan jarak konduktor sama yaitu $D = 10$, kedalaman *grid* $h = 0,8$, panjang total konduktor $L_T = (9 \times 30) + (4 \times 70) = 550 \text{ m}$.



Gambar 7. Tata letak grid tanpa rod



Gambar 8. Tata letak grid dengan rod

4) Perhitungan Tahanan Grid

Dari hasil perhitungan $L_T = 550$ m dan $A = 2.100$ m², maka nilai Tahanan Grid dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4).

$$R_g = 25,5 \left[\frac{1}{550} + \frac{1}{\sqrt{20 \times 2100}} \left(1 + \frac{1}{1 + 0,8\sqrt{20/2100}} \right) \right]$$

$$= 0,22 \Omega$$

B. Perhitungan grounding GI Paniki pada kondisi tanah basah

Untuk perhitungan *grounding* GI Paniki pada kondisi tanah yang basah, dihitung dengan menggunakan persamaan seperti pada perhitungan kondisi tanah yang kering.

1) Perhitungan tahanan jenis tanah

Berdasarkan hasil pengukuran tahanan tanah pada kondisi tanah basah, maka perhitungan tahanan jenis tanahnya adalah sebagai berikut:

$$\rho_a = \frac{2 \times 3,14 \times 1 \times 16}{\ln \left(\frac{8 \times 1}{0,008} \right) - 1}$$

$$= 17 \Omega$$

2) Perhitungan tegangan sentuh dan tegangan langkah

Perhitungan nilai C_s dapat dihitung menggunakan persamaan (7) Seperti perhitungan sebelumnya namun dengan nilai ρ berbeda, perhitungannya Sebagai berikut:

TABEL 9

HASIL PERHITUNGAN

Indikator	Tanah Kering	Tanah Basah
Tahanan jenis tanah	25,5 Ω	17 Ω
Tegangan sentuh BB 50 kg	673 V	673 V
Tegangan langkah BB 50 kg	2201 V	2201 V
Tahanan grid	0,22 Ω	0,22 Ω

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \left(1 - \frac{17}{3000} \right)}{2 \times 0,1 + 0,09}$$

$$= 0,69$$

Karena nilai C_s yang diperoleh sama dengan nilai perhitungan sebelumnya (pada tanah kondisi kering), maka nilai dari tegangan sentuh dan tegangan langkah yang dihitung menggunakan persamaan (6) dan (8) didapatkan hasil yang sama juga yaitu nilai tegangan sentuh adalah $E_{Touch50} = 673$ V dan untuk nilai tegangan langkah adalah $E_{Step50} = 2201$ V.

3) Perhitungan tahanan grid

Untuk perhitungan tahanan *grid* digunakan persamaan yang sama seperti perhitungan sebelumnya dengan nilai $L_T = 550$ m dan $A = 2100$ m². Diperoleh hasil $R_g = 0,22 \Omega$.

C. Analisa struktur Tanah di Gardu Induk Paniki

Tanah pada daerah Gardu Induk Paniki berdasarkan peta jenis tanah (Gambar 6) merupakan jenis tanah latosol yang terbentuk dari pelapukan batuan sedimen. Jenis tanah latosol memiliki ciri-ciri yaitu tingkat kesuburan tanah tergolong sedang, sifat kimia pada tanah tidak baik, kekurangan akan unsur hara, serta rentan terhadap erosi.

Berdasarkan data boring tanah (Tabel 4, tabel 5 dan tabel 6) kondisi tanah di sekitar gardu induk Paniki memiliki warna tanah yang gelap. Dengan jenis tanah lempung yang mengandung pasir dan juga mengandung batu.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa nilai tahanan pentanahan (impedansi *grounding*) pada sistem pentanahan Gardu Induk Paniki memiliki nilai yaitu 0,1 Ω sampai 0,8 Ω . Dan untuk perhitungan tahanan *grid* didapatkan hasil 0,22 Ω . Dengan demikian nilai-nilai tersebut memenuhi syarat untuk pentanahan yang ideal yaitu $\leq 1 \Omega$. Sehingga Gardu Induk

Paniki masih aman untuk dioperasikan. Untuk nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah yang didapatkan lebih rendah dari batas kriteria dari tegangan sentuh dan tegangan langkah yang diizinkan yaitu 673 V dan 2201 V, dan nilai tahanan tanah dari hasil pengukuran yang dilakukan di sekitar gardu induk Paniki memiliki perbedaan. Dimana tahanan tanah pada kondisi tanah yang basah lebih rendah dari tanah yang kering, dikarenakan tanah yang basah tingkat kelembabannya lebih tinggi. struktur tanah memiliki kemampuan dalam meneruskan/menyerap air, yang dapat meningkatkan kelembaban tanah yang akan mempengaruhi tahanan pentanahan (impedansi *grounding*). Sehingga dengan melakukan modifikasi tanah akan membantu memperbaiki kondisi tanah untuk menurunkan nilai tahanan tanah.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan ini, kiranya dapat menjadi perhatian penting pada sistem *grounding* di gardu induk, untuk memperkecil nilai dari impedansi *grounding* menjadi sekecil mungkin. Dan rutin untuk melakukan perawatan serta pemeriksaan pada sistem *grounding* gardu induk, agar sistem tetap bekerja secara optimal.

V. KUTIPAN

- [1] M. Rajagukguk, “Studi Pengaruh Jenis Tanah dan Kedalaman Pembumian Driven Rod terhadap Resistansi Jenis Tanah,” vol. 8, pp. 121–132, 2012.
- [2] K. Ima Ismara and E. Prianto, *Keselamatan Dan Kesehatan Kerja di Bidang Kelistrikan (Electrical Safety)*. solo: Adimeka, 2006.
- [3] A. Riyanto and J. W. Simatupang, “Analisis Sistem Pentanahan Jaringan Gardu Induk 150 KV Pt Bekasi Power Cikarang,” vol. 4, no. 1, pp. 57–70, 2019.
- [4] Diktat PT. PLN (Persero). 2007. “Grounding System”. [E-book]. Penerbit: PT. PLN (Persero). Jakarta.
- [5] Z. Rong, J. He, and B. Zhang, *Methodology and Technology for Power System Grounding*. Singapore: John Wiley & Sons Pte. Ltd, 2013.
- [6] IEEE Substations Committee, *Standard 80-2000 Guide for Safety in AC substation grounding*, vol. 56. 2000.
- [7] R. F. Latiefa, I. Zakir, and M. Subekti, “Pengaruh Kelembaban Tanah Terhadap Tahanan Pentanahan Studi Kasus Pada Gardu Induk Kemayoran 150 kV,” vol. 3, no. 1, pp. 18–23, 2018.
- [8] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, “Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000),” vol. 2000, no. PUIL, 2000.
- [9] T. I. Rifa’i, Slamet Hani, and Mujiman, “Analisis Sistem Pentanahan Dengan Kontruksi Berbentuk Kisi-Kisi (Grid) Pada Switchyard Gardu Induk 150 KV

Bantu,” vol. 4, no. 2, pp. 73–79, 2017.

- [10] J. Arifin, “Pengukuran Nilai Grounding Terbaik Pada Kondisi Tanah Berbeda,” vol. 5, no. 1, pp. 40–47, 2021.
- [11] G. M. C. M. Agus Pranoto, Hans Tumaliang, “Analisa Sistem Pentanahan Gardu Induk Teling Dengan Konstruksi Grid (Kisi-Kisi),” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 3, pp. 189–198, 2018.
- [12] T. . Hutauruk, *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Perlatan*. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [13] I. Rois and I. M. Wartana, “Pentanahan Grid pada Gardu Induk Kapal Bali Berdasarkan IEEE 80-2000 untuk Meningkatkan Keamanan Sistem Pentanahan,” 2019.
- [14] G. Vijayaraghavan, M. Brown, and Malcolm Barnes, *Practical Grounding, Bonding, Shielding, and Surge Protection*, 1st ed. India: Elsevier, 2004.
- [15] A. Arismunandar, *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Gardu Induk*. Jakarta: Pradnya Paramita, 2004.



Penulis bernama **Hendrika Hendrik**, lahir pada tanggal 09 Juni 1999 di Pososlalongo kecamatan Banggai Tengah kabupaten Banggai Laut provinsi Sulawesi Tengah. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Hastian Hendrik (Ayah) dan Triponia Babe (Ibu). Pertama kali masuk pendidikan di SDN Pososlalongo Kec. Banggai Tengah Kab. Banggai Laut pada tahun 2005 dan tamat pada tahun 2011. Di tahun yang sama penulis melanjutkan ke SMP Katolik Maris Stella Sambuit Kec. Totikum Kab. Banggai Kepulauan dan tamat pada tahun 2014. setelah tamat SMP ditahun yang sama penulis melanjutkan kembali pendidikan ke SMA Katolik St. Ignatius Manado dan tamat pada tahun 2017. Kemudian Ditahun 2017 penulis melanjutkan pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro, dan mengambil konsentrasi minat tenaga listrik. Dan selama pendidikan penulis pernah melakukan kerja praktek selama 2 bulan di Gedung Kuliah Politeknik Negeri Manado.