

# PERENCANAAN SISTEM PEMBUMIAN *GRID-ROD* PADA GARDU INDUK 150 KV NEW SANUR

Dewa Made Rian Sanjaya<sup>1</sup>, Cok Gede Indra Partha<sup>2</sup>, I Gede Dyana Arjana<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: [ryansanjaya4@gmail.com](mailto:ryansanjaya4@gmail.com)<sup>1</sup>, [cokindra@unud.ac.id](mailto:cokindra@unud.ac.id)<sup>2</sup>, [dyanaarjana@unud.ac.id](mailto:dyanaarjana@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## Abstrak

Pada Gardu Induk terdapat berbagai peralatan listrik diantaranya transformator daya, pemutus tenaga, alat pengubah fasa, serta alat pelindung, untuk menjaga semua peralatan pada Gardu Induk dibutuhkan sistem pembumian. Untuk memperoleh sistem pembumian yang baik dalam perencanaan pembangunan Gardu Induk harus memperhatikan jenis tanahnya. Dalam penelitian ini ada beberapa metode sistem pembumian yang dianalisis, antara lain : sistem pembumian pelat, sistem pembumian *mesh* dan sistem pembumian *grid-rod*. Analisa ini bertujuan untuk mendapatkan desain sistem pembumian yang baik dengan nilai tahanan pembumian yang rendah. Dari hasil analisis dan perhitungan sistem pembumian pelat diperoleh nilai tahanan pembumian dengan menggunakan 34 lembar pelat sebesar 0,3555 Ohm. Sistem pembumian *mesh* diperoleh nilai tahanan pembumian sebesar 0,3447 Ohm dengan jarak  $D = 10$  meter maka untuk perencanaan sistem pembumian pembangunan Gardu Induk New Sanur yang akan dipergunakan sebagai acuan adalah sistem pembumian *grid-rod*, dengan panjang *grid* = 100 meter, dan lebar *grid* = 60 meter, maka desain optimalisasi yang diperoleh dari hasil analisis dan perhitungan adalah 0,3324 dengan menggunakan jarak antar konduktor *grid* = 10 meter dan jumlah *rod* = 32 Rod.

**Kata Kunci** : Pembumian Gardu Induk, Optimalisasi Pembumian, *Mesh*, *Grid-Rod*.

## Abstract

*At the substation there are several electrical equipment including power transformers, power breakers, phase change devices, and protective equipment, to keep all equipment in the substation a grounding system is needed. To obtain a good earth system in the planning of the substation must pay attention to the type of soil. In this study there are several methods of earthing system analyzed, including: plate earthing system, mesh earthing system and grid-rod earthing system. This analysis aims to obtain a good earthing system design with a low earth resistance value. From the results of analysis and calculation of the earth grounding system, the earth resistance value is obtained using 34 plates of 0.3555 Ohm. The Earth Mesh system obtained the value of the ground resistance of 0.3447 Ohm with a distance of  $D$  is 10 meters then for the planning of the ground-up systems construction of the New Sanur subsite that will be used as a reference is a grid-rod ground system, with The length of the grid is 100 meters, and the width of the grid is 60 meters, then the optimization design obtained from the results of analysis and calculation is 0,3324 using the distance between the conductor of the grid is 10 meters and the number of rod is 32 Rod.*

**Keywords** : Substation Grounding, Grounding optimization, *Mesh*, *Grid-Rod*.

## 1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan energi yang sangat bermanfaat untuk kehidupan manusia. Energi listrik menjadi salah satu kebutuhan manusia yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupan.

Salah satu upaya PT. PLN (Persero) untuk menjaga kontinuitas suplai tenaga listrik dan pelayanan kepada konsumen adalah dengan mendirikan Gardu Induk baru 150 kV New Sanur. Gardu Induk tersebut direncanakan berkapasitas sebesar 2 x 60 MVA.

Untuk memperoleh sistem pembumian yang baik dalam perencanaan pembangunan Gardu Induk harus memperhatikan jenis tanahnya. Tahanan pembumian yang umum digunakan pada peralatan Gardu Induk adalah sistem pembumian yang memiliki nilai tahanan yang lebih rendah dari standard < 1 Ohm [1]. Sistem pembumian pada gardu induk berfungsi untuk mengamankan personil dan peralatan-peralatan listrik.

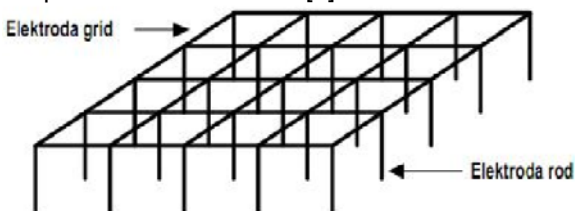
Pada gardu induk dengan desain yang umumnya digunakan adalah desain sistem pembumian *Grid-Rod* yang menggunakan konduktor grid yang ditanam sejajar dengan permukaan tanah pada kedalaman tertentu dan ditambahkan penanaman batang-batang pembumian secara vertical [2]. Maka dalam perencanaan sistem pembumian *Grid-Rod* pada gardu induk 150 kV New Sanur sistem pembumian yang akan dianalisis adalah Pelat, *Mesh* dan *Grid-Rod* dengan jenis tanah adalah tanah liat dan tanah ladang [3].

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui optimalisasi sistem pembumian *Grid-Rod* pada Gardu Induk 150 kV New Sanur.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Pembumian Grid Rod

Sistem pembumian *Grid-Rod* merupakan gabungan dari sistem pembumian *Mesh* yang diperpadukan dengan menambahkan jumlah batang *rod* pada titik-titik tertentu untuk memperoleh nilai tahanan pembumian yang lebih rendah. Gambar 2.1 adalah sistem pembumian *Grid-Rod* [1].



Gambar 2.1 Pembumian Sistem *Grid-Rod*

Untuk menghitung besarnya nilai tahanan pada sistem pembumian *Grid* dan *Rod* dapat dihitung dengan menggunakan rumus (1)

$$R_g = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} \quad (1)$$

Tahanan pembumian *grid* ( $R_1$ ) menggunakan rumus :

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi L_C} \left[ \ln \left( \frac{2L_C}{a'} \right) + \frac{K_1 x L_C}{\sqrt{A}} - K_2 \right] \quad (2)$$

Tahanan pembumian *rod* ( $R_2$ ) menggunakan rumus :

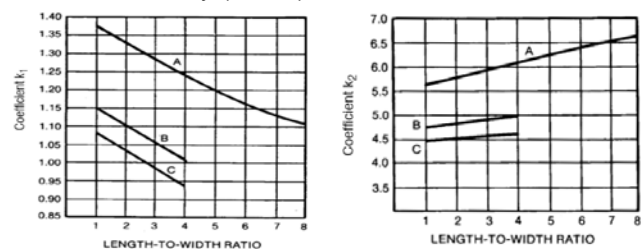
$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi n_r L_R} \left[ \ln \left( \frac{4L_R}{b} \right) - 1 + \frac{2K_1 x L_r}{\sqrt{A}} (\sqrt{n_r} - 1) \right]^2 \quad (3)$$

Dan untuk menghitung nilai dari ( $R_m$ ) menggunakan rumus :

$$R_m = \frac{\rho}{\pi L_C} \left[ \ln \left( \frac{2L_C}{L_r} \right) + \frac{K_1 x L_C}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right] \quad (4)$$

Dengan :

- $R_G$  : Tahanan *Grid-Rod* ( $\Omega$ )
- $\rho$  : Tahanan jenis tanahnya ( $\Omega$ -m)
- $A$  : Luas area sistem pembumian ( $m^2$ )
- $h$  : Kedalaman penanaman konduktor (m)
- $L_C$  : Panjang total konduktor *Mesh* (m)
- $L_r$  : Panjang batang konduktor *Rod* (m)
- $n_r$  : Jumlah konduktor batang *Rod*
- $L_R$  : Panjang total konduktor *Rod* (m)
- $a'$  :  $\sqrt{a \times 2h}$ , untuk konduktor yang ditanam pada kedalaman  $h$
- $a$  : Diameter pembumian *Mesh* (m)
- $b$  : Diameter konduktor pembumian *Rod* (m)
- $K_1$  : 0,10 dan  $K_2 = 4,5$  dengan nilai  $c$  maksimal, koefisien yang tergantung dari perbandingan panjang dan lebar
- $L_p$  : Panjang perifer konduktor *Mesh* pada tepi sistem pembumian (Meter)
- $L_x$  : Panjang maksimal konduktor *Mesh* pada sumbu x (Meter)
- $L_y$  : Panjang maksimal konduktor *Mesh* pada sumbu y (Meter)



Gambar 2.2 Grafik hubungan antara koefisien  $K_1$  dan  $K_2$  dengan perbandingan panjang dan lebar

## 2.2 Tahanan Jenis Tanah

Tahanan jenis tanah sangat menentukan tahanan pembumian dipengaruhi oleh komposisi tanah, temperatur, kandungan air (kelembaban), dan kandungan kimia dalam tanah. Untuk menurunkan nilai tahanan dan tahanan jenis tanah yang lebih kecil dilakukan dengan perlakuan kimia tanah (soil treatment) berupa penambahan zat aditif dan penambahan kedalaman penanaman elektroda. Oleh karena itu, tahanan jenis tanah bisa berbeda-beda dari satu tempat dengan tempat yang lain tergantung dari sifat-sifat yang dimilikinya. Sebagai pedoman dasar, tabel berikut ini berisikan tahanan jenis tanah yang ada di Indonesia [4].

Tabel 2.1 Tahanan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tahanan Jenis (Ohm-meter)
Rawa	30
Tanah liat	100
Pasir basah	200
Batu kerikil basah	500
Pasir dan batu kerikil kering	1000
Batu	3000

Sebelum ketahap selanjutnya, yang pertama dilakukan adalah mengetahui karakteristik sifat-sifat tanah dimana elektroda akan dipasang. Perlu diketahui bahwa sifat tanah ini bisa terjadi perubahan setiap musim. Apabila terjadi perubahan sifat tanah maka hal yang bisa dilakukan adalah menggunakan patokan kapan kondisi tahanan jenis pembumian tersebut pada kondisi yang tinggi. Hal ini bertujuan untuk mengantisipasi agar tahanan pembumian tetap memenuhi syarat pada musim kapan tahanan jenis pembumian tinggi.

### 2.3 Elektroda Pembumian

Elektroda berfungsi sebagai penghantar yang sengaja ditanam didalam tanah. Elektroda pembumian terdiri dari tiga macam, bentuk umum yang digunakan yaitu:

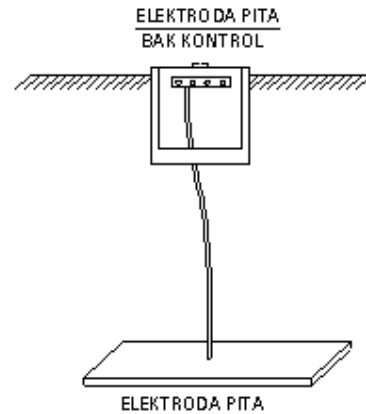
1. Elektroda pita
2. Elektroda pelat
3. Elektroda batang

Elektroda-elektroda ini digunakan secara tunggal atau multiple dan juga dapat digabungkan dari ketiga jenis elektroda tersebut.

#### 2.3.1 Elektroda Pita

Elektroda jenis ini terbuat dari bahan metal berbentuk pita atau juga kawat BBC yang di tanam di dalam tanah secara horisontal sedalam ± 2 feet. Elektroda pita ini bisa dipasang pada struktur tanah yang mempunyai tahanan jenis rendah pada permukaan dan pada daerah yang tidak mengalami kekeringan. Hal ini cocok untuk daerah-daerah pegunungan dimana

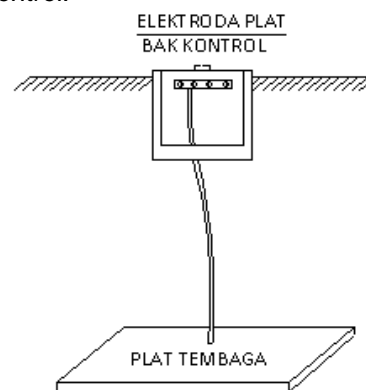
harga tahanan jenis tanah makin tinggi dengan kedalaman.



Gambar 2.3 Jenis Elektroda Pita

#### 2.3.2 Elektroda Pelat

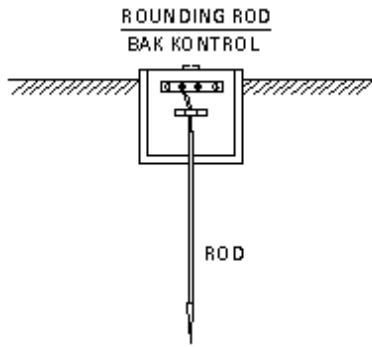
Bentuk elektroda pelat biasanya empat persegi panjang yang terbuat dari tembaga, timah atau pelat baja yang ditanam didalam tanah. Elektroda ini terbuat dari bahan pelat logam atau dari kawat kasa, elektroda ini dipasang vertikal pada kedalaman minimal 0,5 meter dari dasar tanah. Pada sistem *grounding* pelat tembaga digunakan sebagai elektroda yang dihubungkan dengan kabel *bak control*.



Gambar 2.4 Jenis Elektroda Pelat

#### 2.3.3 Elektroda Batang

Elektroda Batang (*ground rod*) atau pasak ialah elektroda yang terbuat menggunakan besi baja atau pipa logam yang ditanam secara vertikal di dalam tanah. Pemasangan elektroda dilakukan dengan cara dimasukkan vertical kedalam tanah dan panjangnya disesuaikan dengan tahanan pembumian yang diperlukan.



Gambar 2.5 Jenis Elektroda Batang

## 2.4 Arus Gangguan Ketenah

Pada sistem-sistem yang diketanahkan tanpa impedansi, apabila bila terjadi gangguan hubung tanah dapat mengakibatkan terganggunya saluran. Cara yang digunakan untuk mengatasi gangguan pada sistem ini adalah dengan cara membuka pemutus tenaga guna mengisolasi gangguan yang terjadi. Bila tegangan seimbang dan kapasitansi fasa ketanah seimbang, maka arus kapasitansi ketanah juga seimbang dan berbeda 120° satu sama lain.

Bila terjadi gangguan, baik gangguan pada fasa maka tegangan fasa yang mengalami gangguan akan mendekati nol sedangkan pada fasa yang tidak terganggu, besar tegangan akan lebih kecil dari pada saat fasa tersebut dalam keadaan normal.

### 1. Gangguan satu fasa ketanah

Rumus arus gangguan 1 fasa ketanah sebagai berikut :

$$If1\phi - G = \left[ \frac{V_f}{Z^{(0)} + Z^{(1)} + Z^{(2)}} \right] \quad (5)$$

### 2. Gangguan dua fasa ketanah

Rumus arus gangguan 2 fasa ketanah sebagai berikut :

$$If2\phi - G = \left[ \frac{V_f}{Z^{(1)} + \frac{Z^{(2)}Z^{(0)}}{Z^{(2)} + Z^{(0)}}} \right] \quad (6)$$

### 3. Gangguan tiga fasa ketanah

Rumus gangguan 3 fasa ketanah sebagai berikut :

$$If3\phi = I_a = I_b = I_c = \left[ \frac{V_f}{Z^{(1)}} \right] \quad (7)$$

Dengan :

- $I_f$  = Arus gangguan (Ampere)
- $V_f$  = Tegangan rms ketanah (Volt)
- $I_a I_b I_c$  = Arus pada fasa a, b dan c (Ampere)
- $Z^{(1)}$  = Impedansi positif (Ohm)
- $Z^{(2)}$  = Impedansi negatif (Ohm)

$Z^{(0)}$  = Impedansi nol (Ohm)

## 2.5 Ukuran Konduktor

Ukuran konduktor yang akan dipergunakan sebagai konduktor pada sistem pembumian haruslah lebih besar dari hasil perhitungan yang telah didapatkan, sehingga digunakan sebagai penghantar tembaga dan aluminium, hal ini perlu dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya arus gangguan yang lebih besar. Maka luas penampang konduktor minimum pembumian dapat dihitung dengan rumus berikut :

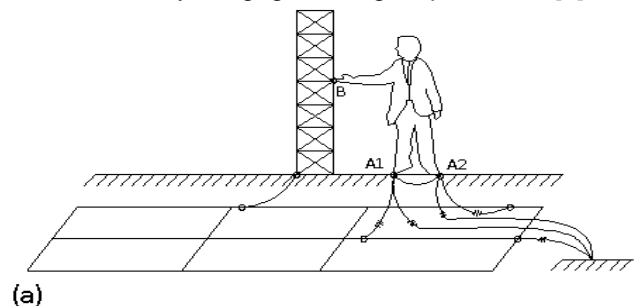
$$A_{mm}^2 = \frac{I_f}{\sqrt{\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{ts \cdot ar \cdot pr} \times \ln \frac{K_o + T_m}{K_o + T_a}}} \quad (8)$$

Dengan :

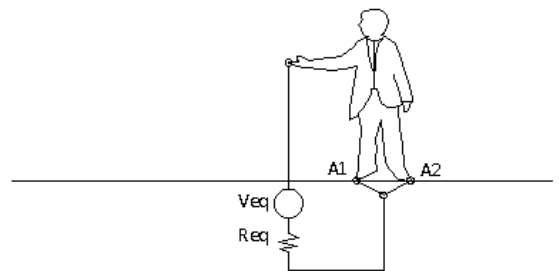
- A = Penampang konduktor (mm<sup>2</sup>)
- TCAP = Faktor kapasitansi panas konduktor (J/cm<sup>3</sup>/°C)
- ts = Lama gangguan (detik)
- T<sub>m</sub> = Suhu maksimum konduktorm (°C)
- T<sub>a</sub> = Suhu tanah sekitar (°C)
- K<sub>o</sub> = Konstanta (1/ar). Tr (°C)
- I<sub>g</sub> = Arus gangguan maksimum (A)
- ar = Koefisien panas resistivitas (°C)
- pr = Resistivitas konduktor pentanahan (Ω/cm)

## 2.6 Tegangan Sentuh

Tegangan sentuh adalah tegangan yang terjadi antara dua permukaan konduksi, yang dapat dipicu oleh sentuhan manusia. Tegangan sentuh yang tinggi dapat disebabkan adanya kegagalan bagian peralatan. [5].



(a)



(b)

Gambar 2.6 Tegangan Sentuh Yang Terjadi Apabila Seseorang Menyentuh Peralatan Yang Ditanahkan

Dengan :

A1 = Kontak kaki yang pertama dari seseorang pada area pentanahan  
 A2 = Kontak kaki yang kedua dari seseorang pada area pentanahan  
 B = Kontak tangan seseorang dengan peralatan yang ditanahkan  
 $V_{eq}$  = Tegangan ekivalen yang timbul pada tubuh manusia  
 $r_{eq}$  = Tahanan pengganti antar A1, A2 dengan *ground*

Besarnya tegangan sentuh dapat dirumuskan menjadi (Hutauruk, 1986) :

$$E_s = [ 1000 + 1,5 C_s (hs, k) \rho_s ] \frac{0,157}{\sqrt{ts}} \quad (9)$$

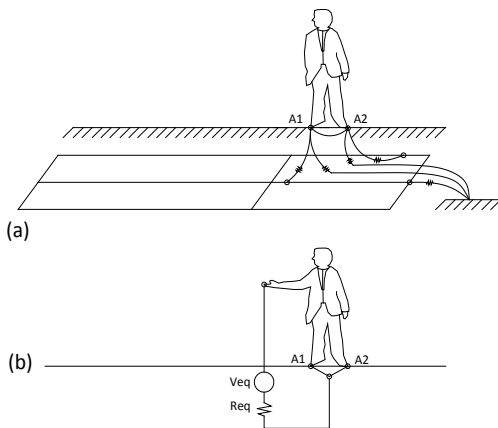
Besarnya nilai dari faktor reduksi ( $C_s$ ) tergantung dari nilai K dan ketinggian dari referensi ketebalan permukaan tanah (hs).

Dengan :

$E_s$  = Tegangan sentuh yang diijinkan (Volt)  
 1000 = Tahanan badan orang (1000 Ohm)  
 $C_s (hs, k)$  = Bernilai 1 jika berada pada permukaan tanah  
 $\rho_s$  = Tahanan jenis tanah pada permukaan krikil (Ohm-meter)  
 $t_s$  = Lamanya gangguan (*second*)  
 0,157 = Konstanta tubuh manusia pada berat badan 70 kg  
 1,5 = Tahanan paralel dari dua kaki.

### 2.7 Tegangan Langkah

Tegangan langkah ialah tegangan yang terjadi akibat adanya beda potensial antara permukaan tanah pada dua titik yang berjarak satu meter yang dialami pada seseorang yang menghubungkan kedua titik tersebut dengan kedua kakinya [5].



Gambar 2.7 Besarnya Tegangan Langkah Yang Terjadi Apabila Seseorang Melangkah Pada Area Grid Yang Ditanahkan.

Dengan :

A1 = Kontak kaki yang pertama dari seseorang pada areal pentanahan  
 A2 = Kontak kaki yang kedua dari seseorang pada areal pentanahan  
 $V_{eq}$  = Tegangan ekivalen yang timbul pada tubuh manusia  
 $r_{eq}$  = Tahanan pengganti antara A1, A2 dengan *ground*.

Besarnya tegangan langkah antar dua titik dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$E_\ell = [ 1000 + 6 C_s (hs, K) \rho_s ] \frac{0,157}{\sqrt{ts}} \quad (10)$$

Dengan :

$E_\ell$  = Tegangan langkah yang diijinkan (volt)  
 1000 = Tahanan badan orang (1000 ohm)  
 $C_s (hs, K)$  = Bernilai 1 jika berada pada permukaan tanah.  
 $\rho_s$  = Tahanan jenis tanah pada permukaan krikil (Ohm-meter)  
 $t_s$  = Lamanya gangguan (*second*)  
 0,157 = Konstanta tubuh manusia pada berat badan 70 kg  
 6 = Tahanan seri dari dua kaki

### 3. METODELOGI PENELITIAN

Penelitian terkait penulisan usulan skripsi ini dilakukan di Padang Galak yang dimulai pada bulan Agustus 2017. Data yang dipergunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan cara melakukan pengukuran secara langsung dilokasi rencana pembangunan Gardu Induk 150 kV New Sanur. Sedangkan data sekunder diperoleh dari sumber berikut :

1. SKDIR No. 0520-2.K, 2014 (Buku Pedoman Pemeliharaan Serandang Dan Pentanahan Gardu Induk).
2. IEEE, Standard 80-2000 *Guide for Safety in AC Substation Grounding*.
3. Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011.
4. Data Impedansi Penghantar Sistem Bali.

Data hasil pengukuran dianalisis secara deskriptif dan dihitung berdasarkan rumus yang ada. Dari hasil perhitungan akan dapat direncanakan sistem pembumian yang sesuai dengan Gardu Induk yang akan dibangun sebagai berikut :

1. Mengumpulkan dan menghitung data pengukuran tahanan jenis tanah dilokasi rencana pembangunan GI 150 kV New Sanur sesuai dengan katalog alat ukur (Elohm Z (42/35-86-2XP)  $\rho = 2 \pi . a . R$ ).
2. Optimalisasi menggunakan metode *Excel* untuk menghitung jenis sistem pembumian sebagai berikut :

- a. Sistem pembumian Pelat
  - b. Sistem pembumian *Mesh*
  - c. Sistem pembumian *Grid-Rod*
3. Menghitung arus gangguan ketanah
  4. Menghitung luas penampang konduktor pembumian
  5. Perhitungan Tegangan Sentuh.
  6. Perhitungan Tegangan Langkah.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Hasil Pengukuran Tahanan Jenis Tanah

Hasil pengukuran dilapangan pada hari Kamis, 30 Agustus 2018 sampai hari Senin, 5 September 2018 pada lokasi rencana pembangunan Gardu Induk New Sanur, dilakukan beberapa kali pengukuran dan diperoleh data-data dari hasil pengukuran seperti Tabel 1. Berikut :

**Tabel 1** Hasil Pengukuran Tahanan Jenis Tanah di Lokasi Gardu Induk New Sanur

No	Hari/Tanggal	Pukul (WITA)	Tahanan Tanah (R)	Tahanan JenisTanah (Ohm-m)
1.	Kamis, 30-8-2018	09.00	0,39	48,984
2.	Kamis, 30-8-2018	16.00	0,29	36,424
3.	Jumat, 31-8-2018	09.00	0,40	50,24
4.	Jumat, 31-8-2018	16.00	0,31	38,936
5.	Sabtu, 1-9-2018	09.00	0,32	40,192
6.	Sabtu, 1-9-2018	16.00	0,30	37,68
7.	Minggu, 2-9-2018	09.00	0,36	45,216
8.	Minggu, 2-9-2018	16.00	0,33	41,448
9.	Senin, 3-9-2018	09.00	0,37	46,472
10.	Senin, 3-9-2018	16.00	0,30	37,68

Pada perencanaan sistem pembumian di Gardu Induk 150 kV New jarak lebar trafo dengan *lighting arrester* adalah 10 meter, jarak areal kosong 10 meter dan jarak antara peralatan yang lain disesuaikan dengan jarak dilapangan. Panjang dan lebar total area yang dibutuhkan untuk perencanaan sistem pembumian adalah 100 meter dan 60 meter, untuk itu akan direncanakan jarak antar konduktor paralel (*D*) dalam rencana sistem pembumian dengan jarak 7 m, 9 m, 10 m, 11 m, dan 13 m, agar dapat menyesuaikan jarak antar peralatan yang ada di Gardu Induk 150 kV [3].

##### 4.2 Hasil Perhitungan Tahanan Pembumian Sistem *Grid-Rod*

Untuk memperoleh nilai tahanan pembumian dengan jarak antar konduktor yang berbeda-beda dan dengan jumlah *rod* yang berbeda pula dapat dihitung hasilnya pada Tabel 2. Berikut :

**Tabel 2** Nilai Tahanan Pembumian Sistem *Grid-Rod*

Jarak Konduktor Mesh (m)	Total Panjang Konduktor Mesh (m)	Hasil Perhitungan Mesh (Ohm)	Jumlah Rod Terpakai	Total Panjang Konduktor Grid-Rod (R <sub>c</sub> )	Hasil Perhitungan Grid-Rod (Ohm)
7	930	0,3226	46	1,068	0,3137
9	730	0,3374	35	838	0,3261
10	660	0,3447	32	756	0,3324
11	590	0,3538	28	674	0,3402
13	530	0,3634	24	605	0,3485

Dari hasil analisis dan perhitungan diatas, diperoleh nilai tahanan pembumian *grid-rod* adalah sebesar 0,3324 Ohm (dengan *D* = 10 meter, *n<sub>r</sub>*= 32) dan sudah memenuhi standar < 1 Ohm.

##### 4.3 Arus Gangguan Ketanah

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis arus gangguan hubung singkat diatas dengan menggunakan data-data yang sudah didapatkan dari PT.PLN (Persero) TJBTB APP Bali dapat diketahui besarnya nilai arus hubung singkat yang terhitung sudah sesuai dengan ditunjukkannya arus hubung singkat paling besar adalah arus hubung singkat 3 fasa ketanah. Dalam perencanaan sistem pembumian peralatan di GI 150 kV New Sanur menurut [1] besarnya nilai arus hubung singkat yang digunakan sebagai acuan untuk merencanakan sistem pembumian adalah arus hubung singkat 3 fasa ketanah sebesar 30.101,68241 Ampere atau sebesar 30,1016 kA.

##### 4.4 Perhitungan Luas Penampang Konduktor Pembumian

Ukuran diameter konduktor yang akan dipergunakan harus lebih besar dari yang didapatkan, agar dapat mengantisipasi terjadinya arus gangguan yang lebih besar. Pada perencanaan sistem pembumian ini menggunakan konduktor jenis (BC) *Bare Copper Conductor Soft*

$$A_{mm}^2 = \frac{30,1016}{\sqrt{\frac{3,42 \cdot 10^{-4}}{1,0,0,00393 \cdot 1,72} \times \ln \frac{234 + 1083}{234 + 34}}}$$

$$A_{mm}^2 = \frac{30,1016}{0,2835}$$

$$A_{mm}^2 = 106,1784 \text{ mm}^2$$

Untuk memudahkan perencanaan sistem pembumian, ukuran diameter konduktor disesuaikan dengan yang ada dipasaran, hasil perhitungan luas penampang konduktor yang didapatkan adalah (*A<sub>k</sub>*) 120 mm<sup>2</sup> dan ukuran diameter konduktor (*d*) sebesar 14,00 mm.

#### 4.5 Perhitungan Tegangan Sentuh Yang Diiijinkan

Untuk data perhitungan tegangan sentuh yang diperbolehkan pada permukaan tanah dengan mengacu pada Tabel 3. Berikut :

Tabel 3 Hasil Perhitungan Tegangan Sentuh Yang Diiijinkan

Lamanya Gangguan t (detik)	Tegangan Sentuh Yang Diiijinkan (Volt)	Tegangan Sentuh Hasil Perhitungan (Volt)
0,1	1.980	495,63
0,2	1.400	350,38
0,3	1.140	286,32
0,4	990	247,81
0,5	890	221,52
1	626	156,62
2	443	110,76
3	362	90,42

Besar nilai tegangan sentuh maksimum yang diperoleh sebesar 156,62 Volt (untuk t = 1 s) dan lebih rendah dari standard yang diijinkan sebesar 626 Volt.

#### 4.6 Perhitungan Tegangan Langkah Yang Diiijinkan

Untuk data perhitungan tegangan langkah yang diperbolehkan pada permukaan tanah dengan mengacu pada Tabel 4. Berikut :

Tabel 4 Hasil Perhitungan Besar Tegangan Langkah Yang Diiijinkan

Lamanya Gangguan t (detik)	Tegangan Langkah Yang diijinkan (Volt)	Tegangan Langkah Hasil Perhitungan Untuk GI New Sanur Yang Diiijinkan (Volt)
0,1	7.000	319,24
0,2	4.950	225,68
0,3	4.040	184,42
0,4	3.500	159,62
0,5	3.140	142,68
1	2.216	100,88
2	1.560	71,34
3	1.280	58,24

Besar nilai tegangan langkah yang maksimum diperoleh sebesar 100,88 Volt (untuk t = 1 s) dan lebih rendah dari standard yang diijinkan sebesar 2.216 Volt.

### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan lokasi perencanaan pembangunan Gardu Induk New Sanur berada pada jenis tanah liat, dimana untuk jenis tanah liat memiliki nilai tahanan pembumian yang sudah cukup baik. Untuk memperoleh nilai tahanan pembumian yang sesuai dengan standard keamanan untuk Gardu Induk adalah < 1 Ohm. Pada

perencanaan sistem pembumian pembangunan Gardu Induk New Sanur yang akan digunakan sebagai acuan adalah sistem pembumian *grid-rod*, dengan panjang *grid* = 100 meter, dan lebar *grid* = 60 meter, optimisasi yang diperoleh dari hasil analisis dan perhitungan adalah dengan menggunakan jarak antar konduktor *grid* = 10 meter dan jumlah *rod* = 32, untuk ukuran diameter konduktor yang digunakan 120mm<sup>2</sup> dengan tipe konduktor (BC) *Bare Copper Conductor Soft* (BC-1/2H), kedalaman penanaman konduktor 3 meter dari atas permukaan tanah, diameter elektroda rod sebesar 0,012 meter, panjang elektroda rod sebesar 3 meter dan total panjang konduktor sebesar 660 meter, maka diperoleh nilai tahanan pembumian 0,3324 Ohm dan sudah memenuhi standard yang diijinkan < 1 Ohm. Nilai tegangan sentuh maksimum diperoleh 156,62 Volt (untuk t = 1 s) dan sudah memenuhi standard yang diijinkan < 626 Volt. Nilai tegangan langkah maksimum diperoleh 100,88 Volt (untuk t = 1 s) dan sudah memenuhi standard yang diijinkan < 2.216 Volt.

#### REFERENSI

- [1] IEEE Standard. "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding." New York : 80-2000.
- [2] AndiSyofian, Dkk. "Sistem Pentanahan Grid Pada Gardu Induk PLTU Teluk Sirih." Jurnal Momentum Vol. 14 No. ISSN : 1693-752X, 2013.
- [3] Kusuma MA, "Studi Analisis Perencanaan Sistem Pentanahan Gardu Induk (GI) Bandara Ngurah Rai." Tugas Akhir. 2013.
- [4] "Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000)." Jakarta. 2000.
- [5] Hutauruk, T, S. "Pengetanahan Netral dengan Sistem Tenaga dari Pengetanahan Peralatan" Jakarta : Erlangga. 1987.