

# ANALISIS DAN DESAIN SISTEM PEMBUMIAN GARDU DISTRIBUSI PADA LAHAN SEMPIT DI TANAH BERBATU

I W. A. Premei Artha<sup>1</sup>, I G.N. Janardana<sup>2</sup>, I W. Arta Wijaya<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali

email: [aguspremei@gmail.com](mailto:aguspremei@gmail.com)<sup>1</sup>, [janardana@unud.ac.id](mailto:janardana@unud.ac.id)<sup>2</sup>, [artawijaya@ee.unud.ac.id](mailto:artawijaya@ee.unud.ac.id)<sup>3</sup>

## Abstrak

Gangguan sistem pembumian disebabkan oleh arus gangguan yang dialirkan ke tanah menimbulkan perbedaan tegangan pada permukaan tanah karena adanya tahanan tanah yang tinggi. Pada tanah berbatu dengan tahanan jenis tanah yang melebihi 200  $\Omega$ -meter sangat sulit untuk menentukan sistem pembumian yang sesuai. Tujuan dilakukan penelitian ini menganalisis desain sistem pembumian yang sesuai pada lahan sempit di tanah berbatu yang akan digunakan sebagai acuan untuk memilih sistem pembumian di Penyulang Kampus Unud Bukit Jimbaran. Metode yang digunakan yaitu dengan melakukan pengukuran pada tanah berbatu kemudian mengukur dan menentukan desain pembumian yang tepat untuk digunakan. Hasil optimal yang didapat untuk sistem pembumian pada lahan sempit di tanah berbatu adalah sistem pembumian *grid* karena menghasilkan nilai tahanan pembumian yang paling rendah dalam kondisi tanah kering dan kondisi tanah basah yaitu 0,6269 ohm pada tanah kering dan 0,4314 ohm pada tanah basah yang sudah memenuhi standar menurut IEEE std 80-2013 yaitu <1 ohm dengan jumlah rod 16x16 batang pada luas area 4 m<sup>2</sup>.

**Kata Kunci** :Sistem Pembumian. *Mesh*, *Grid*, Pelat

## Abstract

*A disturbance in the grounding system is caused by a disturbance current which is flowed to the ground which will cause a difference in tension on the ground surface due to high ground resistance. On rocky soils with ground resistance in excess of 200  $\Omega$ -meters it is very difficult to determine a suitable grounding system. The purpose of this research is to analyze the design of an appropriate earthing system on narrow land on rocky ground which will be used as a reference for selecting the grounding system at at Kampus Unud Jimbaran feeders. The method used is to take measurements on rocky soil then measure and determine the proper earthing design to use. The optimal results obtained for the grounding system on narrow land on rocky soil is a grid grounding system because it produces the lowest earthing resistance value in dry soil conditions and wet soil conditions, namely 0.6269 ohms on dry soil and 0.4314 ohms on wet soil.*

has met the standard according to IEEE std 80-2013, which is  $<1$  ohm with 16x16 rods in an area of 4 m<sup>2</sup>.

**Keywords:** Grounding System, Mesh, Grid, Plates

<sup>1</sup>Status penulis, Nama Institusi dari Penulis Pertama, Alamat beserta kota, Kode Pos: 0361-555225; fax: 0361-4321982; e-mail: penulis1@institusi.ac.ao)

<sup>2, 3</sup>Status penulis, Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Jalan Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA (tel: 0361-703315; fax: 0361-4321; e-mail: penulis2@unud.ac.id)

## I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan kebutuhan listrik semakin mengalami peningkatan, maka diperlukan keamanan dan keandalan sistem distribusi tenaga listrik yang memadai. Gardu distribusi merupakan komponen yang berkaitan dengan distribusi listrik kepada pelanggan. Gardu distribusi dapat mengalami gangguan salah satunya yaitu gangguan arus yang dialirkan ke tanah. Gangguan arus ke tanah dapat menimbulkan tegangan pada peralatan dan gradient tegangan pada permukaan tanah. Arus yang tidak tersalurkan dengan baik dapat membahayakan peralatan dan manusia yang ada di sekitarnya.

Gangguan arus lebih dapat diantisipasi dengan memperbaiki sistem pembumian yang digunakan. Namun pada daerah yang padat penduduk dan kondisi tanah yang berbatu dengan tahanan jenis tanah yang melebihi 200  $\Omega$ -meter sangat sulit untuk memasang sistem pembumian yang bagus, sedangkan sistem pembumian yang cocok untuk daerah tanah yang berbatu adalah sistem pembumian *grid*, *mesh* dan pelat. [1] Sistem pembumian *grid*, *mesh* dan pelat memerlukan luas lahan yang cukup luas tetapi di area yang padat penduduk area yang dapat digunakan sangat sempit. Pada gardu distribusi PLN hanya memiliki area maksimal 20 m<sup>2</sup>, sehingga dibutuhkan sistem pembumian *grid*, *mesh* dan pelat

yang dapat diletakkan pada lahan yang sempit misalnya pada penyulang Kampus Unud terdapat 13 gardu distribusi yang lahannya sangat sempit. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan di tanah berbatu dengan kondisi kering menggunakan sistem pembumian satu batang elektroda didapatkan hasil sebesar 1,66 ohm namun belum optimal karena melebihi standar  $<1$  ohm. [2]

Berdasarkan dari permasalahan tersebut, maka dilakukan analisis dan desain sistem pembumian gardu distribusi pada lahan sempit di tanah yang berbatu untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan standar acuan IEEE std 80-2013 yaitu  $<1$  ohm agar mendapatkan hasil perancangan gardu distribusi yang aman. [3]

## II. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Distribusi

Sistem distribusi berkaitan dengan sistem penyaluran tenaga listrik dari sumber daya listrik sampai ke konsumen. [4]

### 2.2 Gardu Distribusi

Gardu distribusi terdiri dari komponen sistem distribusi yang dipergunakan untuk menghubungkan jaringan distribusi listrik menuju ke pelanggan. [5]

### 2.3 Pembumian Peralatan

Pembumian peralatan digunakan untuk menghubungkan peralatan listrik dengan tanah. Sistem pembumian pada gardu distribusi biasanya menggunakan rod yaitu dengan menanamkan batang elektroda ke dalam tanah. Selain menggunakan menggunakan rod dapat digunakan sistem pembumian *mesh*, *grid* dan pelat [6].

### 2.4 Karakteristik Tanah Berbatu

Karakteristik tanah berkaitan dengan perencanaan sistem pembumian yang akan

digunakan. Penentuan karakteristik dari tanah yang akan digunakan akan mempengaruhi nilai dari tahanan pembumian. Tanah berbatu kapur memiliki karakteristik yakni termasuk jenis tanah yang memiliki sedikit unsur hara. Tanah berbatu kapur biasanya berwarna putih dengan tingkat kekerasan yang tinggi. [7]

### 2.5 Sistem Pembumian

Pengamanan peralatan listrik dapat dilakukan dengan cara menambahkan sistem pembumian. Sistem pembumian dipasang untuk mengalirkan arus petir ke tanah, sehingga sistem dan manusia di sekitarnya terhindar dari sambaran petir. [8]

### 2.6 Tahanan Jenis tanah

Sistem pembumian dipengaruhi oleh tahanan jenis tanah yang dihasilkan pada area sistem pembumian. Tahanan jenis tanah merupakan tahanan listrik dari tahanan tanah yang berbentuk kubus dengan volume 1 meter kubik. [9]

Perhitungan nilai tahanan jenis tanah:

$$\rho = 2\pi aR \quad (1)$$

Dimana:

$\rho$  = Tahanan jenis tanah ( $\Omega$ )

$a$  = Jarak penanaman antar elektroda (m)

$R$  = Tahanan tanah ( $\Omega$ )

### 2.7 Sistem Pembumian Mesh

Sistem *mesh* terdiri dari konduktor yang ditanamkan kedalam tanah dengan membentuk jaring-jaring dengan menggunakan elektroda. [6]

Perhitungan sistem *mesh*

$$R_m = \rho \left[ \frac{1}{L_c} + \frac{1}{\sqrt{2A}} \left( 1 + \frac{1}{1+h\sqrt{\frac{2}{A}}} \right) \right] \quad (2)$$

Dimana:

$R_m$  = Tahanan pembumian *Mesh* ( $\Omega$ )

$\rho$  = Tahanan jenis tanah ( $\Omega$ -meter)

$A$  = Luas area sistem *mesh* ( $m^2$ )

$h$  = Kedalaman penanaman sistem *mesh* dari permukaan tanah (m)

$L_c$  = Total panjang konduktor (m)

### 2.8 Sistem Pembumian Grid

Sistem *grid* merupakan perpaduan antara sistem *mesh* dan rod yang saling terhubung satu sama lain. [10]

Perhitungan nilai  $R_1$ :

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi L_c} \left[ L_n \left( \frac{2L_c}{a^r} \right) + \frac{K_1 L_c}{\sqrt{A}} - K_2 \right] \quad (3)$$

Perhitungan nilai  $R_2$ :

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

Perhitungan nilai  $R_{mesh}$ :

$$R_m = \frac{\rho}{\pi L_c} \left[ L_n \left( \frac{2L_c}{L_r} \right) + \frac{K_1 L_c}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right] \quad (5)$$

Perhitungan nilai  $R_G$ :

$$R_G = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} \quad (6)$$

Dimana:

$R_G$  = Tahanan pembumian *Grid-Rod* ( $\Omega$ )

$\rho$  = Tahanan jenis tanah ( $\Omega$ -meter)

$A$  = Luas area pembumian ( $m^2$ )

$h$  = Kedalaman penanaman sistem pembumian dari permukaan tanah (m)

$L_c$  = Total panjang konduktor *mesh* (m)

$L_r$  = Panjang elektroda *rod* (m)

$n_r$  = Jumlah elektroda *rod*

$L_R$  = Total panjang elektroda *rod* (m)

$a^r = \sqrt{a \cdot 2h}$  Konduktor yang ditanam pada kedalaman  $h$

$a$  = Diameter konduktor *mesh* (m)

$b$  = Diameter konduktor *rod* (m)

$K_1 = 0,01$  dan  $K_2 = 4,5$  dengan nilai  $c$  maksimal, koefisien yang tergantung dari perbandingan panjang dan lebar.

### 2.9 Sistem Pembumian Pelat

Sistem pelat merupakan sistem pembumian yang menggunakan pelat sebagai bahan konduktor yang ditanam ke dalam tanah. [11]

Perhitungan nilai sistem pelat:

$$R_p = \frac{\rho}{4\pi L} \left[ 1 + 1,84 \frac{b}{t} \right] \quad (7)$$

$R_p$  = Tahanan pembumian pelat ( $\Omega$ )

$\rho$  = Tahanan jenis tanah ( $\Omega$ -meter)

$t$  = kedalaman pelat (meter)

$b$  = Lebar elektroda pelat (meter)

$L$  = Panjang elektroda pelat (meter)

### III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian yaitu dengan melakukan pengukuran pada tanah berbatu kemudian mengukur dan menentukan desain pembumian yang tepat untuk digunakan.

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Bukit Jimbaran untuk pengukuran tanah berbatu dengan waktu pelaksanaannya dimulai dari pada bulan Agustus 2019 untuk pengukuran musim kering dan Februari 2020 untuk pengukkuruan musim hujan.

#### 3.2 Sumber Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari :

- 1 Hasil pengukuran pada lokasi penelitian.
- 2 IEEE std 80-2013 *Guide for Safety in AC Substation Grounding*.

#### 3.3 Alat, Bahan dan Cara Pengukuran

Adapun Alat, Bahan dan Cara Pengukuran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

##### 3.3.1 Alat dan Bahan Pengukuran

Adapun Alat dan Bahan Pengukuran adalah sebagai berikut :

- a) Elektroda Pembumian

- b) Jenis elektroda : Elektroda batang jenis tembaga murni
- c) Panjang elektroda : 40 cm
- d) Diameter elektroda : 1,2 cm
- e) Jumlah elektroda : 4 batang

##### 3.3.2 Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan adalah *Earth Resistance Meter* Merk Elohmi Z

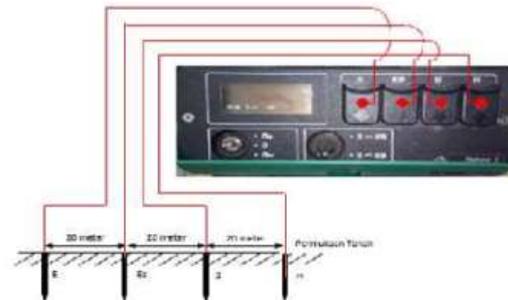
##### 3.3.3 Alat Bantu

- a) Martil
- b) Linggis
- c) Meteran

#### 3.4 Cara Pengukuran

Untuk mendapatkan nilai tahanan tanah ( $R$ ) dalam penelitian ini dilakukan beberapa langkah pengukuran sebagai berikut :

- a) Mempersiapkan alat ukur.
- b) Menancapkan 4 buah elektroda pada tanah berbatu jarak masing-masing elektroda 20 meter.
- c) Penyambungan kabel ke alat ukur dari elektroda yang tertancap tanah.
- d) Rangkaian pengukuran tahanan tanah ( $R$ ) pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1: Rangkaian pengukuran tahanan Tanah ( $R$ )

- e) Pengukuran dimulai dengan cara menekan *Switch* Re ke arah atas.
- f) Pengukuran tahanan tanah ( $R$ ) dilakukan secara otomatis
- g) Pengukuran tahanan tanah ( $R$ ) dilakukan sebanyak 3 kali pengukuran pada pukul 10.00 wita, 12.00 wita, dan 14.00 wita.
- h) Pengukuran tahanan tanah ( $R$ ) seperti pada Gambar 1 dilakukan

saat musim kering dan musim hujan.

### 3.5 Analisis Data

Data hasil pengukuran yang telah didapat akan dianalisis dan dihitung berdasarkan persamaan yang sudah tercantum pada Kajian Pustaka dengan langkah – langkah sebagai berikut:

- Menghitung nilai tahanan jenis tanah menggunakan Persamaan 1.
- Menghitung nilai tahanan pembumian sistem *mesh* menggunakan Persamaan 2.
- Menghitung nilai tahanan pembumian sistem *grid* menggunakan Persamaan 6.
- Menghitung nilai tahanan pembumian elektroda pelat menggunakan Persamaan 7.

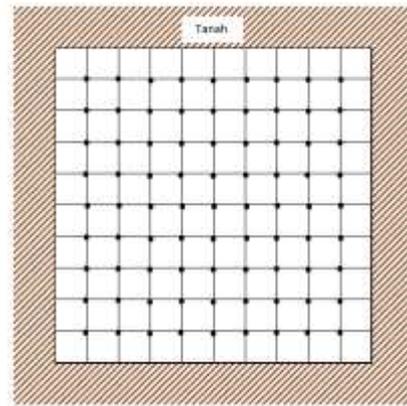
## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Sistem Pembumian di Tanah Berbatu

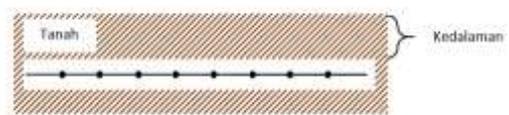
Sistem pembumian adalah sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik, petir dan gangguan lainnya. Penggunaan sistem pembumian pada gardu distribusi berkaitan dengan tahanan jenis tanah. Pada tanah berbatu dengan tahanan jenis tanah yang melebihi 200 ohm-meter sistem pembumian yang sesuai untuk digunakan yaitu sistem pembumian *grid*, *mesh*, dan pelat.

### 4.2 Perhitungan Sistem Mesh

Sistem pembumian *mesh* merupakan sistem pembumian dengan konduktor yang ditanamkan secara horizontal yang berbentuk jaring-jaring dengan elektroda yang terhubung satu dengan lainnya.



Gambar 2: Desain sistem *mesh* tampak atas



Gambar 3: Desain sistem *mesh* tampak samping

Perhitungan tahanan jenis tanah berbatu saat kondisi kering menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$\rho = 2 \times 3,14 \times 20 \times 2,2$$

$$\rho = 276,32 \text{ ohm-m}$$

Perhitungan sistem *mesh* pada kondisi kering menggunakan Persamaan 2 sebagai berikut:

$$R_m = 276,32 \left[ \frac{1}{1100} + \frac{1}{\sqrt{2 \times 1000}} \left( 1 + \frac{1}{1 + 0,5 \sqrt{\frac{2}{10}}} \right) \right]$$

$$R_m = 276,32 [0,00091 + 0,02236(1 + 0,8906)]$$

$$R_m = 276,32 [0,01408]$$

$$R_m = 3,8908 \text{ ohm}$$

Perhitungan tahanan jenis tanah berbatu saat kondisi basah menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$\rho = 2 \times 3,14 \times 20 \times 1,49$$

$$\rho = 187,144 \text{ ohm-m}$$

Perhitungan sistem *mesh* pada kondisi basah menggunakan Persamaan 2 sebagai berikut:

$$R_m = 187,144 \left[ \frac{1}{1100} + \frac{1}{\sqrt{2 \times 1000}} \left( 1 + \frac{1}{1 + 0,5 \sqrt{\frac{2}{10}}} \right) \right]$$

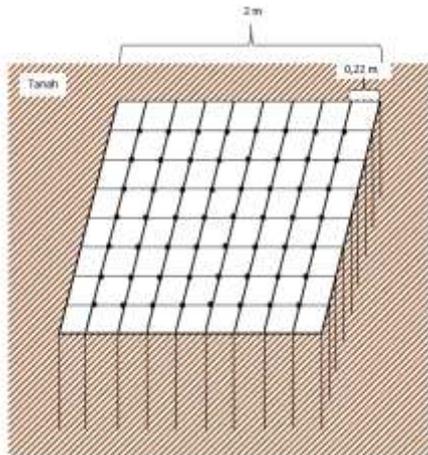
$$R_m = 187,144 [0,00091 + 0,02236(1 + 0,8906)]$$

$$R_m = 187,144 [0,01408]$$

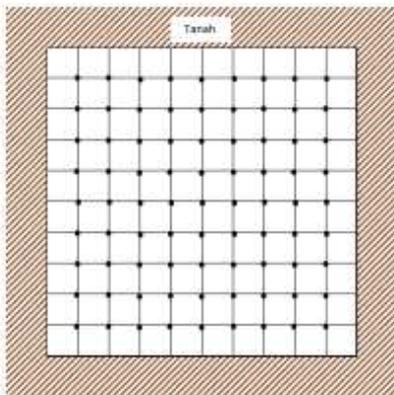
$$R_m = 2,6352 \text{ ohm}$$

### 4.3 Perhitungan Sistem Grid

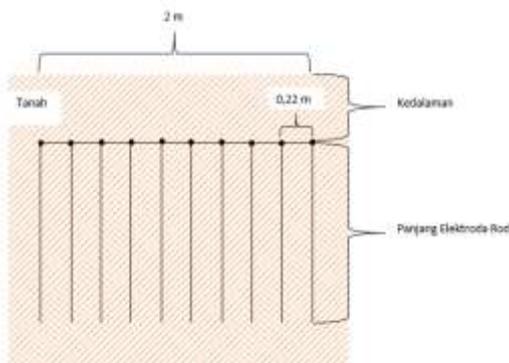
Sistem pembumian *Grid* merupakan gabungan antara sistem pembumian *mesh* dan rod agar mendapatkan nilai tahanan pembumian yang sesuai dengan standar.



Gambar 4: Desain sistem *grid*



Gambar 5: Desain sistem *grid* tampak atas



Gambar 6: Desain sistem *grid* tampak samping

Perhitungan tahanan jenis tanah berbatu saat kondisi kering menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$\rho = 2 \times 3,14 \times 20 \times 2,2$$

$$\rho = 276,32 \text{ ohm-m}$$

Perhitungan sistem *grid* pada kondisi kering. Menghitung nilai  $R_1$  menggunakan Persamaan 3 sebagai berikut:

$$R_1 = \frac{276,32}{3,14 \times 44} \left[ L_n \left( \frac{2 \times 44}{0,1412} \right) + \frac{0,01 \times 44}{\sqrt{4}} - 4,5 \right]$$

$$R_1 = 2[6,4333 + 0,22 - 4,5]$$

$$R_1 = 22,3067 \text{ ohm}$$

Menghitung nilai  $R_2$  menggunakan

Persamaan 4 sebagai berikut:

$$R_2 = \frac{276,32}{2 \times 3,14 \times 121 \times 242} \left[ L_n \left( \frac{4 \times 242}{0,02} \right) - 1 + \frac{2,0,01,2}{\sqrt{4}} (\sqrt{121} - 1)^2 \right]$$

$$R_2 = 0,0015[10,7873 - 1 + 0,02]$$

$$R_2 = 0,0177 \text{ ohm}$$

Menghitung nilai  $R_m$  menggunakan

Persamaan 5 sebagai berikut:

$$R_m = \frac{276,32}{3,14 \times 44} \left[ L_n \left( \frac{2 \times 44}{2} \right) + \frac{0,01 \times 44}{\sqrt{4}} - 4,5 + 1 \right]$$

$$R_m = 2[3,7841 + 0,22 - 4,5 + 1]$$

$$R_m = 6,3067 \text{ ohm}$$

Menghitung nilai tahanan *grid* menggunakan Persamaan 6 sebagai berikut:

$$R_G = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m}$$

$$R_G = \frac{22,3067 \times 0,0177 - 6,3067^2}{22,3067 + 0,0177 - 2 \times 6,3067}$$

$$R_G = 1,1497 \text{ ohm}$$

Perhitungan tahanan jenis tanah berbatu saat kondisi basah menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$\rho = 2 \times 3,14 \times 20 \times 1,49$$

$$\rho = 187,144 \text{ ohm-m}$$

Perhitungan sistem grid pada kondisi basah. Menghitung nilai  $R_1$  menggunakan Persamaan 3 sebagai berikut:

$$R_1 = \frac{187,144}{3,14 \times 44} \left[ L_n \left( \frac{2 \times 44}{0,1412} \right) + \frac{0,01 \times 44}{\sqrt{4}} - 4,5 \right]$$

$$R_1 = 1,3545 [6,4333 + 0,22 - 4,5]$$

$$R_1 = 15,1077 \text{ ohm}$$

Menghitung nilai  $R_2$  menggunakan

Persamaan 4 sebagai berikut:

$$R_2 = \frac{187,144}{2 \times 3,14 \times 121 \times 242} \left[ L_n \left( \frac{4 \times 242}{0,02} \right) - 1 + \frac{2 \times 0,01 \times 2}{\sqrt{4}} (\sqrt{121} - 1)^2 \right]$$

$$R_2 = 0,00101 [10,7873 - 1 + 0,02]$$

$$R_2 = 0,012 \text{ ohm}$$

Menghitung nilai  $R_m$  menggunakan

Persamaan 5 sebagai berikut:

$$R_m = \frac{187,144}{3,14 \times 44} \left[ L_n \left( \frac{2 \times 44}{2} \right) + \frac{0,01 \times 44}{\sqrt{4}} - 4,5 + 1 \right]$$

$$R_m = 1,3545 [3,7841 + 0,22 - 4,5 + 1]$$

$$R_m = 4,2714 \text{ ohm}$$

Menghitung nilai tahanan *grid*

menggunakan Persamaan 6 sebagai

berikut:

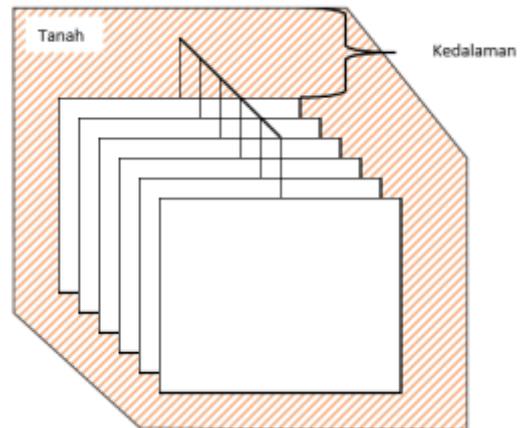
$$R_G = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m}$$

$$R_G = \frac{15,1077 \times 0,012 - 4,2714^2}{15,1077 + 0,012 - 2 \times 4,2714}$$

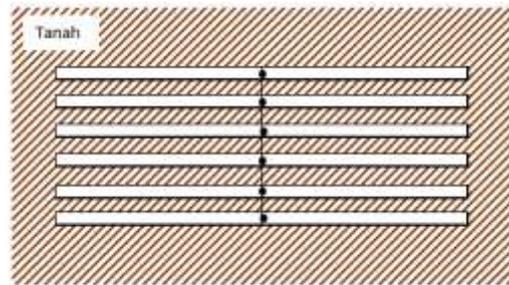
$$R_G = 0,7787 \text{ ohm}$$

#### 4.4 Perhitungan Sistem Pelat

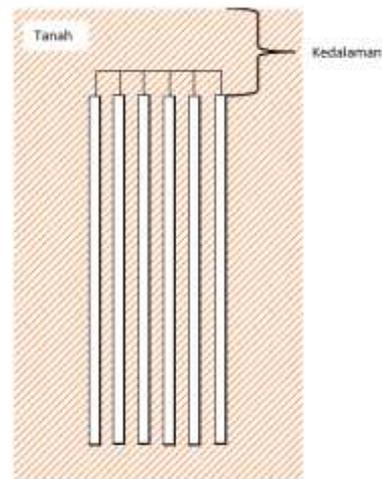
Sistem pembumian pelat memanfaatkan lempengan pelat sebagai konduktor pembumian dengan cara menanamkan tegak lurus ke dalam tanah.



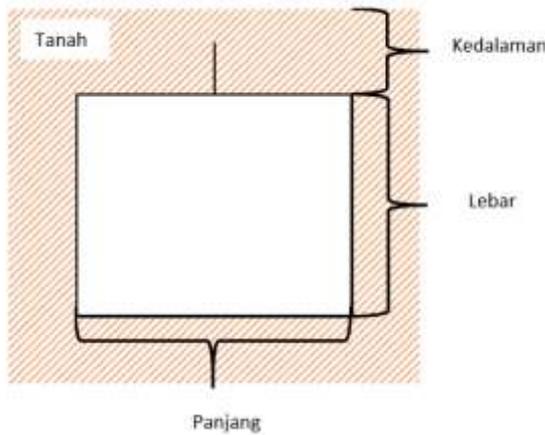
Gambar 7: Desain sistem pelat



Gambar 8: Desain sistem pelat tampak atas



Gambar 9: Desain sistem pelat tampak samping (1)



Gambar 10: Desain sistem pelat tampak samping (2)

Perhitungan tahanan jenis tanah berbatu saat kondisi kering menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$\rho = 2 \times 3,14 \times 20 \times 2,2$$

$$\rho = 276,32 \text{ ohm-m}$$

Perhitungan sistem pelat pada kondisi tanah kering menggunakan Persamaan 7 sebagai berikut:

$$R_p = \frac{\rho}{4\pi L} \left[ 1 + 1,84 \frac{b}{t} \right]$$

$$R_p = \frac{276,32}{4 \times 3,14 \times 2} \left[ 1 + 1,84 \frac{2}{0,5} \right]$$

$$R_p = 11[1 + 7,36]$$

$$R_p = 11[8,36]$$

$$R_p = 91,96 \text{ ohm}$$

Perhitungan tahanan jenis tanah berbatu saat kondisi basah menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$\rho = 2 \times 3,14 \times 20 \times 1,49$$

$$\rho = 187,144 \text{ ohm-m}$$

Perhitungan sistem pelat pada kondisi tanah basah menggunakan Persamaan 7 sebagai berikut:

$$R_p = \frac{\rho}{4\pi L} \left[ 1 + 1,84 \frac{b}{t} \right]$$

$$R_p = \frac{187,144}{4 \times 3,14 \times 2} \left[ 1 + 1,84 \frac{2}{0,5} \right]$$

$$R_p = 7,45[1 + 7,36]$$

$$R_p = 7,45[8,36]$$

$$R_p = 62,282 \text{ ohm}$$

#### 4.5 Analisis Perbandingan Tahanan Pembumian Mesh, Grid dan Pelat

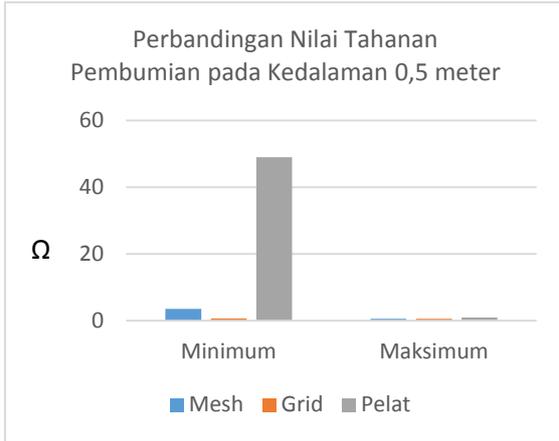
Dari hasil perhitungan pada tahanan pembumian masing-masing dari sistem mesh, grid dan pelat dapat ditabelkan dengan hasil minimum dan maksimum yang didapatkan berdasarkan kedalaman sebagai berikut:

##### 4.5.1 Analisis Perbandingan Tahanan Pembumian Mesh, Grid dan Pelat pada Kondisi Tanah Kering

Analisis yang dilakukan pada sistem pembumian mesh, grid dan pelat saat musim kering yaitu dengan membandingkan hasil nilai tahanan pembumian maksimum dan minimum yang dihasilkan.

Tabel 1. Perbandingan hasil tahanan pembumian dengan kedalaman 0,5 m saat kondisi tanah kering

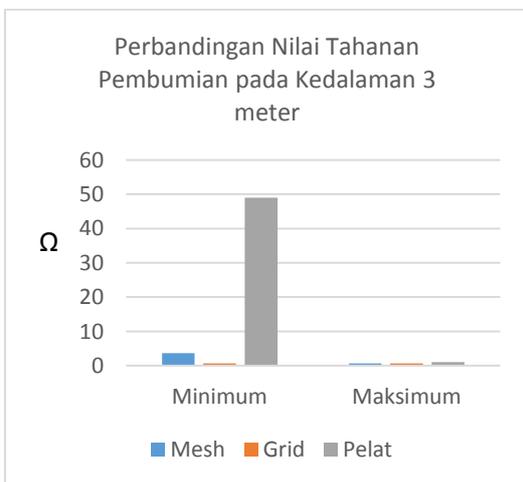
No	Perbandingan Nilai Tahanan Pembumian	Perbandingan Nilai Tahanan Pembumian		
		Mesh (Ω)	Grid (Ω)	Pelat (Ω)
1	Minimum	3,8909	1,149 7	183,9 2
2	Maksimum	0,6577	0,961 3	2,86



Gambar 11: Perbandingan nilai tahanan pembumian pada kedalaman 0,5 meter saat kondisi tanah kering

Tabel 2. Perbandingan hasil tahanan pembumian dengan kedalaman 3 m saat kondisi tanah kering

No	Perbandingan Nilai Tahanan Pembumian	Mesh	Grid	Pelat
		( $\Omega$ )	( $\Omega$ )	( $\Omega$ )
1	Minimum	3,593	0,7018	48,9867
2	Maksimum	0,6472	0,6369	0,9859



Gambar 12: Perbandingan nilai tahanan pembumian pada kedalaman 3 meter saat kondisi tanah kering

Pada Tabel 1 dan Tabel 2 dalam kondisi tanah kering dapat dianalisis pada sistem pembumian *mesh* pada kedalaman 0,5 dan 3 m kurang dapat digunakan karena pada lahan 10x10 meter belum

mendapatkan hasil yang sesuai dengan standar <1 ohm dengan hasilnya yaitu sebesar 3,8909 ohm pada kedalaman 0,5 meter dan 3,593 ohm pada kedalaman 3 meter, namun pada lahan 200x160 mendapatkan hasil maksimum 0,6577 ohm pada kedalaman 0,5 meter dan 0,6472 ohm pada kedalaman 3 meter yang sudah mencapai standar namun area yang digunakan sangat luas yaitu 3200 m<sup>2</sup>.

Hasil minimum dan maksimum yang dihasilkan desain sistem *grid* dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 dengan kedalaman 0,5 meter pada kondisi tanah kering adalah 1,1497 ohm dengan jumlah rod sebanyak 11x11 belum mencapai standar dan 0,9613 ohm dengan jumlah rod 16x16 dengan luas area 4 m<sup>2</sup> sudah mencapai standar. Pada kedalaman 3 meter hasil yang minimum yang diperoleh 0,7018 ohm dengan jumlah rod 11x11 dan hasil maksimum yang diperoleh 0,6369 ohm dengan jumlah rod 16x16 dengan luas area 4 m<sup>2</sup> hasil tersebut sudah memenuhi standar.

Sistem pembumian pelat dengan luas 4 m<sup>2</sup> untuk menurunkan nilai tahanan pembumian dapat dilakukan dengan memparalelkan pelat, merubah panjang dan lebar pelat yang digunakan. Pada hasil minimum pada kedalaman 0,5 meter adalah 183,92 ohm menggunakan 1 pelat dengan lebar 2 meter dan panjang 1 meter, namun menghasilkan hasil maksimum sebesar 2,86 ohm menggunakan 18 pelat dengan lebar 1 meter dan lebar 2 meter. Pada kedalaman 3 meter hasil minimum yang dihasilkan sebesar 48,9867 ohm menggunakan 1 pelat dengan lebar 2 meter dan panjang 1 meter, namun hasil tersebut belum memenuhi standar. Hasil maksimum yang dihasilkan pada kedalaman 3 meter adalah 0,9859 ohm menggunakan pelat parallel sebanyak 18 pelat dengan lebar 1 meter dan panjang 2 meter sudah dapat memenuhi standar.

Dari ketiga desain yang digunakan pada kondisi tanah kering didapatkan nilai desain sistem pembumian *grid* sebesar 0,6369 ohm dengan luas area 4 m<sup>2</sup> menjadi hasil yang paling optimal karena menghasilkan nilai tahanan pembumian

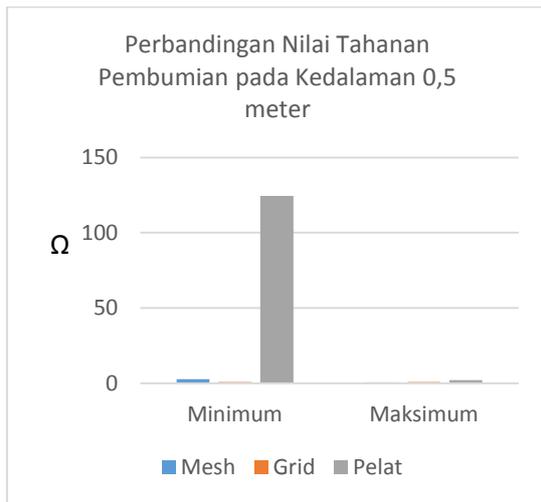
paling rendah dari desain sistem pembumian *mesh* sebesar 0,6472 ohm dengan yang digunakan 32000 m<sup>2</sup> dan desain sistem pembumian pelat dengan hasil perhitungan sebesar 0,9859 ohm dengan luas area 4 m<sup>2</sup>.

4.5.2 Analisis Perbandingan Tahanan Pembumian *Mesh*, *Grid* dan Pelat pada Kondisi Tanah Basah

Analisis yang dilakukan pada sistem pembumian *mesh*, *grid* dan pelat saat musim basah yaitu dengan membandingkan hasil nilai tahanan pembumian maksimum dan minimum yang dihasilkan.

Tabel 3. Perbandingan hasil tahanan pembumian dengan kedalaman 0,5 m saat kondisi tanah basah

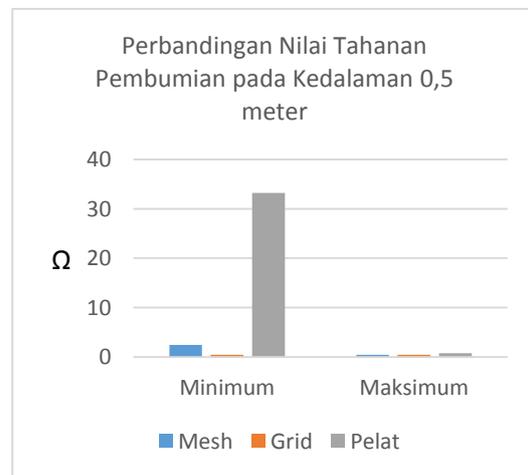
No	Perbandingan Nilai Tahanan Pembumian			
		<i>Mesh</i> (Ω)	<i>Grid</i> (Ω)	Pelat (Ω)
1	Minimum	2,6352	0,7787	124,564
2	Maksimum	0,4454	0,6511	1,937



Gambar 13: Perbandingan nilai tahanan pembumian pada kedalaman 0,5 meter saat kondisi tanah basah

Tabel 4. Perbandingan hasil tahanan pembumian dengan kedalaman 3 m saat kondisi tanah basah

No	Perbandingan Nilai Tahanan Pembumian			
		<i>Mesh</i> (Ω)	<i>Grid</i> (Ω)	Pelat (Ω)
1	Minimum	2,4334	0,4753	33,1773
2	Maksimum	0,4383	0,4314	0,8013



Gambar 14: Perbandingan nilai tahanan pembumian pada kedalaman 3 meter saat kondisi tanah basah

Pada Tabel 3 dan Tabel 4 dalam kondisi tanah basah dapat dianalisis pada sistem pembumian *mesh* pada kedalaman 0,5 dan 3 m kurang dapat digunakan karena pada lahan 10x10 meter belum mendapatkan hasil yang sesuai dengan standar <1 ohm dengan hasilnya yaitu sebesar 2,6352 ohm pada kedalaman 0,5 meter dan 2,4334 ohm pada kedalaman 3 meter, namun pada lahan 200x160 meter mendapatkan hasil maksimum 0,4454 ohm pada kedalaman 0,5 meter dan 0,4383 ohm pada kedalaman 3 meter yang sudah mencapai standar namun area yang digunakan sangat luas 3200 m<sup>2</sup>.

Hasil minimum dan maksimum yang dihasilkan sistem *grid* dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 dengan kedalaman 0,5

meter pada kondisi tanah basah adalah 0,7787 ohm dengan jumlah rod sebanyak 11x11 sudah mencapai standar dan 0,6511 ohm dengan jumlah rod 16x16 dengan luas area 4 m<sup>2</sup> sudah mencapai standar. Pada kedalaman 3 meter hasil yang minimum yang diperoleh 0,4753 ohm dengan jumlah rod 11x11 dan hasil maksimum yang diperoleh 0,4314 ohm dengan jumlah rod 16x16 dengan luas area 4 m<sup>2</sup> hasil tersebut sudah memenuhi standar.

Sistem pembumian pelat dengan luas 4 m<sup>2</sup> untuk menurunkan nilai tahanan pembumian dapat dilakukan dengan memparalelkan pelat, merubah panjang dan lebar pelat yang digunakan. Pada hasil minimum pada kedalaman 0,5 meter adalah 124,564 ohm menggunakan 1 pelat dengan lebar 2 meter dan panjang 1 meter, namun menghasilkan hasil maksimum sebesar 1,937 ohm menggunakan 18 pelat dengan lebar 1 meter dan lebar 2 meter. Pada kedalaman 3 meter hasil minimum yang dihasilkan sebesar 33,1773 ohm menggunakan 1 pelat dengan lebar 2 meter dan panjang 1 meter, namun hasil tersebut belum memenuhi standar. Hasil maksimum yang dihasilkan pada kedalaman 3 meter adalah 0,8013 ohm menggunakan pelat parallel sebanyak 18 pelat dengan lebar 1 meter dan panjang 2 meter sudah dapat memenuhi standar.

Dari ketiga desain yang digunakan pada kondisi tanah basah didapatkan nilai desain sistem pembumian *grid* sebesar 0,4314 ohm dengan luas area 4 m<sup>2</sup> menjadi hasil yang paling optimal karena menghasilkan nilai tahanan pembumian paling rendah dari desain sistem pembumian *mesh* sebesar 0,4383 ohm dengan yang digunakan 32000 m<sup>2</sup> dan desain sistem pembumian pelat dengan hasil perhitungan sebesar 0,8013 ohm dengan luas area 4 m<sup>2</sup>.

#### V. KESIMPULAN

Dari ketiga desain yang telah digunakan dapat disimpulkan desain sistem pembumian yang paling optimal digunakan pada gardu distribusi pada lahan sempit di tanah berbatu dengan luas maksimum 4 m<sup>2</sup>

adalah sistem pembumian *grid* karena menghasilkan nilai tahanan pembumian yang paling rendah dalam kondisi tanah kering sebesar 0,6369 ohm dan kondisi tanah basah sebesar 0,4314 ohm sudah memenuhi standar menurut IEEE std 80-2013 yaitu <1 ohm dengan jumlah rod 16x16 batang pada luas area 4 m<sup>2</sup>.

#### REFERENSI

- [1] Hutaeruk, TS. 1986. Pengantanan Netral Sistem Tenaga dan Pengantanan Peralatan, Sistem – Sistem yang Diketanakan. Jakarta: Erlangga
- [2] Izza, J. 2015. Penentuan Kedalaman Elektroda pada Tanah Pasir dan Berbatu untuk Memperoleh Nilai Tahanan Pentanahan yang Baik. Surabaya: Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
- [3] IEEE Std 80. (2013). *Guide For Safety In Ac Substation Grounding*. New York.
- [4] Rochman, C. 2015. Manajemen Gangguan Jaringan Distribusi 20 kV Kota Surabaya berbasis *Geographic Information System (GIS)* menggunakan Metode Algoritma Genetika. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November
- [5] Saputra, A. 2018. Pengaruh Konfigurasi dan Kedalaman Penanaman Konduktor terhadap Resistansi Pentanahan Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 200kV Ungaran. Semarang: Universitas Islam Sultan
- [6] Suyadnya, P. 2018. Optimalisasi Perencanaan Sistem Pembumian Peralatan pada Rencana Pembangunan GIS Tanah Lot. Bali: Universitas Udayana
- [7] Suartika, M. 2017. Sistem Pembumian (*Grounding*) Dua Batang Sistem Pengaman Tenaga Listrik. Bali: Udayana Bali
- [8] Janardana, IGN. 2018. Effect of Value of Resistance Announcement to Thd in Electrical System Faculty if Engineering University Udayana Denpasar. Bali. Universitas Udayana
- [9] Asrul, J. 2016. Penentuan Resistivity Tanah di dalam

Menetapkan Area Pemasangan Grounding Gardu Distribusi 20 kV menggunakan Kombinasi Grid dan Rod di Kampus Politeknik Negeri Padang. Padang: Universitas Negeri Padang

- [10] Saputra, A. 2018. Pengaruh Konfigurasi dan Kedalaman Penanaman Konduktor terhadap Resistansi Pentanahan Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 200kV Ungaran. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung
- [11] Seputra, INA. 2019. Pengaruh Potensial Hidrogen (Ph) Tanah Terhadap Tahanan Jenis Tanah untuk Mendapatkan Bentuk Sistem Pembumian. Bali: Universitas Udayana Bali