

# PEMBERIAN ZAT ADITIF SEBAGAI MEDIA PENURUNAN TAHANAN JENIS TANAH LOKASI GARDU DISTRIBUSI DI PESISIR TANAH LOT

I Gede Ngurah Arya Bayu Kartika<sup>1</sup>, I Gusti Ngurah Janardana<sup>2</sup>, I N Budiastira<sup>3</sup>  
I Made Suartika<sup>4</sup>, Ni Putu Bintang Barata Putri<sup>5</sup>

<sup>1,5</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Bukit Jimbaran, Bali

<sup>2,3,4</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Bukit Jimbaran, Bali

Email [kartika.2305541006@unud.ac.id](mailto:kartika.2305541006@unud.ac.id), Email [janardana@unud.ac.id](mailto:janardana@unud.ac.id),

Email [budiastira@unud.ac.id](mailto:budiastira@unud.ac.id), Email [madesuartika@unud.ac.id](mailto:madesuartika@unud.ac.id)

Email [putri.2305541008@student.unud.ac.id](mailto:putri.2305541008@student.unud.ac.id)

## ABSTRAK

Penyulang Pandak bersumber dari GIS Tanah Lot merupakan jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV di wilayah Kabupaten Tabanan. Penyulang ini memiliki topologi jaringan radial membentang luas untuk mensuplai 41 gardu distribusi dengan total kapasitas terpasang mencapai 6.175 kVA. Untuk menjaga keamanan gardu distribusi tersebut dibutuhkan pembuatan sistem pembumian. Tipe sistem pembumiannya tergantung dari tekstur tanahnya. Tekstur tanah Penyulang Pandak didominasi oleh tanah lempung, namun beberapa lokasi gardu distribusinya berlokasi pada tekstur tanah pasir berdebu yang memiliki nilai tahanan jenis tanah lebih besar, sehingga membutuhkan perbedaan tipe pembumian, apalagi lokasi gardu distribusinya sangat sempit rata-rata berukuran 2mx2m. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui sistem pembumian yang digunakan pada gardu distribusi khusus pada lokasi gardu distribusi pesisir Tanah Lot yang memiliki tekstur tanah berpasir. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif deskriptif.

Berdasarkan hasil analisis didapatkan hasil dengan penambahan zat aditif gypsum pada lokasi gardu distribusi Penyulang Pandak di pesisir Tanah Lot dengan tekstur tanah pasir berdebu terjadi penurunan tahanan jenis tanah sebesar 36,7%, penghematan pemakaian elektroda batang sebesar 50% serta memperkecil dimensi tipe sistem pembumiannya dan cocok untuk lokasi gardu distribusi dengan lahan yang sempit.

**Kata kunci: Pembumian, Gardu Distribusi, Pesisir Tanah Lot.**

## ABSTRACT

*The Pandak Feeder, which originates from the Tanah Lot GIS, is a 20 kV medium-voltage distribution network in Tabanan Regency. This feeder has a wide-spanning radial network topology that supplies 41 distribution substations with a total installed capacity of 6,175 kVA. To ensure the safety of these distribution substations, an earthing system must be installed. The type of earthing system depends on the soil texture. The soil texture along the Pandak Feeder is predominantly clay, but some distribution substations are located on silty sand with a higher soil resistivity, thus requiring a different type of grounding system—especially since the substations are very compact, averaging 2 m × 2 m in size. The objective of this study is to determine the grounding system used at distribution substations, specifically at the Tanah Lot coastal distribution substation, which has sandy soil texture. The method used in this study is a descriptive quantitative method.*

*Based on the analysis results, it was found that adding gypsum as an additive at the Pandak feeder distribution substation site on the Tanah Lot coast—which has a silty-sandy soil texture—resulted in a 36.7% reduction in soil resistivity, a 50% reduction in the use of rod electrodes, and a reduction in the dimensions of the grounding system. This approach is suitable for distribution substations with limited land area.*

**Keywords:** Earthing, Distribution Substation, Tanah Lot Coast.

## 1. PENDAHULUAN

Gardu distribusi yang banyak ditemui di sekitar pesisir Tanah Lot merupakan gardu distribusi dari Penyulang Pandak. Penyulang Pandak bersumber dari GIS Tanah Lot. Secara fundamental, penyulang ini memiliki topologi jaringan radial yang membentang luas untuk menyuplai total 51 komponen jaringan, yang terdiri dari 41 gardu distribusi transformator dengan total kapasitas terpasang yang sangat signifikan mencapai 6,175 kVA.

Banyaknya kebutuhan transformator pada Penyulang Pandak, dan bervariasinya tekstur tanah yang digunakan untuk pendirian gardu distribusi, dibutuhkan jenis sistem pembumian yang berbeda pula. Khusus pada pendirian gardu distribusi yang berlokasi di pesisir Tanah Lot memiliki tekstur tanah pasir berdebu memiliki tahanan jenis tanah yang lebih tinggi sehingga membutuhkan sistem pembumian yang berbeda dengan pada tekstur tanah lempung dari gardu distribusi lainnya.

Pembangunan sebuah pembumian dibutuhkan untuk menyalurkan arus lebih ke tanah. Menurut aturan dari PUIL (2011) dan SPLN 05.008-1.2020, tahanan pembumian pada peralatan-peralatan transformator diharapkan  $< 5\text{ohm}$ [1] [2]

Khusus di wilayah yang mendekati pantai memiliki tahanan jenis tanah tinggi  $> 15\ \Omega$ -meter seperti di pesisir Tanah Lot. Salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk menurunkan nilai tahanan jenis tanahnya adalah dengan pemberian zat aditif gypsum, garam, arang dan bentonit.

Beberapa penelitian telah dilakukan didapatkan nilai tahanan jenis tanah di lokasi GIS Tanah Lot adalah 17,584  $\Omega$ -meter[3]. Penelitian pemberian zat aditif campuran gypsum dan kalsium oksida menurunkan  $\rho$  tanah 37,98%[4].

Berdasarkan permasalahan tersebut di atas, gardu-gardu distribusi di pesisir Tanah Lot dengan tekstur tanah pasir berdebu memiliki nilai tahanan jenis tanah lebih tinggi, maka perlu dilakukan pemberian

zat aditif. Nilai  $\rho$  tanah yang lebih rendah memudahkan mendirikan sistem pembumian khususnya untuk pembumian gardu distribusi yang memiliki lahan sangat sempit.

Penelitian ini dilakukan dengan meneliti pemberian zat aditif Gypsum pada tanah di beberapa lokasi dekat gardu distribusi pesisir Tanah Lot guna didapatkan tipe pembumiann dengan R pembumian  $< 5\ \text{ohm}$ , bahkan kalau memungkinkan  $< 1\ \text{ohm}$  mengingat pada tekstur tanah pasir berdebu akan cepat kering sehingga nilai tahanan jenis tanahnya cepat naik, sehingga nilai tahanan pembumiannya juga akan cepat membesar sehingga dapat membahayakan peralatan gardu distribusi dan mengingat lokasi gardu distribusi memiliki lahan yang sempit.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Tahanan Jenis Tanah

Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan nilai tahanan tanah yaitu[4].;

1. Jenis tanah.
2. Lapisan tanah
3. Temperatur (suhu)
4. Kelembaban tanah

### 2.2 Pengkondisian Tanah

Pengkondisian tanah meliputi; teknik arang, teknik kokas, dan teknik bentonit. Teknik tersebut harus memperhatikan tekstur tanahnya[5].

### 2.3 Penambahan Zat Aditif terhadap Tanah

Lokasi pembumian dengan nilai tahanan tanah yang tinggi dapat dilakukan penambahan zat aditif pada tanahnya. Zat aditif yang bisa digunakan untuk menurunkan  $\rho$  tanah adalah bentonit, marcionit dan gypsum [5].

## 2.4 Sistem Pembumian

Apabila terdapat arus lebih maka akan dialirkan ke tanah dapat dilakukan dengan pemasangan sistem pembumian dengan berbagai tipe pembumian tergantung tekstur tanahnya [6].

Untuk mendapatkan nilai tahanan pembumian yang telah ditentukan cukup sulit untuk diperoleh pada tekstur tanah tertentu seperti tanah berpasir, berdebu berpasir, tanah berbatu.

## 2.5 Jenis-Jenis Sistem Pembumian

Beberapa jenis sistem pembumian yaitu [7].

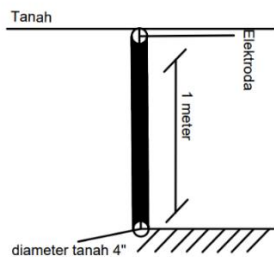
1. Elektroda Pita.
2. Elektroda Batang.
3. Elektroda Pelat

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan data dilaksanakan di 3(tiga) titik lokasi dengan jenis tanah pasir berdebu di sekitar Tanah Lot bulan April 2026.

### 3.2 Desain Pelaksanaan Penelitian



**Gambar 1.** Elektroda dengan Penambahan Gypsum

### 3.3 Langkah/Alur Penelitian

Langkah 1. Mulai

Persiapan dengan menyiapkan bahan penelitian.

Langkah 2. Survey lapangan,

Menentukan lokasi penelitian mencari data lokasi gardu distribusi tekstur tanah pasir berdebu.

Langkah 3.

Penggalian lubang, pemasangan elektroda, lubang tanpa zat aditif gypsum dan lubang dengan diisi zat aditif gypsum.

Langkah 4,

Mengukur tahanan tanah pada masing-masing lubang penelitian.

Langkah 5

Menghitung Rho tanah (tahanan jenis tanah) pada masing-masing lubang sebelum dan sesudah perlakuan.

Langkah 6

Perhitungan sistem pembumian yang cocok untuk dipasang pada gardu distribusi dengan tekstur tanah pasir berdebu lahan sempit di pesisir Tanah Lot.

Langkah 6. Analisis hasil perhitungan, pembahasan hasil dan kesimpulan

Setelah mendapatkan hasil perhitungan dapat dibahas dan ditarik sebuah kesimpulan

## 4. HASIL-HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

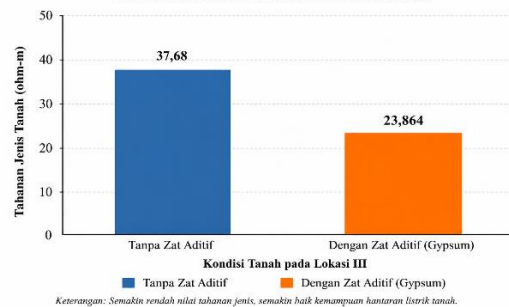
Tahanan tanah sebelum diberikan perlakuan di beberapa titik lokasi gardu distribusi dengan tekstur tanah pasir berdebu dengan nilai terbesar adalah 0,30 ohm sehingga Rho tanah (Tahanan jenis tanah) 37,68 Ohm-m.

Hasil pengukuran tahanan tanah yang dilakukan di beberapa titik lokasi dekat gardu distribusi yang ada di sekitar pesisir Tanah Lot dengan tekstur tanah pasir berdebu setelah ditambahkan zat aditif gypsum diambil nilai terbesar adalah 0,17 ohm sehingga Rho tanah (Tahanan jenis tanah) 21,352 Ohm-m.

**Tabel 1.** Nilai Tahanan Tanah Tertinggi Sebelum dan Sesudah Perlakuan

| No | Lokasi | $\rho$ tanah Sebelum Perlakuan (ohm) | $\rho$ Tanah Setelah Perlakuan (ohm-m) |
|----|--------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| 1  | I      | 35,16                                | 21,352                                 |
| 2  | II     | 37,68                                | 23,864                                 |
| 3  | III    | 37,68                                | 23,864                                 |

**Perbandingan Tahanan Jenis Tanah pada Lokasi III Sebelum dan Sesudah Penambahan Zat Aditif (Gypsum)**



**Gambar 2.** Perbandingan Sebelum dan Sesudah Penambahan zat Aditif

## 4.2 Hasil Analisis Dan Pembahasan

### 4.2.1 Analisis Nilai Tahanan Pembeduman Sebelum Pemberian Zat Aditif Aditif Gypsum

Tahanan jenis tanah pasir berdebu sebesar 37,68  $\Omega$ -meter dengan luas area 4 m<sup>2</sup>. Berikut adalah perhitungan tahanan pembeduman dengan sistem *grid rod* sebagai berikut:

Menghitung nilai  $R_1$

$$R_1 = \frac{37,68}{3,14 \times 16} \left[ L_n \left( \frac{2 \times 16}{0,2} \right) + \frac{0,01 \times 16}{1} - 4,5 \right]$$

$$R_1 = 0,55 \text{ ohm}$$

Menghitung nilai  $R_2$ ,

$$R_2 = \frac{37,68}{2,3,14.16.32} \left[ L_n \left( \frac{4.32}{0,02} \right) - 1 + \frac{2,0,01.1}{1} (\sqrt{16} - 1)^2 \right]$$

$$R_2 = 0,095 \text{ ohm}$$

Menghitung nilai  $R_m$ ,

$$R_m = \frac{37,68}{3,14.16} \left[ L_n \left( \frac{2.16}{1} \right) + \frac{0,01.16}{\sqrt{1}} - 4,5 + 1 \right]$$

$$R_m = 0,0975 \text{ ohm}$$

Menghitung nilai tahanan *grid rod*,

$$R_G = \frac{0,55 \times 0,095 - 0,0975^2}{0,55 + 0,095 - 2 \times 0,0975}$$

$$R_G = 0,1 \text{ ohm}$$

Hasil perhitungan di atas didapatkan sebelum diberikan perlakuan penambahan zat aditif gypsum dengan nilai tahanan jenis tanah pasir berdebu di pesisir Tanah Lot = 37,68 ohm-meter. Untuk memperoleh nilai tahanan pembeduman < 5 ohm, dengan pemasangan pembeduman sistem grid-rod dengan luas area pembeduman 4 m<sup>2</sup>, kedalaman penanaman sistem pembeduman 1 m, didapatkan total panjang konduktor *mesh* 16 m, panjang *rod* 1 m, jumlah elektroda *rod* 16 batang, total panjang elektroda *rod* 32 m, diameter konduktor *mesh* 0,02 m, diameter konduktor *rod* 0,02 m,  $K_1 = 0,01$  dan  $K_2 = 4,5$  dengan hasil nilai tahanan pembeduman 0,1 ohm (< 1 ohm). Mengingat tekstur tanahnya pasir berdebu dan Indonesia memiliki musim kemarau yang cukup lama berakibat terjadinya membesarnya nilai tahanan pembeduman yang berakibat pada kerusakan peralatan maka penelitian ini dilakukan dengan pemberian zat aditif yang diharapkan dapat

menstabilkan nilai tahanan pembeduman sesuai standar yang dianjurkan < 1 ohm.

### 4.2.2 Analisis Tahanan Pembeduman Setelah Diberi Perlakuan Pemberian Zat Aditif Gypsum

Nilai tahanan jenis tanah pada lokasi penelitian di pesisir Tanah Lot dengan tekstur tanah pasir berdebu adalah 23,864 ohm-meter, dapat dihitung sebagai berikut: Perhitungan tipe sistem pembeduman digunakan sistem *grid-rod* dapat dihitung sebagai berikut:

$$R_1 = \frac{23,864}{3,14 \times 12} \left[ L_n \left( \frac{2 \times 12}{0,2} \right) + \frac{0,01 \times 12}{\sqrt{1}} - 4,5 \right]$$

$$R_1 = 0,2576 \text{ ohm}$$

Menghitung nilai  $R_2$ ,

$$R_2 = \frac{23,864}{2,3,14.12.24} \left[ L_n \left( \frac{4.24}{0,02} \right) - 1 + \frac{2,0,01.1}{\sqrt{1}} (\sqrt{12} - 1)^2 \right]$$

$$R_2 = 0,0982 \text{ ohm}$$

Menghitung nilai  $R_m$ ,

$$R_m = \frac{23,864}{3,14.12} \left[ L_n \left( \frac{2.12}{1} \right) + \frac{0,01.12}{\sqrt{1}} - 4,5 + 1 \right]$$

$$R_m = 0,025 \text{ ohm}$$

Menghitung nilai tahanan *grid rod*,

$$R_G = \frac{0,2576 \times 0,0982 - (-0,025)^2}{0,2576 + 0,0982 - 2(-0,025)}$$

$$R_G = 0,20 \text{ ohm}$$

Penurunan nilai  $\rho$  tanah akibat pemberian gypsum berakibat pula pada pengurangan bahan elektroda yang dibutuhkan untuk sistem pembeduman gardu distribusi pada pesisir Tanah Lot dengan tekstur tanah pasir berdebu, yang berdampak pada penghematan biaya pembelian batang elektroda tembaga. Namun yang terpenting adalah dapat mempertahankan kestabilan nilai tahanan jenis tanah yang berakibat menjaga kestabilan nilai tahanan pembeduman pada musim kemarau tanah kering sehingga keamanan peralatan dan manusia di sekitarnya akan aman.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tersebut di atas dapat disimpulkan adalah:

1. Penambahan zat aditif gypsum pada lokasi gardu distribusi Penyulang Pandak di pesisir Tanah Lot dengan tekstur tanah pasir berdebu terjadi

penurunan tahanan jenis tanah sebesar 36,7% dan dapat mempertahankan nilai  $\rho$  tanah yang lebih stabil atau lebih lama.

2. Penurunan nilai tahanan jenis tanah akibat penambahan zat aditif gypsum berakibat terjadinya penghematan jumlah elektroda yang dibutuhkan sebesar 50% dan dapat memperkecil dimensi tipe pembumiannya.

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

- [1] PUIL 2011. 2016. Persyaratan Umum Instalasi Listrik. Jakarta: Ditjen Gatrik ESDM.
- [2] SPLN D5. 008-1 2020. Konstruksi Distribusi Bagian 1. Jaringan Tegangan Menengah. Jakarta: PT. PLN(Persero).
- [3] Suyadnya, IWP. 2018. Optimalisasi Perencanaan Sistem Pembumian Peralatan Pada Rencana Pembangunan Gas Insulated Substation (GIS) 150 kV Tanah Lot. Tugas Akhir. Jimbaran: Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana.
- [4] Sukma Dewi, NWD. 2021. Pemanfaatan Pencampuran Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) Dengan Kalsium Oksida( $\text{CaO}$ ) Sebagai Zat Aditif Pada Sistem Pembumian. Jurnal Spektrum: Volume 8 No. 3 Tahun 2021.
- [5] Erliza, Y., Abdul, M., Faisal; 2019, Studi Perlakuan Terhadap Tanah untuk Menentukan Nilai Resistansi dan Tahanan Jenis Pembumian, Volume 3; Edisi 2; Palembang; Jurnal Surya Energi
- [6] Suciawan, IPN. Janardana, IGN, Wijaya, IWA. 2021. Pengaruh Ketebalan Batu Koral Pada Tanah Lempung Dan Tanah Berpasir Terhadap Tegangan Langkah Dan tegangan Sentuh. *Jurnal SPEKTRUM*; Volume 8 No. 1 Maret 2021.
- [7] Mahadewi, KM., Janardana, IGN., Wijaya, IWA., 2019. Analisis Tegangan Langkah dan tegangan Sentuh Serta Perencanaan Sistem Pembumian Pada Pembangunan Substation VVIP. Di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali. *Journal SPEKTRUM* Volume 6, No. 1 Maret 2019. Jimbaran : Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana.