

PEMANFAATAN PENCAMPURAN GYPSUM DENGAN KALSIMUM OKSIDA SEBAGAI ZAT ADITIF PADA SISTEM PEMBUMIAN

Ni Wayan Dian Puspita Sukma Dewi¹, I Gusti Ngurah Janardana², Wayan Arta Wijaya³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

³Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: dianpsd9@gmail.com¹, janardana@unud.ac.id², artawijaya@ee.unud.ac.id³,

Abstrak

Salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap sistem pembumian ialah jenis tanah. Masing-masing tanah memiliki tahanan jenis yang berbeda-beda. Sehingga dibutuhkan penambahan media berupa zat aditif salah satunya ialah campuran gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan Kalsium Oksida (CaO). Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui persentase campuran dan efektivitas antara gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) serta kalsium oksida (CaO) untuk mendapatkan kuantitas air yang maksimum serta mengetahui pengaruh dari campuran gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dengan kalsium oksida (CaO) sebagai media zat aditif untuk menurunkan nilai tahanan jenis tanah. Metode yang dimanfaatkan pada riset ini ialah metode riset eksperimental. Hasil dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa campuran gypsum dan kalsium oksida yang efektif digunakan ialah campuran dengan perbandingan 3 kg gypsum dan 1 kg kalsium oksida dan terjadi persentase penurunan nilai tahanan tanah sebesar 37,93%

Kata Kunci : Sistem Pembumian, Zat Aditif, Gypsum, Kalsium Oksida

Abstract

One of the most influential factors on the grounding system is the type of soil. Each soil has a different resistivity. So, it is necessary to add media in the form of additives, one of which is a mixture of gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) and Calcium Oxide (CaO). The purpose of this research was to obtain the percentage of the mixture and the effectiveness between gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) and calcium oxide (CaO) to obtain the maximum quantity of water and to decide the impact of a mixture of gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) with calcium oxide (CaO) as a medium for additives. to reduce the resistivity of the soil. The method used in this study is an experimental research method. The results of this study showed that the mixture of gypsum and calcium oxide that was effectively used was a mixture with a ratio of 3 kg of gypsum and 1 kg of calcium oxide and the percentage decreased resistance value was 37.93%

Key words : Grounding System, Additives, Gypsum, Calcium Oxide

1. PENDAHULUAN

Pembumian adalah sebuah metode atau cara sekuritas bangunan termasuk prasarana, yaitu jika terdapat kelebihan arus maka segera disalurkan kembali ke tanah. Menurut aturan dari PUIL (2000), tahanan pembumian pada gedung diharapkan <5ohm

dan tahanan pembumian untuk peralatan < 3 ohm [1].

Salah satu aspek yang memberi dampak terbesar atas sistem pembumian ialah jenis tanah. Sehingga pada jenis tanah yang mempunyai ketahanan jenis yang baik, untuk mendapatkan nilai tahanan pembumian

yang rendah disamping menggunakan elektroda sebagai alat yang digunakan untuk menyalurkan arus lebih ke tanah, penggunaan zat aditif juga sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya nilai tahanan pembumian.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah meneliti mengenai pemanfaatan zat aditif berupa bentonite, garam dan gypsum didapatkan hasil bahwa zat aditif dapat digunakan untuk menurunkan nilai tahanan pada sistem pembumian. Pada penelitian ini menggunakan campuran gypsum dan kalsium oksida sebagai zat aditif yang dilakukan pada tanah liat ladang dikarenakan gypsum dan kalsium oksida merupakan bahan yang mudah didapatkan serta belum terdapat penelitian yang meneliti mengenai pengaruh dari campuran gypsum dengan kalsium oksida pada tanah liat ladang.

Penelitian ini dibuat campuran dari zat aditif yang berupa gypsum dengan kalsium oksida yang diberikan pada sistem pembumian. Pencampuran dari gypsum dengan kalsium oksida menghasilkan kadar air yang cukup. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya penurunan pada nilai tahanan yang dihasilkan pada sistem pembumian.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pembumian

Sistem pembumian adalah cara yang digunakan dalam melakukan pengamanan terhadap gedung maupun peralatan listrik, sehingga apabila terdapat arus lebih maka akan dialirkan ke tanah [1].

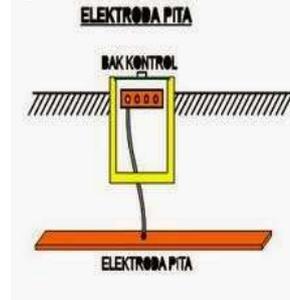
Nilai standar untuk tahanan pembumian pada bangunan gedung disarankan $< 5 \text{ ohm}$, sedangkan untuk peralatan elektronika $< 3 \text{ ohm}$ bahkan beberapa perangkat yang memiliki sensitifitas yang tinggi nilai dari tahanan standar yang disarankan dapat mencapai $< 1 \text{ ohm}$.

Sehingga untuk mendapatkan nilai tahanan pembumian yang sejalan dengan ketentuan yang ada atau yang telah ditentukan cukup sulit untuk diperoleh. Hal tersebut dikarenakan adanya beberapa faktor yang memiliki pengaruh terhadap adanya perubahan nilai tahanan yang dihasilkan pada sistem pembumian yakni sebagai berikut; kondisi elektrolit tanah, kelembaban tanah, suhu, serta jenis tanah [2].

2.2 Jenis-Jenis Sistem Pembumian

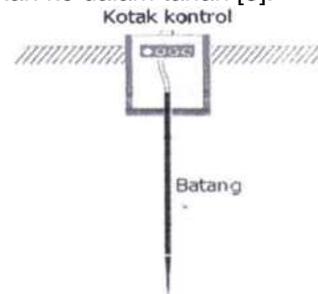
Terdapat beberapa jenis dari elektroda yang umumnya dimanfaatkan pada sistem pembumian dapat digolongkan sebagai berikut ini;

a. Elektroda Pita, merupakan elektroda yang tersusun dari hantaran yang berwujud seperti pita dengan permukaan bulat atau hantaran pilin yang biasanya ditanamkan tidak terlalu jauh dari permukaan tanah [3].



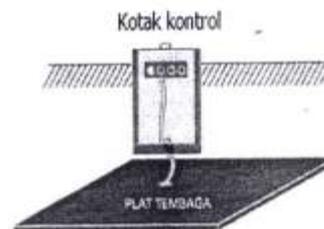
Gambar 1. Gambar Elektroda Pita

b. Elektroda Batang, merupakan elektroda yang terbuat dari besi baja profil atau yang ditanamkan ke dalam tanah [3].



2. Elektroda Batang

c. Elektroda Pelat, merupakan elektroda yang tersusun dari bahan pelat logam baik dalam bentuk yang utuh maupun berlubang atau dari kawat kasa [3].



Gambar 3. Elektroda Pelat

2.3 Macam-Macam Susunan Elektroda

Susunan elektroda pada sistem pembumian bisa dikelompokkan ke dalam beberapa jenis yakni; sistem pembumian dengan elektroda yang disusun mendatar/vertikal, sistem pembumian dengan elektroda yang disusun tegak/horizontal, sistem pembumian yang disusun bentuk radial, sistem pembumian yang disusun bentuk cincin (lingkaran), sistem pembumian yang disusun bentuk grid dan sistem pembumian yang disusun bentuk pelat. Susunan elektroda biasanya menyesuaikan terhadap jenis tanah pada daerah yang akan dipasang sistem pembumian [4].

2.4 Tanah

2.4.1 Klasifikasi Tanah

Tanah yang dikelompokkan merupakan objek alami yang tersusun atas gas, cairan, serta padatan berupa bahan organik maupun bahan mineral, yang dibentuk di permukaan bumi akibat fenomena pelapukan bahan utama dengan relasinya atas waktu, organisme, *relief*, iklim yang berulang sehingga membentuk lapisan yang dapat memfasilitasi perkembangan tumbuhan hingga 2 m atau hingga batas aktivitas biologis tanah [5].

Berdasarkan sudut pandang teknis, tanah dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok atau golongan sebagai berikut: tanah berbatu kerikil (*gravel*), tanah pasir (*Sand*), lanau (*Silt*) dan lempung (*clay*) [6].

2.4.2 Tahanan Jenis Tanah

Tahanan jenis tanah adalah faktor terpenting untuk memutuskan kedalaman serta tahanan elektroda yang harus ditanamkan sehingga didapatkan nilai tahanan yang kecil [7].

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi perubahan nilai tahanan tanah yaitu;

1. Jenis tanah, yang meliputi tanah bebatuan, pasir, maupun liat, dan sebagainya
2. Lapisan tanah, dapat berupa tanah dengan beragam lapisan dan tahanan yang sama maupun tidak
3. Temperatur (suhu)
4. Kelembaban tanah

Ada beberapa cara yang sering digunakan untuk mendapatkan nilai tahanan

pada sistem pembumian yang rendah mulai dari pemasangan elektroda, penambahan zat aditif pada tanah maupun memberikan tambahan air agar kadar air dalam tanah meningkat. Masing-masing tanah memiliki tahanan jenis tanah yang beragam yang tergantung pada tipe daripada tanah tersebut. Maka dari itu, tahanan jenis tanah dapat beraneka ragam dari sebuah lokasi ke lokasi lainnya karena dipengaruhi oleh sifat yang dimiliki [8].

2.4.3 Teknik Pengkondisian Tanah

Teknik pengkondisian tanah memiliki beberapa tekni yakni; teknik arang, teknik kokas, dan teknik bentonit [9]. Teknik tersebut harus memperhatikan jenis tanah, kemudahan dalam mencari bahan yang digunakan, kemudahan dalam pemeliharaan sistem pembumian, kemudahan dalam pemasangan sistem pembumian serta hasil dari nilai tahanan yang diperoleh.

2.4.3 Komposisi Zat Kimia Pada Tanah

Komposisi yang terdapat di dalam tanah baik itu dapat berupa zat organik hingga zat anorganik yang terlarut dalam tanah penting untuk diketahui saat melakukan penanaman elektroda pada sistem pembumian. Pada lokasi yang mempunyai kadar curah hujan yang lebih tinggi memiliki nilai tahanan yang tinggi dibandingkan dengan daerah yang kadar curah hujan yang rendah. Hal tersebut dikarenakan adanya kandungan garam pada lapisan atas tanah yang akan larut [10].

2.4.4 Perlakuan Kimia terhadap Tanah

Apabila penanaman elektroda pada tanah yang menghasilkan nilai tahanan yang masih cenderung tinggi dapat dilakukan penambahan zat kimia atau zat aditif pada tanah. Adapun zat kimia atau zat aditif yang bisa digunakan untuk menurunkan tahanan jenis tanah ialah bentonit, marcionit dan gypsum [6].

2.5 Gypsum dan Kalsium Oksida

Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) merupakan batu putih yang tersusun akibat adanya sedimentasi air laut. Gypsum mempunyai kandungan dua molekul yang terdiri dari CaSO_4 dan $2\text{H}_2\text{O}$. Gypsum dapat dibagi ke dalam dua kelompok yakni *anhydrite* serta *dehydrate*. Gypsum *anhydrite* tersusun atas

32,6% zat kapur (Ca), 20,9% H₂O dan 32,6% belerang (S). Pada gypsum *dehydrate* kandungan zat nya serupa dengan gypsum *anhydrite* yang menjadi pembeda ialah molekul airnya. [6]

Pemanfaatan gypsum tidak mengakibatkan polusi baik di tanah maupun udara, tidak hanya itu, harganya juga terjangkau, memiliki ketahanan akan api dan t kehancuran yang disebabkan oleh aspek biologi serta, ketahanan atas senyawa kimia. Pada riset yang dilakukan oleh Yul Martin yang meneliti tentang pengaruh gypsum sebagai zat aditif untuk menurunkan nilai tahanan tanah telah terbukti bahwa gypsum bisa digunakan untuk mengurangi nilai tahanan pentanahan, kenaikan berat gypsum sebanding dengan pengurangan dari nilai tahanan pentanahan.

Kalsium oksida (CaO) merupakan hasil dari adanya pembakaran kapur mentah atau biasa disebut dengan kalsium karbonat (CaCO₃) pada suhu 90°C, senyawa kimia ini biasa dimanfaatkan untuk bahan bakar maupun sebagai campuran semen. Kalsium oksida adalah zat padat putih, kristal basa kaustik, yang pada *room temperature*, dengan pH 12,8. Sebutan luas yang sering dimanfaatkan ialah “kapur” yang merujuk pada bahan anorganik yang mengandung kalsium yang mengandung besi, aluminium, magnesium, silicon, hidroksida dan oksida kalsium serta karbonat, contohnya batu gamping. Sementara “kapur mentah” hanya dipakai untuk senyawa kimia tunggal [6].

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, data yang digunakan diperoleh dari hasil penelitian berupa hasil pengukuran nilai tahanan tanah dari campuran gypsum dan kalsium oksida yang dihasilkan pada tanah liat ladang yang berada di Br. Denkayu Delodan, Ds. Werdhi Bhuwana, Kec. Mengwi yang digunakan sebagai tempat penelitian. Data yang diperoleh yaitu berupa data hasil pengukuran nilai tahanan tanah, tahanan jenis tanah sehingga diperoleh nilai tahanan pada sistem pembumian.



Gambar 4. Bagan Alur Penelitian

Langkah 1. Pengumpulan Alat dan Bahan

Pengumpulan alat serta bahan yang dibutuhkan dalam menjalankan riset. Adapun alat yang digunakan antara lain ialah linggis, martil, elektroda, ember dan alat ukur GRM (*Ground Resistance Meter*). Adapun bahan yang digunakan ialah kalsium oksida dan gypsum dengan berat masing-masing 16 kg.

Langkah 2. Melakukan Proses Pencampuran Bahan Gypsum dengan Kalsium Oksida

Pencampuran Gypsum dengan Kalsium Oksida dengan perbandingan yang telah ditetapkan yaitu; 1:2, 2:1, 1:3, 3:1, 4:1 dan 4:4.

Langkah 3. Pembuatan Sistem Pembumian

Melakukan pembuatan lubang sistem pembumian, pemasangan elektroda pada masing-masing lubang serta melakukan pencampuran gypsum dan kalsium oksida dengan perbandingan yang telah ditentukan pada masing-masing lubang

Langkah 4. Pengukuran Nilai Tahanan Tanah

Melakukan pengukuran pada masing-masing sistem pembumian yang telah dibuat, baik yang dengan zat aditif maupun tanpa zat

aditif dengan menggunakan alat ukur *Ground Resistance Meter* (GRM).

Langkah 5. Data Hasil Pengukuran

Mendapatkan hasil pengukuran dari masing-masing sistem pembumian yang telah dibuat.

Langkah 6. Analisis Data Hasil Pengukuran

Melakukan analisis terhadap data hasil yang telah diperoleh dengan membandingkan hasil dari nilai tahanan yang diperoleh dari sistem pembumian yang tanpa menggunakan zat aditif serta nilai tahanan tanah dengan menggunakan perbandingan campuran dari gypsum dengan kalsium oksida yang telah digunakan.

Langkah 7. Kesimpulan

Melakukan penarikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

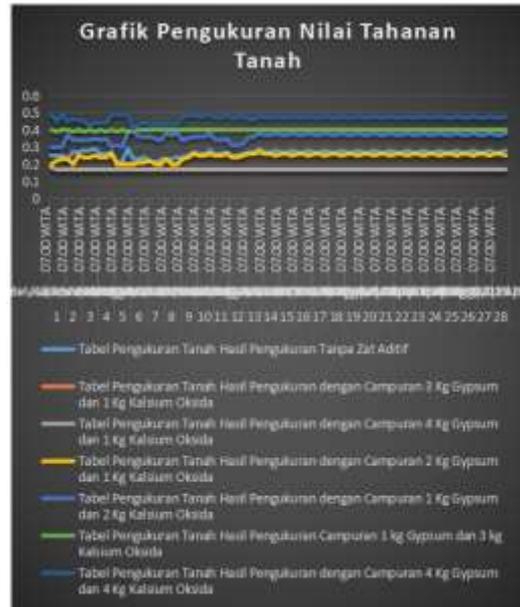
4.1 Gypsum dan Kalsium Oksida

Gypsum merupakan senyawa kimia yang memiliki kandungan 2 molekul hablur dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Gypsum dapat digolongkan menjadi beberapa jenis yaitu; Gypsum Anhydrate dan Gypsum Dehydrate. Gypsum Anhydrate memiliki kandungan yang terdiri dari 32,6% zat kapur (Ca), 20,9% air (H_2O) dan 32,6% belerang (S) sedangkan pada Gypsum Dehydrate terdiri dari kandungan yang sama hanya saja persentase pada kandungan air (H_2O) yang terdapat pada gypsum dehydrate berbeda dibandingkan dengan gypsum anhydrate. [6]

Kalsium oksida merupakan hasil dari adanya proses pembakaran dari kapur mentah atau biasa disebut dengan kalsium karbonat (CaCO_3) pada suhu 90°C . Biasanya kalsium oksida ini sendiri digunakan sebagai campuran semen dan sebagai bahan bakar. Kalsium Oksida adalah kristal basa, yang bersifat kaustik yang berbentuk zat padat putih pada suhu kamar dengan keasaman yang dimiliki sebesar 12,8%. [6]

4.2 Data Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah diperoleh pada penelitian berikut ini merupakan grafik pengukuran nilai tahanan tanah yang diperoleh selama 1 bulan:



Gambar 6. Grafik Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Tanah

Berdasarkan pada Grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai tahanan tanah yang dihasilkan pada masing-masing sistem pembumian dari yang tanpa zat aditif hingga dengan perbandingan campuran gypsum dan kalsium oksida pada tanah liat ladang didapatkan nilai tahanan tanah yang paling rendah dihasilkan oleh penggunaan zat aditif dengan perbandingan campuran 3:1 dan 4:1.

Campuran 3 kg gypsum dan 1 kg kalsium oksida menghasilkan nilai tahanan tanah yang sama dengan perbandingan 4 kg gypsum dan dan 1 kg kalsium oksida. Hal ini menunjukkan bahwa campuran gypsum dan kalsium oksida dengan perbandingan 3:1 maupun 4:1 efektif digunakan sebagai zat aditif pada sistem pembumian dikarenakan menghasilkan nilai tahanan tanah yang paling rendah yaitu 0,17 ohm hingga 0,18 ohm.

4.3 Hasil Perhitungan Sistem Pembumian Berdasarkan Hasil Pengukuran Tahanan Jenis Tanah Untuk Mendapatkan $R < 1$ Ohm

Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus satu batang elektroda:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{4L}{\alpha} - 1 + \ln \frac{1 + \frac{\pi}{L}}{1 + \frac{2\pi}{L}} + \frac{\pi}{L} \ln \frac{4L^2 / L + 4(\sigma/L)^2}{1 + 4\pi^2 / L + 4(\sigma/L)^2} \right]$$

Berikut merupakan contoh perhitungan dengan menggunakan nilai $L = 5$,

R = 0,29 (R tanah tanpa zat aditif) dan $\rho = 36,424$ sehingga dapat diperoleh hasil seperti berikut ini:

$$R = \frac{36,424}{2(3,14)5} \left[\ln \frac{4(5)}{0,012} - 1 + \ln \frac{1+1/5}{1+2(1)/5} + \frac{1}{5} \ln \frac{4(1)/5 + 4(1/5)^2}{1+4(1)/5+4(1/5)^2} \right]$$

$$R = \frac{31,4}{31,4} \left[\ln \frac{20}{0,012} - 1 + \ln 0,857 + \frac{1}{5} \ln 1 \right]$$

$$R = 1,16 \left[7,41 + (-0,1543) + \frac{1}{5} (0) \right]$$

$$R = 1,16 [7,2557]$$

R = 8,41812 ohm atau 8,4 ohm

Seperti pada analisis perhitungan diatas dapat pula dihitung nilai sistem pembumian berdasarkan hasil pengukuran tahanan jenis tanah campuran gypsum dan kalsium oksida. Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh diatas diambil asumsi bahwa nilai L = 5 meter. Perhitungan selanjutnya menggunakan *excel* dengan cara mengubah nilai L

Berdasarkan perhitungan diatas untuk mendapatkan nilai R < 1 ohm:

- Untuk nilai pembumian tanpa zat aditif dibutuhkan panjang elektroda/kedalaman penanaman elektroda (L) = 60 meter
- Untuk pemberian zat aditif 2 kg gypsum dan 1 kg kalsium oksida dibutuhkan panjang elektroda/kedalaman penanaman elektroda (L) = 55 meter
- Untuk pemberian zat aditif 3 kg gypsum dan 1 kg kalsium oksida dibutuhkan panjang elektroda/kedalaman penanaman elektroda (L) = 35 meter
- Untuk pemberian zat aditif 4 kg gypsum dan 1 kg kalsium oksida dibutuhkan panjang elektroda/kedalaman penanaman elektroda (L) = 35 meter
- Untuk pemberian zat aditif 1 kg gypsum dan 2 kg kalsium oksida dibutuhkan panjang elektroda/kedalaman penanaman elektroda (L) = 80 meter
- Untuk pemberian zat aditif 1 kg gypsum dan 3 kg kalsium oksida dibutuhkan panjang elektroda/kedalaman penanaman elektroda (L) = 85 meter
- Untuk pemberian zat aditif 4 kg gypsum dan 4 kg kalsium oksida dibutuhkan panjang

elektroda/kedalaman penanaman elektroda (L) = 105 meter

Berdasarkan hasil penelitian campuran gypsum dan kalsium oksida dapat digunakan sebagai zat aditif pada sistem pembumian. Apabila menggunakan campuran gypsum dan kalsium oksida sebagai zat aditif pada sistem pembumian untuk mendapatkan nilai tahanan tanah yang paling rendah dengan R tanah 0,17 ohm – 0,18 ohm dengan tahanan jenis tanah 22,608 ohm-meter – 21,352 ohm-meter dan persentase penurunan nilai tahanan tanah sekitar 37,98% cukup dengan mencampur gypsum dan kalsium oksida dengan perbandingan 3 kg gypsum dan 1 kg kalsium oksida karena pencampuran gypsum dan kalsium oksida dengan perbandingan 4 kg dan 1 kg memiliki nilai yang sama sehingga jika menggunakan perbandingan 3 kg gypsum dengan 1 kg kalsium oksida hanya memerlukan bahan yang sedikit dan dapat lebih menghemat pengeluaran dalam membeli bahan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pada penelitian mengenai pemanfaatan pencampuran gypsum dengan kalsium oksida sebagai zat aditif pada sistem pembumian, dapat disimpulkan:

1. Campuran dari gypsum dan kalsium oksida dapat digunakan untuk menurunkan nilai tahanan tanah yang dapat menyebabkan tahanan jenis tanah menurun akibat daripada adanya peningkatan kuantitas air yang dihasilkan oleh adanya pencampuran dari gypsum dengan kalsium oksida tersebut. Hal tersebut ditunjukkan oleh adanya penurunan nilai tahanan jenis yang dihasilkan dari 36,424 ohm-meter (nilai tahanan jenis tanpa zat aditif) menjadi 22,608 ohm-meter (nilai tahanan jenis dengan campuran gypsum dan kalsium oksida perbandingan 3:1 dan 4:1) serta persentase penurunan nilai tahanan tanah mencapai 37,98%.
2. Campuran gypsum dengan kalsium oksida yang paling efektif atau yang paling baik digunakan sebagai zat aditif pada sistem pembumian khususnya digunakan pada tanah liat ladang ialah campuran 3 kg gypsum dan 1 kg kalsium oksida. Hal tersebut dikarenakan pada campuran

dengan perbandingan 4 kg gypsum dengan 1 kg kalsium oksida memiliki nilai tahanan yang sama. Oleh karena itu, dapat digunakan campuran dengan perbandingan 3 kg gypsum dengan 1 kg kalsium oksida sehingga penggunaan zat aditif yang lebih sedikit serta dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk gypsum dan kalsium oksida yang akan digunakan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, A. 1991. Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik–Gardu Induk. Jakarta : Pradnya Paramita.
- [2] Devy, A., Yul, M., Herri, G; 2016, Perbaikan Tanah dengan Menggunakan Bentonit Teraktivasi; Volume 10; Edisi 1; Bandar Lampung; Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro; Diakses Pada Hari Selasa, 17 November 2020
- [3] Erliza, Y., Muhammad A., Yosi, A; 2018, Analisis Ketinggian Zat Aditif Pada Box Elektroda Batang Terhadap Resistansi Pentanahan; Volume 8; Edisi 1; Palembang; Jurnal Teknik Elektro; Diakses Pada Hari Rabu, 18 November 2020
- [4] Erliza, Y., Eliza; 2015, Pengaruh Gypsum dalam mereduksi Nilai Resistansi Pentanahan di Tanah Ladang ; Volume 5; Edisi 1; Palembang; Jurnal Teknik Elektro; Diakses Pada Selasa, 17 November 2020
- [5] Erliza, Y., Dedy, H., Prima, A; 2017, Penggunaan Gypsum dan Magnesium Sulfat sebagai Upaya Menurunkan Nilai Resistansi Pentanahan, ; Volume 2; Edisi 1; Palembang; Jurnal Surya Energi; diakses minggu, 15 november 2020
- [6] Erliza, Y., Abdul, M., Faisal; 2019, Studi Perlakuan Terhadap Tanah untuk Menentukan Nilai Resistansi dan Tahanan Jenis Pentanahan, Volume 3; Edisi 2; Palembang; Jurnal Surya Energi; Diakses Pada Hari Selasa, 17 November 2020
- [7] Hermawan. 1985. Perencanaan Sistem pembumian dengan Multigrad. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [8] Hutaeruk, T S. 1987. Pentanahan Netral Sistem Tenaga dan Pentanahan Peralatan. Jakarta : Erlangga.
- [9] Janardana, IGN; 2005, Pengaruh Umur Beberapa Volume Zat Aditif Bentonit Terhadap Nilai Tahanan Pentanahan; Volume 4; Edisi 25; Jimbaran Bali; Jurnal Teknologi Elektro; Diakses Pada Hari Selasa, 17 November 2020
- [10] Janardana, IGN; 2005, Perbedaan Penambahan Garam dengan Penambahan Bentonit Terhadap Nilai Tahanan Pentanahan pada Sistem pembumian; Volume 4; Edisi 25; Jimbaran Bali; Jurnal Teknologi Elektro; Diakses Pada Hari Selasa, 17 November 2020
- [11] Subardja, D., Ritung, Muhammad, A, Sukarman, E. Suryani, dan Subandiono, RE. 2016. Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional. Bogor. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian,
- [12] Suartika. 2017, Sistem Pembumian (*Grounding*) Dua Batang Sistem Pengamanan Tenaga Listrik; Karya Tulis Ilmiah; Jimbaran Bali; Universitas Udayana; Diakses Pada Hari Jumat, 28 November 2020
- [13] Yul, M., Dikpride, D., Lusmeilia, A; 2018, Pengaruh Pencampuran Gypsum sebagai Zat Aditif untuk Penurunan Nilai Resistansi *Grounding* pada Elektroda Batang Tunggal; Bandar Lampung; Jurnal Teknik Elektro; Diakses Pada Hari Rabu 18 November 2020