

Evaluasi Sistem Pembumian Peralatan Listrik Pada Gedung Pesantren Mawaridussalam Kecamatan Batang Kuis Kabupaten Deli Serdang

Carles Ritonga, Raja Harahap, Yusmartato, Armansyah

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UISU-Medan

harahap@yaho.com; yusmartato@ft.uisu.ac.id; armansyah@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Sistem pembumian bertujuan untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik maupun manusia yang berlokasi di sekitar gangguan dengan cara mengalirkan arus gangguan ke bumi (tanah). Salah satu faktor untuk mendapatkan nilai tahanan pembumian yang kecil yaitu letak elektroda yang akan di tanam, untuk mengetahui nilai pembumian tersebut maka diperlukan pengukuran. Salah satu unsur yang perlu diperhatikan dalam pengukuran suatu sistem pembumian adalah kondisi tanah di daerah di mana sistem pembumian tersebut akan dipasang. Pengukuran dilakukan menggunakan metode tiga titik dengan menancapkan elektroda batang di tanah dan parit berair, di tanah kering pada kondisi tanah yang berbeda dengan kedalaman bervariasi. Hasil dari penelitian ini di dapatkan perhitungan untuk tanah berair kedalaman 0,5 m sebesar 29 Ohm dan kedalaman 1 m sebesar 16 Ohm. Untuk tanah kering kedalaman 0,5 m sebesar 146 Ohm dan kedalaman 1 m sebesar 84 Ohm. Dan untuk tanah krikil kedalaman 0,5 m sebesar 731 Ohm dan kedalaman 1 m sebesar 420 Ohm. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui besarnya tahanan pembumian pada tanah dan parit berair dan tanah kering dengan kondisi tanah yang berbeda di areal Pondok Pesantren Mawaridussalam Jalan Peringgian Desa Tumpatan Nibung Kecamatan Batang Kuis Kabupaten Deli Serdang.

Kata Kunci: *Pembumian, Elektroda, Tanah Berair, Tanah Kering*

I. PENDAHULUAN

Seiring berjalan nya perkembangan zaman dan semakin sempitnya tanah yang dapat digunakan, maka pembangunan pondok pesantren di wilayah Indonesia terutama di perkotaan mengalami kendala pada perluasan bangunan. Sehingga pembangunan pondok pesantren cenderung ke atas atau bertingkat sebagai solusi menghadapi permasalahan tersebut. Bangunan bertingkat tinggi lebih rawan mengalami gangguan baik gangguan secara mekanik maupun gangguan alam. Salah satu gangguan alam yang sering terjadi adalah sambaran petir (Jamaaluddin and Sumarno 2017).

Untuk melindungi dan mengurangi dampak kerusakan akibat sambaran petir maka dipasang sistem pengamanan pada pondok pesantren. Sistem pengamanan itu berupa sistem penangkal petir beserta pembumiannya. Pemasangan sistem tersebut didasari oleh perhitungan resiko kerusakan akibat sambaran petir terhadap pondok pesantren. Dengan adanya sistem pembumian ini, semua bagian perumahan dan permukaan tanah diharapkan mempunyai tegangan yang merata, terutama pada saat gangguan ke tanah sehingga tidak membahayakan orang yang berada di sekitar tempat itu.

Kebutuhan pembumian ini bermula dari kenyataan bahwa gangguan sering terjadi pada peralatan listrik, sehingga mengakibatkan arus gangguan mengalir pada pembumian, yang akan menimbulkan kenaikan beda potensial. Hampir semua peralatan elektronika dan peralatan listrik di pondok pesantren seperti : Televisi (TV), kipas

angin, komputer, lampu, AC (pendingin ruangan), pompa listrik, pemasak nasi (rice cooker), bor listrik, dan sebagainya membutuhkan energi listrik agar dapat beroperasi. Energi listrik sangat banyak membantu kehidupan kita sehari-hari dan sudah merupakan kebutuhan yang vital. Tetapi apabila listrik tidak memiliki pengamanan dan instalasi yang benar, maka listrik akan berubah menjadi energi yang berbahaya (Setiawan and Syukur 2018).

Maka, sebuah sistem pembumian (pentanahan) yang diinstalasi dengan baik adalah bagian penting untuk menjaga sistem kelistrikan bekerja dengan aman. Setiap sistem listrik membutuhkan pembumian yang tepat untuk menjaga agar sistem bekerja dengan baik. Sebuah sistem pembumian tergantung pada dua komponen untuk bekerja dengan benar yaitu :

1. Lokasi dari sambungan pembumian
2. Ukuran dari konduktor pembumian

Untuk meminimalkan kerusakan akibat sambaran petir pada perumahan, maka perlu dilakukan perhitungan nilai pembumian yang aman dan menganalisa tempat tertanamnya elektroda pembumian.

Pada proses perencanaan suatu jenis sistem pembumian pada perumahan, memerlukan suatu pengukuran tahanan pembumian yang akan menjadi acuan proses perencanaan sistem pembumian. Hal ini akan bermanfaat dalam perencanaan sistem pembumian karena arus lebih dialirkan ke tanah/bumi dengan cepat pada saat terjadi gangguan sambaran petir karena nilai tahanan pembumian yang kecil.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pembumian

Sistem pembumian atau biasa disebut sebagai grounding system adalah sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik terutama akibat sambaran petir. Sistem pembumian digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau sirkit listrik dengan bumi.

Sistem pembumian yang di gunakan baik untuk pembumian netral dari suatu sistem tenaga listrik, pembumian sistem penangkal petir dan pembumian untuk suatu peralatan khususnya dibidang telekomunikasi dan elektronik perlu mendapatkan perhatian yang serius ,karena pada prinsipnya pembumian tersebut merupakan dasar yang di gunakan untuk suatu sistem proteksi. Tidak jarang orang umum/awam maupun seorang teknisi masih ada kekurangan dalam memprediksikan nilai dari suatu hambatan pembumian. Besaran yang sangat dominan untuk diperhatikan dari suatu sistem pembumian adalah hambatan sistem dari suatu sistem pembumian tersebut(Riyanto 2021).

Sampai dengan saat ini orang mengukur hambatan pembumian hanya dengan menggunakan earth tester yang prinsipnya mengalirkan arus searah kedalam sistem pembumian, sedang kenyataan yang terjadi suatu sistem pembumian tersebut tidak pernah dialiri arus searah.Karena biasanya berupa sinusoidal (AC) atau bahkan berupa impuls (petir) dengan frekuensi tingginya atau berbentuk arus berubah waktu yang sangat tidak menentu bentuknya.

Perilaku tahanan sistem pembumian sangat tergantung pada frekuensi (dasar dan harmonisanya) dari arus yang mengalir ke sistem pembumian tersebut. Dalam suatu pembumian baik penangkal petir atau pembumian netral sistem tenaga adalah berapa besar impedansi sistem pembumian tersebut.Besar impedansi pembumian tersebut sangat dipengaruhi oleh banyak faktor baik faktor internal atau eksternal. Yang dimaksud dengan faktor internal meliputi:

- Dimensi konduktor pembumian (diameter atau panjangnya).
- Resistivitas relatif tanah.
- Konfigurasi sistem pembumian.

Yang dimaksud dengan faktor eksternal meliputi:

- Bentuk arusnya (pulsa, sinusoidal, searah).
- Frekuensi yang mengalir ke dalam sistem pembumian

Untuk mengetahui nilai-nilai hambatan jenis tanah yang akurat harus dilakukan pengukuran secara langsung pada lokasi yang di gunakan untuk sistem pembumian karena struktur tanah yang sesungguhnya tidak sesederhana yang diperkirakan, untuk setiap lokasi yang berbeda

mempunyai hambatan jenis tanah yang tidak sama(Jaya, Sultan, and Salim 2021). Tujuan utama pembumian adalah menciptakan jalur yang tahanan rendah(low-impedance) terhadap permukaan bumi untuk gelombang listrik dan tegangan transient.Penerangan, arus listrik, circuit switching dan electrostatic discharge adalah penyebab umum dari adanya sentakan listrik atau tegangan transient(Wiguna 2016). Pembumian yang efektif akan meminimalkan efek tersebut.

Tujuan sistem pembumian adalah :

- Membatasi besarnya tegangan terhadap bumi agar berada dalam batasan yang diperbolehkan.
- Menyediakan jalur bagi aliran arus yang dapat memberikan deteksiterjadinya hubungan yang tidak dikehendaki antara konduktor sistem dan bumi. Deteksi ini akan mengakibatkan beroperasinya peralatan otomatis yang memutuskan suplai tegangan dari konduktor tersebut.

2.2 Jenis-jenis Tanah

Faktor keseimbangan antara tahanan pembumian dan kapasitansi di sekelilingnya adalah tahanan jenis tanah yang direpresentasikan dengan ρ .

Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman tertentu tergantung pada beberapa faktor yaitu :

- Jenis tanah : liat, berpasir, berbatu dan lain-lain
- Lapisan tanah : berlapis-lapis dengan tahanan jenis berlainan atau sejenis
- Komposisi kimia dari larutan garam dalam kandungan air
- Kelembaban tanah
- Temperatur
- Kepadatan tanah

Jenis tanah, seperti berpasir, berbatu, tanah liat dan lain-lain mempengaruhi besar tahanan jenis (Akr and Tbk 2020). Berdasarkan Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000) tahanan jenis tanah dari berbagai jenis tanah.

Kandungan zat-zat kimia dalam tanah, terutama sejumlah zat organik maupun anorganik yang dapat larut perlu untuk diperhatikan pula.Di daerah yang mempunyai tingkat curah hujan tinggi biasanya mempunyai tahanan jenis tanah yang tinggi disebabkan karena garam yang terkandung pada lapisan atas larut. Pada daerah yang demikian ini untuk memperoleh pembumian yang efektif yaitu dengan menanam elektroda pada kedalaman yang lebih dalam di mana larutan garam masih terdapat.Kandungan air tanah sangat berpengaruh terhadap perubahan tahanan jenis tanah (ρ) terutama kandungan air tanah sampai dengan 20%.

Dalam salah satu test laboratorium untuk tanah merah penurunan kandungan air tanah dari 20% ke 10% menyebabkan tahanan jenis tanah naik samapai 30 kali.Kenaikan kandungan air tanah diatas 20% pengaruhnya sedikit

sekali. Temperatur bumi pada kedalaman 1,5 m biasanya stabil terhadap perubahan temperatur permukaan. Bagi Indonesia daerah tropis perbedaan temperatur selama setahun tidak banyak, sehingga faktor temperatur boleh dikatakan tidak ada pengaruhnya.

Tanah yang kering atau dengan konsentrasi tanah yang rendah (di bawah 10%), mempunyai tahanan jenis yang besar atau dengan kata lain berupa isolator yang baik. Suatu hal yang baik dari hubungan antara tahanan jenis menunjukkan adanya kejenuhan untuk kelembaban di atas 15%, kenaikan pada kelembaban tidak banyak mempengaruhi tahanan jenis tanah.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

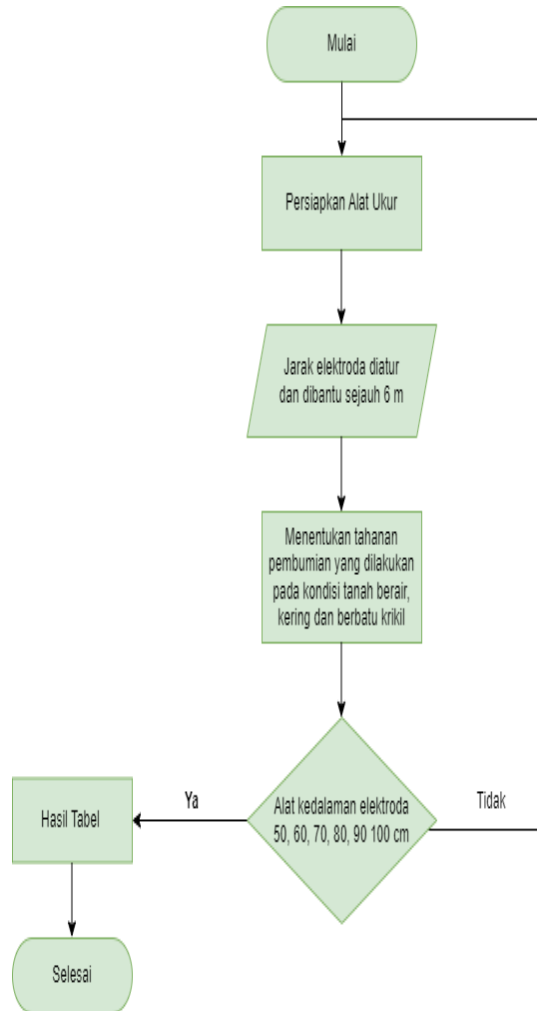
Diagram alir penelitian, pengukuran tahanan pembumian elektroda batang dengan kedalaman bervariasi dilakukan dengan 3 kondisi. Pengukuran tahanan pembumian elektroda batang tunggal dengan kedalaman bervariasi dilakukan dengan tahapan pengukuran sebagai berikut:

Mempersiapkan peralatan dan bahan, menentukan jarak antar elektroda yaitu dengan jarak 6 meter, membuat rangkaian pengujian, Gambar 1 memperlihatkan alat ukur earth tester yang digunakan. Menghubungkan wayar merah, kuning dan hijau dari alat ukur ke elektroda, menanam elektroda tes (utama) dengan memukul kepala elektroda menggunakan martil secara bertahap, memeriksa tegangan baterai dengan menekan tombol Off Batt Chek, jika baterai dalam keadaan baik maka jarum akan berada pada daerah baik mengecek penghubung atau penjepit pada elektroda utama dan elektroda bantu, melakukan pengukuran. Mengukur tahanan tanah dengan menekan tombol 1Ω dan tekan tombol MEAS (pengukuran), jika jarum penunjuk bergerak dengan skala penuh maka tekan tombol 10Ω atau 100Ω dan catat hasil yang di dapatkan, mencatat nilai ukur tahanan yang muncul dari alat ukur dengan membaca angka penunjukan jarum, mengembalikan ke posisi awal, melakukan pengujian tahanan pembumian untuk kedalaman elektroda utama yang berbeda dengan langkah 4, 5, 6, 7, 8, dan 9. tahapan yang sama untuk kondisi tanah yang berbeda.



Gambar 1. Alat ukur Earth Tester

Diagram alir proses pengukuran tahanan pembumian dengan elektroda batang tunggal pada Gambar 1 yang di tanam di tanah lokasi daerah pondok pesantren Mawaidussalam Kecamatan Batang Kuis Kabupaten Deli Serdang dengan tiga kondisi adalah sebagai berikut:

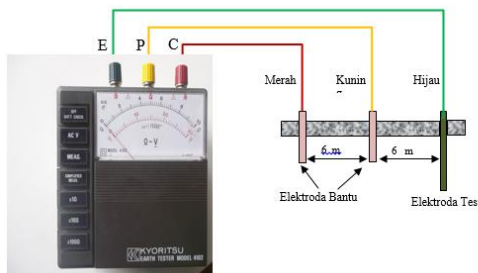


Gambar 2. Diagram Alir Proses Pengukuran Tahanan Pembumian

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Sistem Pengukuran

Pengukuran resistansi pembumian jenis elektroda batang untuk berbagai perubahan variabel kedalaman menggunakan metode 3 titik dengan menggunakan alat ukur resistansi pembumian yaitu "Earth Tester" yang rangkaianannya ditunjukkan pada Gambar 3. Dan model variasi peletakan elektroda utama terhadap tanah pengukuran dilakukan dengan posisi vertikal terhadap tanah (Andini, Martin, and Gusmedi 2016). Pengukuran dilakukan di tanah kering dan parit berair berulang-ulang dengan kedalaman yang berbeda-beda mulai dari 0,6 meter hingga 1,0 meter.



Gambar 3. Rangkaian Pengukuran Pembumian

4.2 Data Hasil Pengukuran

a. Pengukuran Tahanan Pembumian Di Tanah Kering Dan Berbatu

Data-data hasil pengukuran tahanan pembumian dengan elektroda tunggal yang di tanam di tanah kering dengan kedalaman berbeda ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tahanan Tanah Kering $L_1 = 6$ meter dan $L_2 = 6$ meter

| No | Kedalaman Elektroda (Cm) | R (Ohm) |
|----|--------------------------|---------|
| 1 | 50 | 155 |
| 2 | 60 | 115 |
| 3 | 70 | 105 |
| 4 | 80 | 87 |
| 5 | 90 | 63 |
| 6 | 100 | 56 |

b. Pengukuran Tahanan Pembumian Di Tanah Berbatu Krikil

Data-data hasil pengukuran tahanan pembumian dengan elektroda tunggal yang ditanam di tanah berbatu krikil kedalaman berbeda di tunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tahanan pada Tanah Berbatu Krikil $L_1 = 6$ meter dan $L_2 = 6$ meter

| No | Kedalaman Elektroda (Cm) | R (Ohm) |
|----|--------------------------|---------|
| 1 | 50 | 660 |
| 2 | 60 | 580 |
| 3 | 70 | 500 |
| 4 | 80 | 450 |
| 5 | 90 | 400 |
| 6 | 100 | 370 |

4.3 Perhitungan tanah kering

Perhitungan nilai tahanan peembumian untuk elektroda batang (rod) tunggal yang di tanam pada kondisi tanah ladang dengan nilai tahanan jenis tanah 100 ohm meter, diameter elektroda 15 mm. Maka nilai pembumiannya berdasarkan rumus berikut adalah :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{4}{a} \right) - 1 \right]$$

Di mana:

- R : Tahanan pentanahan untuk batang tunggal (Ohm)
- ρ : Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)
- L : Panjang elektroda (meter)
- a : Jari-jari elektroda

Perhitungan dengan cara yang sama harga R dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Tahanan di Tanah Kering

| NO | Kedalaman Elektroda (cm) | R (Ohm) |
|----|--------------------------|---------|
| 1 | 50 | 146 |
| 2 | 60 | 126 |
| 3 | 70 | 112 |
| 4 | 80 | 101 |
| 5 | 90 | 92 |
| 6 | 100 | 84 |

4.4 Perhitungan tanah krikil

Perhitungan nilai tahanan peembumian untuk elektroda batang (rod) tunggal yang di tanam pada kondisi tanah berbatu krikil dengan nilai tahanan jenis tanah rata-rata 500 ohm meter, diameter elektroda 15 mm. Maka nilai pembumiannya berdasarkan rumus berikut adalah :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{4}{a} \right) - 1 \right]$$

Di mana:

- R = Tahanan pentanahan untuk batang tunggal (Ohm)
- ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)
- L = Panjang elektroda (meter)
- a = Jari-jari elektroda

Hasil Perhitungan harga R dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Tahanan di Tanah Berbatu Krikil

| NO | Kedalaman Elektroda (cm) | R (Ohm) |
|----|--------------------------|---------|
| 1 | 50 | 731 |
| 2 | 60 | 632 |
| 3 | 70 | 560 |
| 4 | 80 | 503 |
| 5 | 90 | 457 |
| 6 | 100 | 420 |

4.5 Hasil Analisa Data

Struktur dan karakteristik tanah merupakan salah satu faktor yang mutlak diketahui karena mempunyai kaitan erat dengan perencanaan sistem pembumian yang akan di gunakan. Nilai tahanan jenis tanah harganya bermacam-macam, tergantung pada komposisi tanahnya. Pengelompokan tahanan jenis tanah dari berbagai macam jenis tanah pada kedalaman tertentu tergantung pada beberapa hal antara lain pengaruh temperature, pengaruh kelembaban dan pengaruh kandungan kimia.



Gambar 4. Grafik Tahanan Untuk Tanah Kering

Diketahui pada ada Gambar 4 merupakan grafik tahanan pada tanah kering di mana grafik tersebut menunjukkan semakin rendah kedalaman elektroda ke dalam tanah maka semakin rendah tegangan listrik yang dihantarkan. Adapun kedalaman elektroda yang diterapkan pada gambar 4.3 yaitu 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm, 90 cm, 100 cm dengan pengukuran 155 Ohm, 115 Ohm, 105 Ohm, 87 Ohm, 63 Ohm dan 56 Ohm.



Gambar 5. Grafik Tahanan Untuk Tanah Krikil

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran tahanan pembumian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tahanan elektroda pembumian untuk elektroda tunggal akan bernilai semakin kecil bila elektroda tersebut di tanam semakin dalam dari permukaan tanah untuk tiga kondisi yaitu kondisi tanah berair, kondisi tanah kering dan kondisi tanah berbatu krikil.
2. Nilai tahanan pembumian yang bernilai paling kecil untuk elektroda yang tertanam di parit berair, untuk sama-sama kedalaman elektroda 1 meter di peroleh $R = 16$ ohm untuk tanah parit berair, sedangkan untuk tanah kering $R = 84$ ohm dan ditinjau berbatu krikil $R = 420$ ohm, ini disebabkan karena tahanan jenis tanahnya mempunyai harga yang berbeda. Dari ketiga kondisi tanah dapat dibandingkan bahwa tanah parit berair yang mempunyai harga tahanan pembumian paling kecil.

3. Elektroda yang digunakan pada pengukuran hanya menggunakan elektroda besi dengan berdiameter 15 mm dengan panjang 1 m, sehingga di peroleh tahanan pembumian yang masih besar.

5.2. Saran

1. Pengukuran bisa dikembangkan dengan metode kondisi tanah dan jenis elektroda yang lain.
2. Jika ingin memasang elektroda pembumian sebaiknya dicari harga tahanan pembumian yang kecil.

Sebelum melakukan pengukuran di lokasi yang akan di ukur kita cek baterai alat ukurnya terlebih dahulu agar mendapatkan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Akr, P T, and Corporindo Tbk. 2020. "Jurnal Ilmiah Elektrokrisna Vol. 8 No.2 Februari 2020 34" 8 (2): 34–42.
- [2]. Andini, Devy, Yul Martin, and Herri Gusmedi. 2016. "Perbaikan Tahanan Pentanahan Dengan Menggunakan Bentonit Teraktivasi." *Jurnal Electrician* 10: 45–53.
- [3]. Bakar, Abu, and Suharto Suharto. 2021. "Analisa Teknis Pembuatan Alat Pengukur Pentanahan Pada Batang Tunggal Dan Paralel Pada Beberapa Jenis Elektroda Dengan Ukuran Yang Berbeda Untuk Keperluan Praktikum Pentanahan Mahasiswa Teknik Listrik." *Jurnal Vokasi* 16 (2): 116–21.
<https://doi.org/10.31573/vokasi.v16i2.317>.
- [4]. Elektro, Jurusan Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning, Jl Yos, Sudarso Km, and Rumbai Pekanbaru. 2015. "Analisis Sistem Pentanahan Transformator Distribusi Di Universitas Lancang Kuning Pekanbaru" 12 (2): 292–99.
- [5]. Hamid, Muhammad Kamal, and Said Abubakar. 2016. "Sistem Pentanahan Pada Transformator Distribusi 20 KV Di PT . PLN (Persero) Area Lhokseumawe Rayon Lhoksukon." *Journal of Electrical Technology* Vol. 1: 13–16.
- [6]. Harahap, Raja, Ramayulis Nasution, and Syaru Ramadhani. 2021. "Gedung Dan Di Gardu Induk Pada Rumah Sakit Grand Mitra Medika Medan" 6 (3).
- [7]. Jamaaluddin, Izza Anshory, and Eko suprayitno Agus. 2015. "Penentuan Kedalaman Elektroda Pada Tanah Pasir Dan Kerikil Kering Untuk Memperoleh Nilai Tahanan Pentanahan Yang Baik (Depth Determination of Electrode at Sand and Gravel Dry for Get The Good Of Earth Resistance)." *Jurnal JTE-U* 1 (1): 1–9.

- [8] Jamaaluddin, Jamaaluddin, and Sumarno Sumarno. 2017. "Perencanaan Sistem Pentanahan Tenaga Listrik Terintegrasi Pada Bangunan." *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)* 1 (1): 29–33. <https://doi.org/10.21070/jee-u.v1i1.375>.
- [9] Jaya, Arfan, Ahmad Rizal Sultan, and Agus Salim. 2021. "Proteksi Transmisi 150 KV Maros – Sungguminasa Menggunakan Metode Pentanahan Langsung (Direct Grounding)," no. September: 44–50.
- [10] Kumara, Isnu Gita, and Rizki Noor Prasetyono. 2021. "Analisis Kelayakan Nilai Tahanan Pentanahan Jaringan Distribusi Di PT . PLN (PERSERO) ULP Bumiayu." *Journal of Electronic and Electric Power Application*, 16–21.
- [11] Kusuma, Dytchia Septi. 2016. "Analisa Perbedaan Tahanan Tanah Di Musim Hujan Dan Kemarau Pada Pentanahan Jaringan Tegangan Rendah Di Daerah Bukittinggi." *MENARA Ilmu X (73)*: 179–80.
- [12] Layl, Jamalul, Program Studi, Teknik Elektro, Jurusan Teknik, Fakultas Teknik, and Universitas Tanjungpura. 1995. "STUDI ANALISA PERBANDINGAN MEDIA TERHADAP."
- [13] Riyanto. 2021. "Analisis Perancangan Sistem Pentanahan Grid Secara Optimal Pada Sistem Tenaga Listrik." *Jurnal Teknik ...* 10 (01): 55–64. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/36271>.
- [14] Setiawan, Deni, and Abdul Syakur. 2018. "Analisis Pengaruh Penambahan Garam Dan Arang Sebagai Soil Treatment Dalam Menurunkan Resistansi Pentanahan Variasi Kedalaman Elektroda." *Transient 7 (2)*: 416–23.
- [15] Wiguna, Rifo Ardo. 2016. "Resistansi Tinggi Pada Generator" 2: 1–4.