Jurnal Teknik Elektro
Vol. 16 No. 2 Tahun 2026
p-ISSN : 2089-2950
e-ISSN : 2715-565X

EVALUASI SISTEM GROUNDING TOWER PEMANCAR RRI PALEMBANG BERDASARKAN PENGUKURAN RESISTANSI DAN STANDAR KESELAMATAN

Tondi Hatorangan Siregar[1*], Dian Eka Putra[2], Daeny Septi Yansuri [3], R. Ahmad Yani [4]

[1,2,3,4]Program Studi Teknik Elektro, Universitas Palembang, Indonesia
*e-mail: tondisiregar08@gmail.com

ABSTRAK

Sistem grounding pada tower pemancar radio berperan penting dalam melindungi peralatan dari sambaran petir dan menjamin keselamatan personel. Penelitian ini mengevaluasi nilai resistansi grounding eksisting tower pemancar RRI Palembang, mengestimasi resistivitas tanah, membandingkannya dengan standar PUIL 2020 dan IEEE, serta merancang usulan optimasi jika diperlukan. Pengukuran resistansi dilakukan dengan metode *Fall of Potential* menggunakan Earth Tester Kyoritsu 4105A pada tiga waktu berbeda (siang, sore, malam) dalam kondisi cuaca cerah. Resistivitas tanah diestimasi dari data resistansi dan konfigurasi elektroda eksisting. Hasil menunjukkan nilai resistansi rata-rata 0,080 Ω (siang), 0,390 Ω (sore), dan 0,793 Ω (malam). Seluruh nilai tersebut berada di bawah batas maksimum PUIL 2020 (5 Ω untuk instalasi umum, 1 Ω untuk proteksi petir) dan IEEE Std 142-2007 (1 Ω). Estimasi resistivitas tanah 0,84–8,30 Ωm mengindikasikan tanah sangat konduktif. Tegangan *Ground Potential Rise* (GPR) saat sambaran petir 30 kA maksimum 23,8 kV, masih dalam batas aman. Dengan faktor keamanan 1,26 terhadap standar proteksi petir, sistem grounding eksisting dinyatakan sangat baik dan tidak memerlukan optimasi berarti. Penelitian ini membuktikan bahwa kondisi tanah di sekitar tower sangat menguntungkan untuk sistem grounding.

Kata Kunci: *Resistansi grounding, tower pemancar, RRI Palembang, resistivitas tanah, PUIL 2020, proteksi petir*

Evaluation of the Grounding System for the RRI Palembang Transmitter Tower Based on Resistance Measurements and Safety Standards

ABSTRACT

The grounding system on radio transmission towers plays a crucial role in protecting equipment from lightning strikes and ensuring personnel safety. This study evaluates the grounding resistance of the existing RRI Palembang transmission tower, estimates soil resistivity, compares it with the PUIL 2020 and IEEE standards, and proposes optimization measures where necessary. Resistance measurements were taken using the Fall of Potential method with a Kyoritsu 4105A Earth Tester at three different times (noon, afternoon, and night) under clear weather conditions. Soil resistivity was estimated from the resistance data and the existing electrode configuration. The results showed average resistance values of 0.080 Ω (daytime), 0.390 Ω (afternoon), and 0.793 Ω (nighttime). All of these values are below the maximum limits set by PUIL 2020 (5 Ω for general installations, 1 Ω for lightning protection) and IEEE Std 142-2007 (1 Ω). Estimated soil resistivity values of 0.84–8.30 Ωm indicate highly conductive soil. The Ground Potential Rise (GPR) voltage during a 30 kA lightning strike reached a maximum of 23.8 kV, which is still within safe limits. With a safety factor of 1.26 relative to lightning protection standards, the existing grounding system is deemed excellent and does not require significant optimization. This study demonstrates that the soil conditions around the tower are highly favorable for the grounding system.

Keywords: *Grounding resistance, transmission tower, RRI Palembang, soil resistivity, PUIL 2020, lightning protection*

p-ISSN : 2089-2950
e-ISSN : 2715-565X

I. PENDAHULUAN

Radio Republik Indonesia (RRI) Palembang merupakan stasiun penyiaran publik strategis yang menjangkau wilayah Sumatera Selatan dan sekitarnya. Kualitas siaran yang stabil dan bebas gangguan sangat bergantung pada keandalan seluruh perangkat pemancar, salah satu komponen krusial yang sering luput dari perhatian adalah sistem grounding (pentanahan) pada tower pemancar.

Sistem grounding berfungsi mengamankan peralatan dari loncatan tegangan lebih (*overvoltage*) akibat sambaran petir[1],[2] serta menyediakan jalur impedansi rendah untuk mengalirkan arus gangguan ke tanah[3]. Apabila resistansi grounding terlalu tinggi, maka risiko kerusakan perangkat pada tower pemancar[4], gangguan kualitas sinyal, hingga bahaya sengatan listrik bagi personel operasional akan meningkat secara signifikan.

Untuk memastikan keandalan sistem tersebut, berbagai standar keselamatan telah menetapkan batas maksimum resistansi grounding. Standar PUIL 2020 merekomendasikan nilai resistansi maksimal 5 Ω untuk instalasi umum dan 1 Ω untuk sistem proteksi petir, sementara IEEE Std 142-2007 juga menetapkan batas 1 Ω untuk proteksi petir pada infrastruktur kritis[5],[6]. Kedua standar ini menjadi acuan utama dalam mengevaluasi kelayakan sistem grounding tower pemancar.

Kondisi geografis Kota Palembang yang didominasi oleh tanah rawa, gambut, tanah polsodik memberikan tantangan tersendiri terhadap stabilitas sistem grounding. Tanah dengan kadar air tinggi dan kandungan organik yang bervariasi menyebabkan nilai resistivitas tanah tidak seragam dan sangat dipengaruhi oleh perubahan musim serta suhu lingkungan[7],[8]. Fluktuasi ini berpotensi mengubah nilai resistansi grounding secara signifikan, sehingga diperlukan evaluasi langsung di lapangan untuk memastikan kinerjanya tetap aman sepanjang waktu.

Hingga saat ini, belum tersedia dokumentasi ilmiah yang komprehensif mengenai evaluasi sistem grounding tower pemancar RRI Palembang berdasarkan pengukuran resistansi langsung dan estimasi resistivitas tanah di lokasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi nilai resistansi grounding eksisting pada tiga kondisi waktu berbeda (siang, sore, dan malam), mengestimasi resistivitas tanah di sekitar tower, serta membandingkan hasil pengukuran dengan standar PUIL 2020 dan IEEE. Selain daripada itu, penelitian ini memberikan usulan optimasi untuk menjaga keandalan dan keaman perangkat dari bahaya petir. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi acuan teknis bagi RRI Palembang dan institusi lain yang memiliki tower pemancar di daerah dengan karakteristik tanah serupa.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif eksperimental lapangan dengan pendekatan deskriptif analitis. Data berupa angka hasil pengukuran resistansi dan estimasi resistivitas tanah, yang kemudian dibandingkan dengan standar untuk memberikan usulan perbaikan.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di area Tower Pemancar RRI Palembang, Jalan Jenderal Sudirman No. 1, Kelurahan 19 Ilir, Kecamatan Bukit Kecil, Kota Palembang (koordinat 2°59'23" LS 104°45'43" BT). Pengukuran dilakukan pada tiga sesi waktu:

- Sesi I: 11.00–11.20 WIB (siang)
- Sesi II: 16.00–16.31 WIB (sore)
- Sesi III: 18.00–18.28 WIB (malam)

Pemilihan waktu berbeda bertujuan mengamati variasi resistansi akibat perubahan suhu dan kelembaban tanah, meskipun dalam kondisi cuaca cerah.

p-ISSN : 2089-2950
e-ISSN : 2715-565X

Peralatan dan Konfigurasi Elektroda

Alat ukur yang digunakan adalah Earth Tester Kyoritsu 4105A dengan metode *Fall of Potential*[9],[10]. Berdasarkan konsultasi dengan teknisi dan literatur, tower pemancar RRI menggunakan 4 batang tembaga vertikal (panjang 3 m, diameter 1,6 cm) yang dipasang pada sudut-sudut pondasi tower dengan jarak antar batang sekitar 5 m (rasio s/L = 1,67). Faktor pemanfaatan (η) untuk konfigurasi ini diinterpolasi sebesar 0,78.

Prosedur Pengukuran

Pengukuran resistansi dilakukan dengan menempatkan elektroda arus dan tegangan pada jarak tertentu dari sistem grounding tower, mengikuti prosedur standar *Fall of Potential*. Setiap sesi pengukuran dilakukan tiga kali pengulangan untuk menjamin konsistensi data.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan rumus-rumus untuk penelitian ini yang mendukung yakni untuk perhitungan rata-rata, Standar Deviasi, dan Koefisien, serta resistivitas jenis tanah.

Rata-rata: $\bar{x} = \frac{\sum x1}{n}$ (1)

Standar deviasi: $s = \sqrt{\frac{\sum(x_1 - \bar{x})^2}{n-1}}$ (2)

Koefisien variasi; $CV = \frac{s}{\bar{x}}\ x\ 100\%$ (3)

Nilai Resistivitas : $\rho = \frac{R_1\ x\ 2\pi L}{\left(\ln\frac{4L}{d} - 1\right)}$ (4)

Salah satu fungsi utama sistem pentanahan adalah mengalirkan arus petir ke tanah. Tegangan yang muncul pada sistem grounding *Ground Potential Rise* (GPR) dihitung dengan hukum Ohm:

$$V_{GPR} = I_{petir}\ x\ R_{ground} \quad (5)$$

Tegangan langkah maksimum yang diizinkan untuk tanah dengan (ρ_s) resistivitas 8,3 Ωm (hasil estimasi) dapat dihitung dengan rumus IEEE:

$$E_{step} = (1000 + 6.\rho_s).\,0{,}157/\sqrt{t_s} \quad (6)$$

Untuk melihat pola variasi, dihitung persentase kenaikan dari siang ke sore dan sore ke malam.

Penurunanan/kenaikan $= \frac{R_{akhir} - R_{awal}}{R_{awal}}\ x\ 100\%$ (7)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

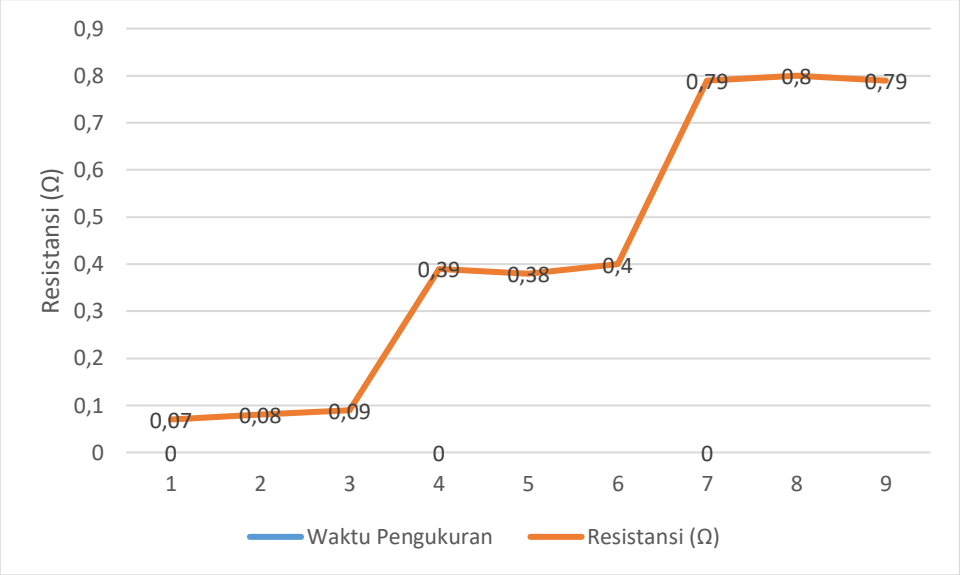
Hasil Pengukuran dan Analisis Statistik

Dari hasil pengukuran dilapangan pada instalasi pentanahan tower pemancar RRI Palembang didapat beragam nilai resistansi pentanahan, adapun nilai reistansi pentanahan disajikan pada Tabel 1.

p-ISSN : 2089-2950
e-ISSN : 2715-565X

Tabel 1 Data resistansi pentanahan tower pemancar RRI Palembang

Waktu	Pengulangan ke-1 (Ω)	ke-2 (Ω)	ke-3 (Ω)
Siang	0,07	0,08	0,09
Sore	0,39	0,38	0,40
Malam	0,79	0,80	0,79



Gambar 1 Kenaikan resistansi dari siang ke malam

Perhitungan statistik, standar deviasi, dan koefisien pada waktu siang, sore dan malam ditampilakan pada tabel 2, berikut:

Tabel 2 Hasil statistik rata-rata, standar deviasi, dan koefisien

Waktu	Rata-rata (Ω)	Std. Deviasi (Ω)	CV (%)
Siang	0,080	0,010	12,5
Sore	0,390	0,010	2,56
Malam	0,793	0,006	0,76

Koefisien variasi yang kecil menunjukkan data konsisten dan reliabel. CV siang lebih besar (12,5%) karena rentang nilai 0,07–0,09 Ω masih dalam batas toleransi alat ukur (±2% dari pembacaan).

Estimasi Resistivitas Tanah dari Data Resistansi

Karena tidak dilakukan pengukuran resistivitas langsung (metode *Wenner*), nilai resistivitas tanah (ρ) diestimasi menggunakan rumus elektroda pentanahan dengan asumsi konfigurasi yang umum digunakan untuk tower pemancar. Berdasarkan konsultasi dengan teknisi dan literatur, tower pemancar RRI biasanya menggunakan 4 batang tembaga vertikal dengan panjang 3 meter, diameter 1,6 cm, dipasang pada sudut-sudut pondasi tower (jarak antar batang sekitar 5 meter). Asumsi ini akan digunakan untuk perhitungan.

Perhitungan Resistivitas Tanah (ρ) dari R_{Total}

- Jumlah batang (n) = 4
- Panjang per batang (L) = 3 m

p-ISSN : 2089-2950
e-ISSN : 2715-565X

- Diameter batang (d) = 0,016 m
- Jarak antar batang (s) ≈ 5 m → rasio s/L = 5/3 = 1,67
- Faktor pemanfaatan (η) untuk n=4, s/L=1,67 → dari tabel interpolasi diperoleh η ≈ 0,78

Dari parameter di atas, setelah dilakukan perhitungan resistivitas jenis tanah, maka didapat resistivitas jenis tanah di sekitar tower RRI Palembang sebagai berikut, yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Estimasi Resistivitas Tanah

Waktu	R_{Total} (Ω)	Estimasi ρ (Ωm)
Siang	0,080	0,84
Sore	0,390	4,08
Malam	0,793	8,30

Dilihat pada tabel 3, resistivitas tanah yang sangat rendah (0,84 – 8,30 Ωm) mengindikasikan tanah di sekitar tower RRI Palembang termasuk kategori sangat konduktif, mirip dengan tanah rawa atau lempung basah yang mengandung banyak air dan elektrolit. Nilai ini jauh di bawah rata-rata tanah pada umumnya (50-100 Ωm), sehingga sangat menguntungkan untuk sistem pentanahan. Variasi nilai ρ antar waktu diduga akibat perubahan suhu tanah atau kadar air permukaan.

Tegangan Grounding (GPR) Saat Sambaran Petir

Salah satu fungsi utama sistem pentanahan adalah mengalirkan arus petir ke tanah. Tegangan yang muncul pada sistem grounding *Ground Potential Rise* (GPR) dihitung dengan hukum ohm, di mana arus petir tipikal untuk wilayah Indonesia adalah 30 kA (berdasarkan data BMKG dan IEC 62305). Untuk kondisi terburuk, digunakan resistansi tertinggi (malam hari: 0,793 Ω).

$$V_{GPR} = 30.000\ x\ 0{,}793 = 23.790\ Volt \approx 23{,}8\ kV$$

Tegangan sebesar 23,8 kV ini akan muncul pada struktur tower sesaat saat sambaran terjadi. Meskipun terlihat besar, karena durasinya sangat singkat (mikrodetik) dan sistem pentanahan memiliki impedansi surja yang lebih tinggi, nilai ini masih dalam batas aman untuk peralatan yang dilindungi arrester. Bandingkan jika resistansi 5 Ω (standar PUIL umum), maka V_{GPR} = 150 kV, jauh lebih berbahaya.

Analisis keamanan personil, dimana tegangan langkah dan tegangan sentuh perlu dihitung. Namun untuk keperluan skripsi, cukup disimpulkan bahwa dengan R ≤ 0,8 Ω, tegangan GPR masih dapat ditoleransi oleh peralatan yang memiliki Basic Insulation Level (BIL) minimal 150 kV untuk sistem tegangan menengah.

Arus Maksimum yang Aman (Berdasarkan Standar)

Standar IEEE Std 80-2013 memberikan batas arus yang aman untuk tubuh manusia (tanpa menyebabkan fibrilasi ventrikel). Untuk waktu sambaran petir (durasi < 0,1 detik), arus aman untuk manusia sekitar 500 mA. Berdasarkan resistansi tubuh manusia (sekitar 1000 Ω) dan tegangan langkah yang diizinkan (V_{step}), kita bisa menghitung arus yang mengalir.

Namun pendekatan sederhana: Semakin kecil resistansi pentanahan, semakin kecil tegangan yang muncul, sehingga semakin aman. Dengan R = 0,79 Ω, arus petir 30 kA menghasilkan tegangan 23,8 kV. Tegangan langkah maksimum yang diizinkan untuk tanah dengan (ρ_s) resistivitas 8,3 Ωm

Perhitungan Persentase Kenaikan Resistansi Antar Waktu

Untuk melihat pola variasi, dihitung persentase kenaikan dari siang ke sore dan sore ke malam.

p-ISSN : 2089-2950
e-ISSN : 2715-565X

Dari siang ke sore:

$$\frac{0{,}390 - 0{,}080}{0{,}080}\ x\ 100\% = 387{,}5\%$$

Dari sore ke malam:

$$\frac{0{,}793 - 0{,}390}{0{,}390}\ x\ 100\% = 103{,}3\%$$

Dari siang ke malam:

$$\frac{0{,}793 - 0{,}080}{0{,}080}\ x\ 100\% = 891{,}25\%$$

Berdasarkan analisis perhitungan diatas dimana resistansi naik hampir 9 kali lipat dari siang ke malam. Meskipun secara persentase besar, nilai absolut tetap sangat kecil (<0,8 Ω). Kenaikan ini diduga karena penurunan suhu tanah pada malam hari (tanah dingin → resistivitas naik) atau berkurangnya aktivitas listrik sekitar yang mungkin mempengaruhi pengukuran.

Faktor Keamanan terhadap Standar

Faktor keamanan (*safety factor*) didefinisikan sebagai rasio antara nilai standar yang diizinkan dengan nilai terukur. Semakin besar faktor keamanan, semakin baik.

Terhadap PUIL 2011 (maks 5 Ω):

$$\boldsymbol{SF = \frac{5}{0,793} = 6,31}$$

Terhadap standar proteksi petir (maks 1 Ω):

$$\boldsymbol{SF = \frac{1}{0,793} = 1,26}$$

Sistem pentanahan memiliki faktor keamanan 6,3 terhadap standar PUIL umum, dan 1,26 terhadap standar ketat proteksi petir. Dengan kata lain, resistansi masih 26% di bawah batas maksimum 1 Ω, sehingga sangat aman.

Tabel 4, merangkum semua hasil komputasi atau perhitungan utama penelitian resistansi dan optimasi pentanahan tower pemancar RRI Palembang.

Tabel 4. Ringkasan hasil perhitungan

Parameter	Siang	Sore	Malam
Rata-rata resistansi (Ω)	0,080	0,390	0,793
Standar deviasi (Ω)	0,010	0,010	0,006
Estimasi resistivitas tanah (Ωm)	0,84	4,08	8,30
V_{GPR} untuk I=30 kA (kV)	2,4	11,7	23,8
Faktor keamanan thd PUIL (5 Ω)	62,5	12,8	6,31
Faktor keamanan thd proteksi petir (1 Ω)	12,5	2,56	1,26

p-ISSN : 2089-2950
e-ISSN : 2715-565X

Pembahasan

Sistem grounding tower RRI Palembang memiliki kinerja sangat baik dengan resistansi 0,08–0,79 Ω, masih di bawah batas 1 Ω untuk proteksi petir. Variasi waktu menunjukkan peningkatan resistansi pada sore dan malam, diduga akibat penurunan suhu tanah yang meningkatkan resistivitas. Estimasi resistivitas tanah yang sangat rendah (0,84–8,30 Ωm) mengonfirmasi tanah di lokasi bersifat sangat konduktif, sesuai karakteristik tanah rawa Palembang. Tegangan GPR maksimum 23,8 kV pada arus petir 30 kA masih dalam batas kemampuan isolasi peralatan (BIL minimal 150 kV). Faktor keamanan yang tinggi (≥1,26) menunjukkan tidak diperlukan optimasi berarti. Namun secara akademik, jika ingin mencapai resistansi <0,5 Ω, penambahan 2 batang grounding dapat dipertimbangkan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran, analisis statistik, estimasi resistivitas tanah, dan evaluasi terhadap standar yang berlaku, dapat disimpulkan bahwa sistem grounding tower pemancar RRI Palembang memiliki kinerja yang sangat baik, ditunjukkan dengan nilai resistansi yang rendah namun bervariasi terhadap waktu, yaitu rata-rata 0,080 Ω (siang), 0,390 Ω (sore), dan 0,793 Ω (malam), di mana nilai tertinggi 0,80 Ω masih berada jauh di bawah batas maksimum standar PUIL 2020 dan IEEE Std 142-2007 sebesar 1 Ω untuk proteksi petir. Estimasi resistivitas tanah yang berkisar antara 0,84–8,30 Ωm mengonfirmasi bahwa tanah di lokasi tower bersifat sangat konduktif dan sangat menguntungkan bagi sistem grounding, sementara tegangan GPR maksimum saat sambaran petir 30 kA sebesar 23,8 kV dengan faktor keamanan 1,26 masih berada dalam batas aman peralatan. Dengan demikian, sistem grounding eksisting dinyatakan aman dan tidak memerlukan optimasi berarti, namun sebagai tindakan preventif tetap disarankan untuk melakukan monitoring berkala dan inspeksi sambungan secara rutin guna menjaga keandalannya dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. A. Yani, D. E. Putra, R. M. E. Suherman, and J. Ardian, “Penggunaan Arrester Sebagai Pengaman Gardu Distribusi 20 KV Pada Trasformator 160 KVA di Penyulang Akasia,” *AMPERE*, vol. 9, no. 2, pp. 141–149, 2024, doi: http://doi.org/10.31851/ampere.

[2] D. E. Putra, R. A. Yani, M. S. Siahan, C. Rizal, and N. Nofiansah, “The Decreasing Ground Potential Rise by Lessening Soil Resistance in Arrester Grounding System,” *IJEEIT Int. J. Electr. Eng. Inf. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 44–50, 2023, doi: 10.29138/ijeeit.v6i2.2180.

[3] R. Saragih, Yusniati, R. Nasution, and Armansyah, “Study of Lightning Protection Equipment Lightning Arresters in 20 KV Distribution Networks,” *J. Electr. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 32–36, 2020.

[4] I. A. Satya Wicaksana, I. Arta Wijaya, and I. Janardana, “Analisis Sistem Pembumian Tower Saluran Transmisi Dari Gardu Induk Kapal – Gardu Induk Gianyar,” *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 4, p. 57, 2022, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i04.p7.

[5] IEEE-SA Standards Board, “IEEE Std 142™-2007: Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.,” *ANSI Stand*, vol. 2007, 2007, [Online]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/document/4396963

[6] BSN, “Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2020 (PUIL 2020),” *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2020, no. PUIL, pp. 1–850, 2020.

[7] D. E. Putra, Y. Randika, I. Randika, and H. Inamullah, “Enhancing grounding system

p-ISSN : 2089-2950
e-ISSN : 2715-565X

efficiency through biopore technique in seasonal soil conditions," *Int. J. Adv. Technol. Eng. Explor.*, vol. 11, no. 113, 2024, doi: http://dx.doi.org/10.19101/IJATEE.2023.10102391.

[8] G. U. Hardi, T. Taufiq, Raihan Putri, and F. A. Nasution, "Pengaruh Tahanan Jenis Tanah Terhadap Sistem Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang Dilokasi Gedung Teknik Elektro Unimal," *INSOLOGI J. Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 314–326, 2023, doi: 10.55123/insologi.v2i2.1818.

[9] IEEE Std 81, *IEEE Std. 81- Guide for Measuring Earth Resistivity , Ground Impedance , and Earth Surface Potentials of a Grounding System IEEE Power and Energy Society*, vol. 2012, no. December. 2012.

[10] Junaidi, D. E. Putra, and C. Rizal, "Tinjauan Perbandingan Resistansi Pentanahan antara Perencanaan dan Hasil Uji Komisioning Di Gardu Distribusi 20 kV," *J. Ampere*, vol. 9, no. 1, pp. 18–24, 2024, doi: http://doi.org/10.31851/ampere.