



Homepage Journal: <https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS>

Studi Analisis Pengaruh Suhu Tanah terhadap Tahanan Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang

An Analysis of the Effect of Soil Temperature on Grounding Resistance Using Rod Electrodes

M.Isnandi Saputra¹, Yani Ridal², Budiman³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ekasakti, Jl. Veteran Dalam No. 26B – Padang – Indonesia

***Corresponding Author: E-mail: isnandisaputra2003@gmail.com**

Artikel Penelitian

Article History:

Received: 27 Apr, 2026

Revised: 11 Jun, 2026

Accepted: 25 Jun, 2026

Kata Kunci:

Elektroda Batang, Grounding, PUIL 2011, Sistem Proteksi, Tahanan Pentanahan

Keywords:

Rod Electrode, Grounding, PUIL 2011, Protection System, Grounding Resistance

DOI: [10.56338/jks.v9i6.11312](https://doi.org/10.56338/jks.v9i6.11312)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu tanah terhadap nilai tahanan pentanahan menggunakan elektroda batang. Pengukuran dilakukan selama 24 jam pada tiga hari berbeda, yaitu tanggal 10, 13, dan 14 Juni 2025, di lokasi rumah tinggal di daerah Ulak Karang, Padang. Data dikumpulkan setiap satu jam menggunakan *earth tester* dan alat pengukur suhu tanah dengan metode pengukuran tiga titik (*fall-of-potential*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tahanan pentanahan relatif stabil, dengan fluktuasi yang cenderung mengikuti pola suhu harian. Penurunan tahanan pentanahan paling signifikan terjadi pada siang hari saat suhu tanah meningkat, walaupun secara umum pengaruh suhu tidak terlalu dominan. Nilai tahanan pentanahan tertinggi berada pada rentang 91 Ω dan menghasilkan tahanan jenis tanah sebesar 207,64 Ωm , yang masih melebihi standar ideal PUIL 2011. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun suhu berperan, faktor lain seperti kelembapan tanah dan jenis tanah lebih berpengaruh terhadap nilai tahanan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa diperlukan optimalisasi sistem pentanahan agar sesuai dengan standar, seperti menambah elektroda atau menggunakan material peningkat konduktivitas tanah.

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of soil temperature on the grounding resistance value using a rod electrode. Measurements were conducted over 24 hours on three different days, namely on 10, 13, and 14 June 2025, at a residential location in the Ulak Karang area, Padang. Data were collected every hour using an *earth tester* and a soil temperature measuring device with the three-point measurement method (*fall-of-potential*). The results show that the grounding resistance value was relatively stable, with fluctuations tending to follow the daily temperature pattern. The most significant decrease in grounding resistance occurred during the day when the soil temperature increased, although in general the effect of temperature was not very dominant. The highest

grounding resistance value was in the range of 91 Ω and produced a soil resistivity of 207.64 Ωm , which still exceeds the ideal PUIL 2011 standard. This indicates that although temperature plays a role, other factors such as soil moisture and soil type have a greater influence on the resistance value. This study concludes that optimization of the grounding system is required to comply with the standard, such as adding electrodes or using a soil conductivity enhancement material.

PENDAHULUAN

Upaya untuk melakukan pengamanan atau proteksi dalam instalasi listrik terhadap kondisi abnormal telah banyak dilakukan. Kondisi abnormal tersebut dapat berupa hubung singkat, tegangan lebih, beban lebih, frekuensi sistem yang berubah-ubah, maupun beban tak seimbang. Proteksi diperlukan untuk menghindari ataupun mengurangi kerusakan peralatan, untuk melokalisasi luas daerah terganggu menjadi sekecil mungkin, serta untuk mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik (Hutauruk, 2005). Salah satu bentuk proteksi yang paling mendasar dalam sebuah instalasi listrik adalah sistem pentanahan atau *grounding* yang berfungsi mengalirkan arus gangguan ke bumi (PT PLN, 2012).

Pentanahan merupakan sistem proteksi yang sangat penting dalam instalasi listrik karena sistem pentanahan berfungsi membuang arus berlebih ke dalam tanah sehingga dapat mengamankan manusia (Pfeiffer, 2001). Bila arus hubung singkat ke tanah dipaksakan mengalir melalui tanah dengan tahanan pentanahan yang tinggi, maka hal tersebut akan menimbulkan perbedaan tegangan yang besar dan berbahaya. Oleh karena itu, sistem pembumian tidak hanya diterapkan pada sistem tenaga, tetapi juga mencakup sistem peralatan elektronik seperti komputer dan telekomunikasi (Daman, t.t.).

Sistem pentanahan diharapkan memiliki nilai tahanan tanah yang sekecil mungkin, karena dengan hambatan yang kecil arus berlebih dapat dialirkan langsung ke tanah (Sudaryanto, 2016). Faktor yang mempengaruhi besar atau kecilnya tahanan pentanahan di suatu tempat antara lain adalah tahanan dari elektroda pentanahan serta tahanan kontak antara elektroda pentanahan dengan tanah di sekelilingnya. Selain itu, kedalaman penanaman elektroda turut menentukan nilai tahanan pembumian yang dihasilkan (Nurdiana & Nurdin, 2020).

Salah satu faktor yang mempengaruhi efektivitas pentanahan adalah tahanan tanah, yang dapat dipengaruhi oleh berbagai parameter, salah satunya adalah suhu tanah. Suhu tanah memiliki peranan penting dalam menentukan nilai tahanan pentanahan, karena perubahan suhu dapat mempengaruhi sifat fisik dan kimia tanah, termasuk resistansi tanah itu sendiri (Sembiring, 2022). Selain suhu, kelembaban tanah juga merupakan faktor eksternal yang sangat menentukan nilai tahanan jenis tanah (Latiefa, 2018).

Nilai tahanan pentanahan yang baik harus memenuhi standar yang telah ditetapkan, yaitu Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 (BSN, 2011). Standar tersebut menjadi acuan utama dalam menentukan apakah suatu sistem pentanahan telah aman dan layak digunakan. Pengukuran tahanan jenis tanah secara langsung di lapangan diperlukan untuk memperoleh nilai yang sebenarnya, sebagaimana direkomendasikan dalam standar pengukuran (Rich, 1983).

Sistem pentanahan merupakan sistem hubungan penghantar yang menghubungkan badan peralatan dan instalasi listrik dengan bumi sehingga dapat mengamankan manusia, peralatan, serta arus dan tegangan listrik (PT PLN, 2012). Fungsi pembumian adalah mengalirkan arus gangguan ke dalam tanah melalui suatu elektroda pembumian yang ditanam dalam tanah, sehingga semakin kecil nilai resistansi pembumian maka semakin baik sistem tersebut (Pfeiffer, 2001). Tahanan pentanahan dari suatu elektroda dapat dipengaruhi oleh tiga hal, yaitu tahanan dari elektroda batang pentanahan, tahanan kontak antara elektroda dengan tanah, serta tahanan dari tanah itu sendiri (Daman, t.t.). Tahanan

elektroda dan tahanan kontak bergantung pada jenis elektroda, sedangkan tahanan tanah bergantung pada jenis tanahnya.

Tahanan jenis tanah (*resistivity*) merupakan faktor utama yang menentukan nilai tahanan pentanahan, dan nilainya tidak sama untuk setiap kedalaman maupun jenis tanah (BSN, 2011). Beberapa faktor yang mempengaruhi tahanan jenis tanah antara lain keadaan struktur tanah, kandungan unsur kimia, pengaruh iklim, serta temperatur tanah (Sembiring, 2022). Pengaruh temperatur terlihat jelas pada suhu di bawah titik beku air (0°C), di mana penurunan suhu yang sedikit saja akan menyebabkan kenaikan tahanan jenis tanah dengan cepat karena molekul air membeku dan daya hantar listrik tanah menjadi rendah; sebaliknya, bila temperatur naik, air berubah menjadi fase cair sehingga daya hantar listrik meningkat dan tahanan jenis tanah turun (Latiefa, 2018).

Dalam konteks ini, elektroda batang menjadi salah satu pilihan yang umum digunakan dalam sistem pentanahan karena kemudahan pemasangan dan biaya yang relatif rendah (Stockin, 2014). Namun, informasi mengenai pengaruh suhu tanah terhadap nilai tahanan pentanahan menggunakan elektroda batang masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu tanah terhadap nilai tahanan pentanahan menggunakan elektroda batang melalui pengukuran selama 24 jam pada tiga hari berbeda di daerah Ulak Karang, Padang.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif dengan metode studi analisa yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai tahanan pembumian yang dipengaruhi oleh suhu tanah pada waktu tertentu. Objek penelitian adalah sistem pentanahan dengan elektroda batang tunggal berbahan tembaga berdiameter 0,012 m dan panjang 2 m yang ditanam pada lokasi rumah tinggal di daerah Ulak Karang, Kota Padang. Instrumen yang digunakan terdiri atas *earth tester* untuk mengukur nilai tahanan pentanahan, alat pengukur suhu tanah digital (termokopel) untuk memperoleh data suhu tanah, elektroda bantu, kabel penghubung, palu, serta meteran. Pengukuran tahanan pentanahan dilakukan dengan metode tiga titik (*fall-of-potential*) agar hasil yang diperoleh lebih akurat dan sesuai dengan standar pengukuran tahanan pentanahan (Rich, 1983).

Prosedur penelitian diawali dengan menancapkan elektroda batang ke dalam tanah pada kedalaman 2 meter, kemudian menancapkan dua elektroda bantu pada jarak 5 meter dan 10 meter dari elektroda utama, dan menghubungkan ketiganya ke *earth tester* melalui kabel berwarna merah, kuning, dan hijau sesuai konektor. Alat termokopel juga ditanam ke dalam tanah untuk mengukur suhu tanah pada kedalaman yang sama dengan elektroda. Pembacaan nilai tahanan pentanahan dan suhu tanah dilakukan secara berkala setiap satu jam selama 24 jam penuh pada tiga hari berbeda, yaitu tanggal 10, 13, dan 14 Juni 2025. Data yang terkumpul kemudian dianalisis secara deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata suhu tanah dan tahanan pentanahan, serta menghitung tahanan jenis tanah menggunakan rumus tahanan jenis tanah elektroda batang, lalu membandingkan hasilnya dengan standar PUIL 2011 (BSN, 2011).

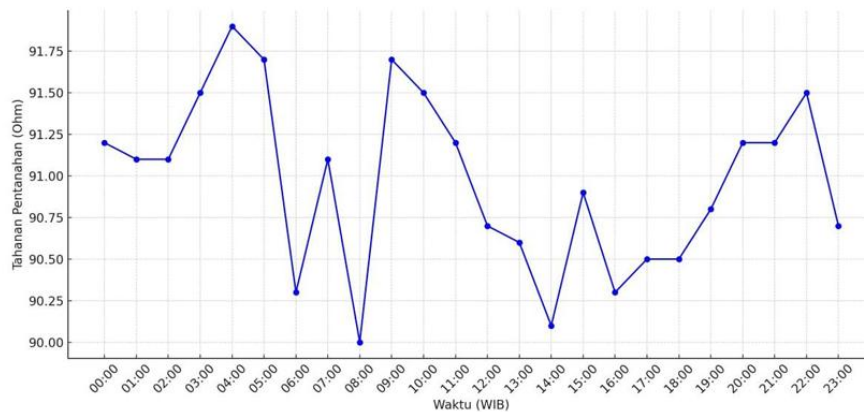
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan dan Suhu Tanah

Tabel 1. Hasil Pengukuran Suhu Tanah dan Tahanan Pentanahan Tanggal 10 Juni 2025

Jam Ke-	Waktu (WIB)	Suhu Tanah ($^{\circ}\text{C}$)	Tahanan Pentanahan (Ω)
1	00:00	23,5	91,2
2	01:00	23,3	91,1
3	02:00	23,2	91,1

Jam Ke-	Waktu (WIB)	Suhu Tanah (°C)	Tahanan Pentanahan (Ω)
4	03:00	23,1	91,5
5	04:00	23,0	91,9
6	05:00	23,4	91,7
7	06:00	23,8	90,3
8	07:00	24,2	91,1
9	08:00	24,7	90,0
10	09:00	25,2	91,7
11	10:00	25,9	91,5
12	11:00	26,4	91,2
13	12:00	26,8	90,7
14	13:00	27,0	90,6
15	14:00	26,7	90,1
16	15:00	26,2	90,9
17	16:00	25,5	90,3
18	17:00	25,0	90,5
19	18:00	24,4	90,5
20	19:00	24,0	90,8
21	20:00	23,8	91,2
22	21:00	23,6	91,2
23	22:00	23,5	91,5
24	23:00	23,4	90,7



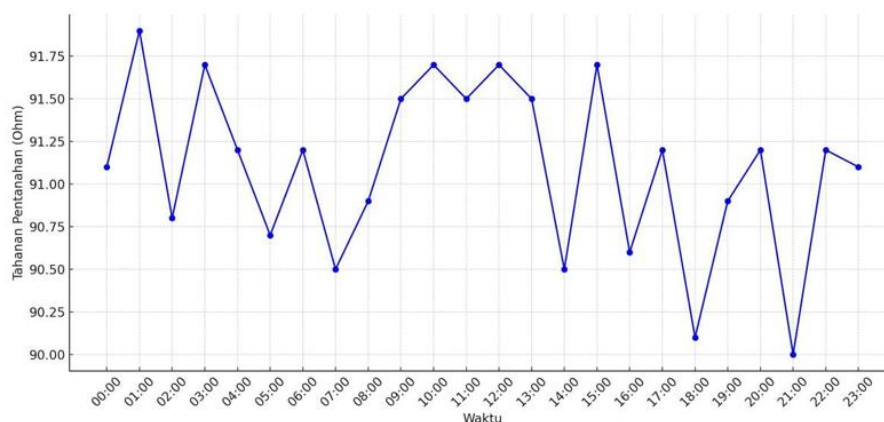
Gambar 1. Tahanan Pentanahan Tanggal 10 Juni 2025

Berdasarkan hasil pengukuran pada tanggal 10 Juni 2025 dengan kondisi cuaca hujan ringan, suhu udara 24°C – 27°C , dan kelembapan 82%–92%, nilai tahanan pentanahan mengalami fluktuasi dengan kecenderungan menurun pada pagi hingga siang hari dan kembali meningkat pada sore hingga malam hari. Nilai tertinggi tercatat sekitar pukul 05:00 dengan lebih dari $91,75\ \Omega$, sedangkan nilai terendah terjadi sekitar pukul 08:00 mendekati $90,00\ \Omega$. Pola ini menunjukkan bahwa suhu lingkungan kemungkinan besar memengaruhi nilai tahanan pentanahan, di mana peningkatan suhu tanah pada siang hari menyebabkan penurunan resistivitas, dan sebaliknya nilai tahanan meningkat saat suhu mulai menurun pada malam hari.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Suhu Tanah dan Tahanan Pentanahan Tanggal 13 Juni 2025

Jam Ke-	Waktu (WIB)	Suhu Tanah ($^{\circ}\text{C}$)	Tahanan Pentanahan (Ω)
1	00:00	23,5	91,1
2	01:00	23,3	91,9
3	02:00	23,1	90,8
4	03:00	23,0	91,7
5	04:00	23,2	91,2
6	05:00	23,5	90,7
7	06:00	24,0	91,2
8	07:00	24,8	90,5
9	08:00	25,5	90,9
10	09:00	26,3	91,5
11	10:00	27,1	91,7

Jam Ke-	Waktu (WIB)	Suhu Tanah (°C)	Tahanan Pentanahan (Ω)
12	11:00	28,0	91,5
13	12:00	28,5	91,7
14	13:00	28,7	91,5
15	14:00	28,4	90,5
16	15:00	28,0	91,7
17	16:00	27,2	90,6
18	17:00	26,0	91,2
19	18:00	25,0	90,1
20	19:00	24,2	90,9
21	20:00	23,8	91,2
22	21:00	23,6	90,0
23	22:00	23,4	91,2
24	23:00	23,2	91,1



Gambar 2. Tahanan Pentanahan Tanggal 13 Juni 2025

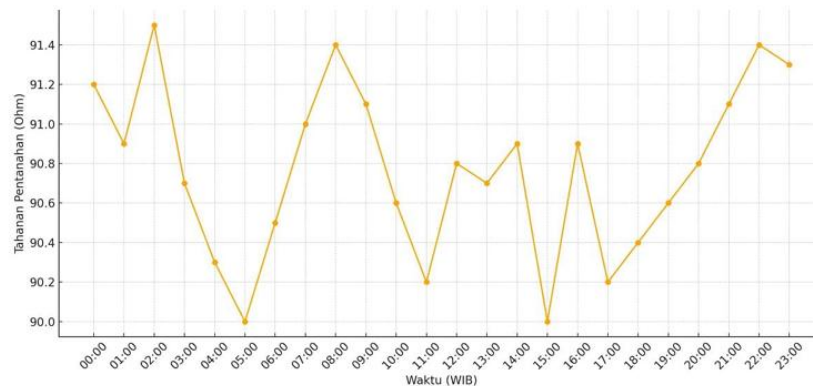
Pada tanggal 13 Juni 2025 dengan kondisi cuaca berawan, suhu udara 24°C–31°C, dan kelembapan 80%–90%, nilai tahanan tetap mengalami fluktuasi sepanjang hari dengan rentang nilai berkisar antara 90,00 hingga 91,80 Ω . Nilai tahanan tertinggi tercatat sekitar pukul 01:00 dan 15:00, sementara nilai terendah terjadi pada pukul 21:00. Pola yang tidak sepenuhnya konsisten ini tetap

mengindikasikan adanya pengaruh faktor eksternal seperti suhu dan kelembapan tanah terhadap nilai tahanan, sehingga mencerminkan bahwa kondisi lingkungan sekitar elektroda pentanahan dapat mempengaruhi performa sistem pentanahan dalam satu hari penuh.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Suhu Tanah dan Tahanan Pentanahan Tanggal 14 Juni 2025

Jam Ke-	Waktu (WIB)	Suhu Tanah (°C)	Tahanan Pentanahan (Ω)
1	00:00	23,3	91,2
2	01:00	23,6	90,9
3	02:00	23,1	91,5
4	03:00	23,0	90,7
5	04:00	23,4	90,3
6	05:00	23,7	90,0
7	06:00	24,2	90,5
8	07:00	25,1	91,0
9	08:00	25,8	91,4
10	09:00	26,5	91,1
11	10:00	27,0	90,6
12	11:00	27,6	90,2
13	12:00	28,0	90,8
14	13:00	28,3	90,7
15	14:00	28,1	90,9
16	15:00	27,8	90,0
17	16:00	27,3	90,9
18	17:00	26,7	90,2
19	18:00	26,0	90,4
20	19:00	25,2	90,6
21	20:00	24,6	90,8

Jam Ke-	Waktu (WIB)	Suhu Tanah (°C)	Tahanan Pentanahan (Ω)
22	21:00	24,0	91,1
23	22:00	23,7	91,4
24	23:00	23,5	91,3



Gambar 3. Tahanan Pentanahan Tanggal 14 Juni 2025

Pada tanggal 14 Juni 2025 dengan kondisi cuaca berawan dan hujan ringan, suhu udara 24°C–30°C, serta kelembapan 85%–90%, nilai tahanan pentanahan mengalami perubahan yang cukup dinamis dengan nilai tertinggi sekitar pukul 02:00 dan 22:00 mencapai lebih dari 91,4 Ω , serta nilai terendah sekitar pukul 15:00 mendekati 90,0 Ω . Fluktuasi ini menunjukkan bahwa tahanan pentanahan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama suhu dan kelembapan tanah yang berubah-ubah sepanjang hari. Umumnya tahanan menurun saat suhu tanah lebih tinggi pada siang hari dan meningkat kembali pada malam hari, yang menunjukkan adanya pengaruh termal terhadap karakteristik resistivitas tanah.

Perhitungan Tahanan Jenis Tanah

Tabel 4. Rata-rata Pengukuran Suhu Tanah dan Tahanan Pentanahan

Tanggal	Periode	Rata-rata Suhu Tanah (°C)	Rata-rata Tahanan Pentanahan (Ω)
10 Juni	(00:00–23:00)	33,63	90,93
13 Juni	(00:00–23:00)	27,13	90,89
14 Juni	(00:00–23:00)	27,17	90,85

Berdasarkan nilai rata-rata tahanan pentanahan pada Tabel 4, tahanan jenis tanah dihitung menggunakan rumus elektroda batang $\rho = (R_p \times 2\pi L) / (\ln(4L/d) - 1)$ dengan diameter elektroda 0,012 m dan panjang elektroda 2 m. Hasil perhitungan menunjukkan tahanan jenis tanah sebesar 207,68 Ω m pada tanggal 10 Juni, 207,58 Ω m pada tanggal 13 Juni, dan 207,49 Ω m pada tanggal 14 Juni. Nilai-nilai

tersebut relatif seragam dan tergolong tinggi, yang mengindikasikan bahwa jenis tanah pada lokasi penelitian termasuk dalam kategori tanah ladang dengan tingkat resistivitas yang tinggi (BSN, 2011).

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran tahanan pentanahan selama 24 jam pada tanggal 10, 13, dan 14 Juni 2025, terlihat bahwa nilai tahanan cenderung relatif stabil dengan fluktuasi yang kecil di sepanjang waktu. Tahanan pentanahan tertinggi umumnya terjadi pada pagi hingga siang hari, sedangkan nilai terendah cenderung muncul pada tengah hari. Pola ini konsisten muncul pada ketiga hari pengukuran meskipun kondisi cuaca berbeda-beda, mulai dari hujan ringan hingga berawan, sehingga menunjukkan bahwa faktor lingkungan seperti suhu dan kelembapan tanah memiliki peran penting terhadap variasi nilai tahanan pentanahan.

Secara teoritis, peningkatan suhu tanah seharusnya dapat menurunkan resistivitas tanah, karena pada suhu yang lebih tinggi molekul air dan ion-ion di dalam tanah bergerak lebih bebas sehingga daya hantar listrik meningkat (Latiefa, 2018). Namun, dalam praktiknya hasil pengukuran tidak menunjukkan korelasi yang kuat antara kenaikan suhu dan penurunan tahanan. Selisih rata-rata tahanan antahari sangat kecil, yaitu hanya berkisar $\pm 0,08 \Omega$, padahal rentang suhu tanah harian cukup bervariasi. Hal ini mengindikasikan bahwa pengaruh suhu terhadap nilai tahanan pentanahan pada lokasi penelitian bersifat lemah dan tidak dominan.

Kondisi tersebut dapat dijelaskan oleh fakta bahwa hasil pengukuran sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor lain di luar suhu, seperti kelembapan tanah, jenis tanah, kandungan unsur kimia, serta stabilitas pemasangan elektroda pentanahan (Sembiring, t.t.). Lokasi penelitian yang bersifat lempung basah dengan kelembapan yang tinggi (80%–92%) membuat kadar air dalam tanah relatif jenuh, sehingga perubahan suhu harian tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap daya hantar listrik tanah. Dengan kata lain, ketika kelembapan tanah sudah tinggi, faktor inilah yang lebih menentukan nilai tahanan dibandingkan faktor suhu (Latiefa, 2018).

Pada salah satu pengukuran diperoleh nilai tahanan pentanahan sebesar $90,94 \Omega$ yang menghasilkan tahanan jenis tanah cukup tinggi, yaitu $207,49 \Omega\text{m}$. Nilai tahanan jenis tanah ini tergolong besar dan menempatkan tanah lokasi penelitian pada kategori tanah ladang dengan resistivitas tinggi (BSN, 2011). Dengan demikian, sistem pentanahan yang ada saat ini belum memenuhi standar PUIL yang menyarankan nilai tahanan pentanahan maksimum antara 5 hingga 10Ω untuk instalasi proteksi sistem tegangan tinggi maupun sistem proteksi petir (BSN, 2011). Kondisi ini berarti sistem pentanahan belum mampu mengalirkan arus gangguan ke bumi secara optimal dan berpotensi menimbulkan tegangan sentuh yang berbahaya (Pfeiffer, 2001).

Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan sistem pentanahan di lokasi penelitian agar nilai tahanan dapat diturunkan hingga memenuhi standar. Perbaikan tersebut dapat dilakukan dengan menambah jumlah elektroda dan memasangnya secara paralel, meningkatkan kedalaman penanaman elektroda hingga mencapai lapisan tanah yang lebih lembap dan stabil (Nurdiana & Nurdin, 2020), atau menggunakan bahan peningkat konduktivitas tanah (*ground enhancement material*) seperti bentonit di sekitar elektroda. Dengan langkah-langkah tersebut, diharapkan nilai tahanan pentanahan dapat ditekan sehingga sistem proteksi mampu bekerja secara efektif dan aman bagi manusia maupun peralatan listrik.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengukuran selama tiga hari (10, 13, dan 14 Juni 2025), rata-rata suhu tanah berada pada rentang $27,17^\circ\text{C}$ hingga $33,63^\circ\text{C}$ dengan nilai rata-rata tahanan pentanahan sebesar $90,89 \Omega$ dan tahanan jenis tanah tertinggi mencapai $207,68 \Omega\text{m}$, yang mengindikasikan bahwa jenis tanah pada lokasi penelitian termasuk kategori tanah ladang dengan resistivitas tinggi dan masih melebihi standar ideal PUIL 2011; terdapat kecenderungan penurunan nilai tahanan pentanahan seiring penurunan suhu tanah, namun perbedaan antar hari menunjukkan fluktuasi yang sangat kecil (selisih maksimum $\pm 0,08 \Omega$) sehingga dapat disimpulkan bahwa suhu tanah bukan satu-satunya faktor utama yang memengaruhi

nilai tahanan pentanahan dan hubungannya bersifat lemah atau tidak signifikan secara langsung, sehingga diperlukan optimalisasi sistem pentanahan seperti menambah elektroda, memperdalam pemasangan, atau menggunakan material peningkat konduktivitas tanah agar sesuai dengan standar.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Daman, S. (t.t.). *Sistem Pembumian Jaringan Distribusi* (hlm. 167–184).
- Hutauruk, T. S. (2005). *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga*. Jakarta: Erlangga.
- Latiefa, R. F. (2018). Pengaruh Kelembaban Tanah terhadap Tahanan Pentanahan Studi Kasus pada Gardu Induk Kemayoran 150 kV. *Jurnal Universitas Negeri Jakarta*, 3(1).
- Nurdiana, N., & Nurdin, A. (2020). Pengaruh Kedalaman terhadap Tahanan Pembumian di Area Rusunawa Kampus Universitas PGRI Palembang. *Jurnal Ampere*, 4(2), 327–332.
- Pfeiffer, J. C. (2001). *Principles of Electrical Grounding*. Pfeiffer Engineering Co.
- PT PLN (Persero). (2012). *Grounding Sistem*. Jakarta: Jasa Pendidikan dan Pelatihan PT PLN (Persero).
- Rich, A. (1983). Shielding and Guarding. *Analog Dialogue*, 17(1), 8–13.
- Sembiring, J. P. (2022). Analisis Perbandingan Pengaruh Nilai Tahanan Pentanahan Berdasarkan Jenis Tanah, Kelembapan Tanah, dan Temperatur Tanah. *Jurnal ICTEE*, 3. Universitas Teknokrat Indonesia.
- Stockin, D. R. (2014). *McGraw-Hill's National Electrical Code 2014 Grounding and Earthing Handbook*. McGraw-Hill Education.
- Sudaryanto, S. (2016). Analisis Perbandingan Nilai Tahanan Pembumian pada Tanah Basah, Tanah Berpasir dan Tanah Ladang. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 1(1), 71–75.