

Terbit online pada laman: <https://ejurnal.umri.ac.id/index.php/JST>

Jurnal Surya Teknika

| ISSN (Print) 2354-6751 | ISSN (Online) 2723-7222 |



Research Article

Evaluasi Sistem Pentanahan Kubikel 20 kV Berdasarkan Standar PUIL 2020 dan IEEE Std 80-2013

Yogi Edi Pratama, Dian Eka Putra*, Raden Ahmad Yani

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Palembang, Jalan Dharmapala No.1A Bukit Besar Palembang 30139, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diserahkan : 24 Mei 2026
 Diterima : 28 Juni 2026
 Diterbitkan : 30 Juni 2026

KATA KUNCI

kubikel 20 kV, resistansi pentanahan, sistem pentanahan.

KORESPONDENSI

*E-mail: dianekaputra90@gmail.com

A B S T R A K

Sistem pentanahan pada kubikel 20 kV di perumahan town site Bukit Asam Tanjung Enim (daya 591,147 kW) berperan krusial melindungi peralatan dan personel dari gangguan arus lebih serta tegangan sentuh. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kondisi eksisting, kesesuaian dengan standar PUIL 2020 dan IEEE Std 80-2013, faktor-faktor yang mempengaruhi resistansi, serta rekomendasi perbaikan. Metode meliputi pengukuran langsung dengan clamp meter ETCR 2100A+, perhitungan teoritis rumus Dwight ($\rho=30-35 \Omega m$), dan analisis komparatif sebelum-sesudah perawatan. Hasil menunjukkan resistansi setelah perawatan 0,17–0,91 Ω (rata-rata 0,42 Ω), turun dari 0,91 Ω sebelum perawatan. Perhitungan teoritis menghasilkan 4,77 Ω ($\rho=30 \Omega m$). Seluruh nilai di bawah batas maksimum 5 Ω , sehingga sistem dinyatakan laik dan aman. Faktor-faktor yang mempengaruhi resistansi yakni kondisi sambungan, korosi, kelembaban tanah, resistivitas tanah. Perawatan rutin terbukti efektif menurunkan resistansi secara signifikan.

A B S T R A C T

The grounding system for the 20 kV switchgear at the Bukit Asam Tanjung Enim town site housing complex (capacity 591,147 kW) plays a crucial role in protecting equipment and personnel from overcurrent faults and touch voltage. This study aims to evaluate the existing conditions, compliance with the PUIL 2020 and IEEE Std 80-2013 standards, factors affecting resistance, and recommendations for improvements. Methods included direct measurements using an ETCR 2100A+ clamp meter, theoretical calculations using the Dwight formula ($\rho = 30-35 \Omega m$), and a comparative analysis of pre- and post-maintenance conditions. The results show that the resistance after maintenance was 0.17–0.91 Ω (average 0.42 Ω), down from 0.91 Ω before maintenance. Theoretical calculations yielded 4.77 Ω ($\rho = 30 \Omega m$). All values were below the maximum limit of 5 Ω , so the system was deemed serviceable and safe. Factors affecting resistance include the condition of the connections, corrosion, soil moisture, and soil resistivity. Routine maintenance proved effective in significantly reducing resistance.

1. PENDAHULUAN

Sistem pentanahan (grounding system) merupakan salah satu komponen vital dalam infrastruktur kelistrikan, khususnya pada sistem distribusi tenaga listrik. [1] Fungsi utamanya adalah mengalirkan arus

gangguan ke tanah, menstabilkan tegangan, serta melindungi keselamatan personel yang bekerja di sekitar instalasi listrik. Dalam konteks sistem kelistrikan pada kawasan perumahan town site Bukit Asam Tanjung Enim yang memiliki kapasitas daya sebesar 591,147 kW, keberadaan sistem pentanahan

yang andal menjadi sangat penting, terutama pada kubikel 20 kV yang berperan sebagai pusat pengendali dan penyalur energi listrik[2].

Kubikel 20 kV pada ruang kendali perumahan tersebut berfungsi sebagai titik distribusi utama yang mensuplai kebutuhan listrik bagi fasilitas umum dan perumahan. Di dalam sistem ini, transformator pemakaian sendiri (auxiliary transformer) memiliki peran strategis dalam menyediakan pasokan listrik untuk operasional sistem pengendalian dan peralatan pendukung lainnya[3]. Oleh karena itu, sistem pentanahan yang efektif dan terintegrasi dengan baik sangat diperlukan untuk menjaga kontinuitas dan keandalan pasokan listrik, serta mencegah risiko kerusakan peralatan akibat gangguan tegangan lebih atau hubung singkat[4].

Namun, dalam praktiknya, sistem pentanahan sering kali kurang mendapat perhatian yang memadai dalam tahap perencanaan maupun pemeliharaan. Berdasarkan pengamatan di lapangan dan studi literatur, sejumlah insiden gangguan operasional pada sistem kelistrikan di berbagai lokasi disebabkan oleh sistem pentanahan yang kurang perawatan. Hal ini menunjukkan bahwa evaluasi terhadap sistem pentanahan yang ada perlu dilakukan secara berkala, terutama pada instalasi dengan tingkat beban dan kompleksitas tinggi seperti kubikel 20 kV di kawasan perumahan Bukit Asam.

Pentingnya sistem pentanahan juga diatur dalam berbagai standar internasional seperti IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) dan Nasional PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik)[5],[6]. Standar-standar ini memberikan panduan teknis mengenai desain, instalasi, dan pemeliharaan sistem pentanahan yang aman dan andal. Penerapan standar tersebut tidak hanya bertujuan untuk memenuhi aspek legal dan keselamatan, tetapi juga untuk melindungi investasi infrastruktur kelistrikan yang bernilai besar.

Untuk memproteksi gangguan kelistrikan akibat masalah pentanahan yang kemungkinan terjadi, maka perlunya kajian mendalam terhadap kondisi eksisting sistem pentanahan, khususnya pada instalasi strategis seperti ruang kendali 20 kV di perumahan town site Bukit Asam Tanjung Enim. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem pentanahan yang telah diterapkan, menganalisis tingkat efektivitasnya, serta memberikan rekomendasi teknis yang dapat meningkatkan keandalan dan keselamatan sistem

kelistrikan di lokasi tersebut. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi acuan bagi pihak terkait dalam upaya meningkatkan kualitas infrastruktur kelistrikan, khususnya di lingkungan perumahan dan kawasan pertambangan.

2. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di kubikel 20 kV ruang kendali perumahan town site Bukit Asam Tanjung Enim, yang berperan strategis sebagai pusat distribusi daya 591,147 kW. Metode yang digunakan adalah kuantitatif eksperimental lapangan dengan tiga tahap utama. Tahap pertama: pada umumnya pengukuran menggunakan metode 3 titik, akan tetapi pada penelitian ini untuk pengukuran resistansi sebelum perawatan pada sambungan utama body kubikel menggunakan clamp meter ground tester ETCR 2100A+ pada konduktor pentanahan. Tahap kedua: perawatan sistem pentanahan meliputi pembersihan sambungan dari kotoran dan oksidasi, pengecekan dan pengencangan baut, serta pemeriksaan visual kabel dan elektroda. Tahap ketiga: pengukuran resistansi setelah perawatan selama tiga hari dengan kondisi cuaca berbeda (cerah dan hujan) untuk mengamati pengaruh kelembaban tanah. Selain pengukuran langsung, dilakukan perhitungan teoritis menggunakan persamaan Dwight (IEEE Std 80-2013):

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

Perhitungan ini bertujuan untuk membandingkan nilai teoritis dengan hasil pengukuran aktual. Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sebelum dan setelah perawatan, hasil pengukuran dengan perhitungan teoritis, serta kesesuaiannya dengan standar PUIL 2020 ($\leq 5 \Omega$) dan IEEE Std 80-2013 ($< 5 \Omega$). Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi. Seluruh data kemudian dievaluasi untuk menarik kesimpulan mengenai kelayakan sistem pentanahan dan memberikan rekomendasi perbaikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan pada kubikel 20 kV yang berada di ruang kendali perumahan *town site* Bukit Asam Tanjung Enim. Kubikel tersebut berperan sebagai pusat distribusi listrik dengan kapasitas daya 591,147 kW. Sistem pentanahan yang terpasang menggunakan elektroda batang dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Jenis elektroda : Batang tembaga (*copper rod*)
- Diameter elektroda (a): 22 mm (0,022 m)
- Panjang elektroda tertanam (L) : 6 m
- Jumlah elektroda : 1 titik (utama) pada body kubikel
- Tahanan Jenis Tanah (ρ) : Berdasarkan observasi lapangan, tanah di lokasi didominasi jenis tanah ladang, diasumsikan nilai resistivitas tanah sebesar 30 Ωm

Sistem pentanahan ini dirancang untuk melindungi peralatan dan personel dari gangguan arus lebih, hubung singkat, serta tegangan sentuh yang berbahaya. Untuk mengevaluasi efektivitas sistem pentanahan, dilakukan perhitungan teoritis menggunakan rumus tahanan pentanahan elektroda batang tunggal berdasarkan persamaan dari *IEEE Std 80* dan *Dwight*:

$$R = \frac{30}{2 \times 3,14 \times 6} \times \left(\ln \frac{4 \times 6}{0,022} - 1 \right) = 4,77 \Omega$$

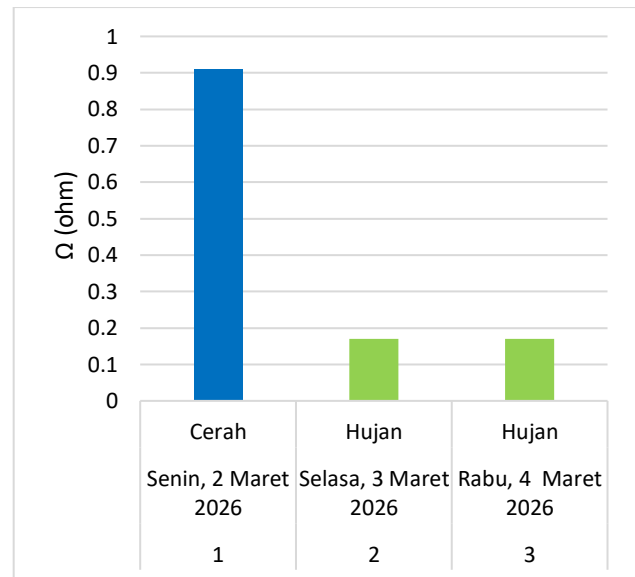
Hasil ini menunjukkan bahwa secara teoritis, dengan satu batang elektroda sedalam 6 m, tahanan pentanahan yang diperoleh sekitar 4,77 Ω , tergantung pada resistivitas tanah yakni sebesar 30 Ωm . Nilai ini masih di bawah batas maksimum yang diizinkan (5 Ω menurut PUIL 2020) namun sudah mendekati batas. Untuk meningkatkan keandalan, biasanya diperlukan lebih dari satu elektroda atau perbaikan kontak tanah. Pengukuran resistansi pentanahan dilakukan menggunakan *clamp meter ground tester* ETCR 2100A+ pada titik-titik strategis di kubikel 20 kV, yaitu kabel pentanahan utama body kubikel. Pengukuran dilakukan dalam dua kondisi: sebelum perawatan dan setelah perawatan (pembersihan sambungan dan pengecekan kekencangan baut). Hasil pengukuran setelah perawatan selama tiga hari dengan kondisi cuaca berbeda disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1.

Hasil pengukuran resistansi pentanahan kubikel 20 kV sebelum dan setelah perawatan

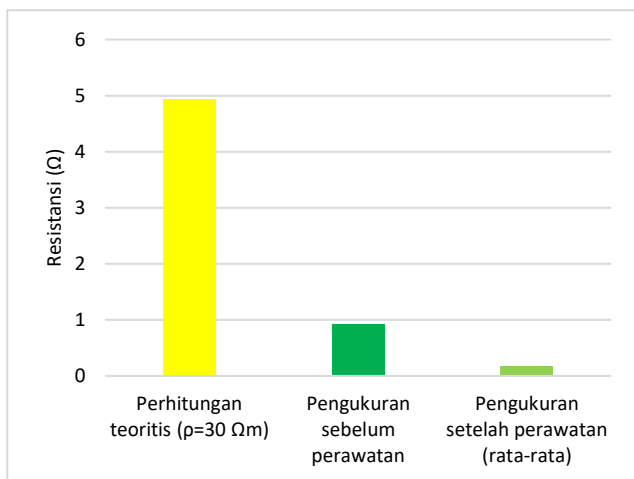
Pengukuran ke-	Kondisi Cuaca	Resistansi (Ω)	Keterangan
1	Cerah	0,91	Sebelum
2	Hujan	0,17	Setelah
3	Hujan	0,17	Setelah

Dari tabel 1, terlihat bahwa nilai resistansi bervariasi antara setelah perawatan senilai 0,17 Ω dan sebelum perawatan 0,91 Ω . Selain itu disaat pengukuran setelah perawatan dimana nilai resistansi terjadi penurunan disaat saat kondisi hujan, di mana tanah menjadi basah atau lembab sehingga konduktivitas tanah meningkat. Hal ini sesuai dengan teori bahwa kelembaban tanah menurunkan resistivitas tanah. Walaupun terdapat nilai tertinggi (0,91 Ω) masih jauh di bawah batas maksimum 5 Ω , menunjukkan sistem pentanahan dalam kondisi baik.



Gambar 1. Resistansi Pentanahan Kubikel 20 kV

Gambar 1, dimana fluktuasi nilai resistansi harian dipengaruhi oleh faktor lingkungan, terutama kelembaban tanah. Meskipun terjadi perubahan, seluruh nilai masih berada dalam rentang aman. Untuk mengevaluasi kinerja sistem pentanahan, dilakukan perbandingan antara hasil perhitungan teoritis, hasil pengukuran setelah perawatan (rata-rata), dan hasil pengukuran sebelum perawatan. Data sebelum perawatan diperoleh dari catatan pemeliharaan sebelumnya (nilai 0,91 Ω). Gambar 2 menyajikan perbandingan tersebut



Gambar 2. Perbandingan resistansi pentanahan kubikel 20 kV

Dari data di atas, terlihat bahwa setelah perawatan, resistansi turun drastis dari 0,91 Ω menjadi rata-rata 0,17 Ω . Hal ini menunjukkan bahwa kondisi sambungan dan kebersihan konduktor sangat berpengaruh terhadap nilai resistansi pentanahan dan ditambah faktor kelembaban tanah disekitar dimana saat pengukuran setelah perawatan kondisi tanah sekitar dalam keadaan lembab yang diakibatkan oleh air hujan. Sebelum perawatan, adanya kotoran, debu, atau oksidasi pada sambungan menyebabkan resistansi kontak meningkat, sehingga total resistansi menjadi tinggi. Setelah dibersihkan dan dikencangkan, resistansi turun secara signifikan.

Analisa kesesuaian dengan standar berdasarkan standar yang berlaku:

- PUIL 2020 (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) mensyaratkan nilai tahanan pentanahan untuk sistem distribusi $\leq 5 \Omega$.
- IEEE std 80-2013 merekomendasikan nilai resistansi pentanahan yang aman untuk gardu induk dan distribusi umumnya $< 5 \Omega$, tergantung pada arus gangguan dan waktu pemutusan.
- Standar PLN (SPLN) juga mengacu pada nilai maksimum 5 Ω untuk pentanahan titik netral dan peralatan.

Dari hasil pengukuran setelah perawatan, seluruh nilai (0,17 – 0,91 Ω) memenuhi syarat karena di bawah 5 Ω . Bahkan nilai sebelum perawatan (0,91 Ω) masih dalam batas aman, yang menunjukkan pentingnya pemeliharaan rutin.

Berdasarkan evaluasi yang dilakukan, beberapa rekomendasi untuk meningkatkan kinerja sistem pentanahan kubikel 20 kV:

- Lakukan pemeliharaan rutin minimal setiap 6 bulan, meliputi pembersihan sambungan, pengecekan kekencangan baut, dan pengukuran resistansi.

- Tambahkan elektroda pentanahan paralel pada titik-titik kritis (body kubikel, transformator) untuk mereduksi resistansi total dan meningkatkan keandalan.
- Pasang bak kontrol (grounding box) pada setiap sambungan utama untuk memudahkan inspeksi dan pengukuran.
- Lakukan perbaikan jika resistansi pentanahan $> 5 \Omega$, misalnya dengan menambah kedalaman elektroda atau menggunakan bahan *bentonite* untuk menurunkan resistivitas tanah di sekitar elektroda.
- Dokumentasikan hasil pengukuran secara berkala untuk memantau tren dan mendeteksi dini potensi masalah.

Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pentanahan kubikel 20 kV di lokasi studi secara umum dalam kondisi baik dan memenuhi standar setelah dilakukan perawatan. Nilai resistansi yang sangat rendah (0,17 Ω) bahkan menunjukkan performa di atas rata-rata. Namun, temuan penting adalah bahwa pengabaian perawatan dapat menyebabkan resistansi meningkat walaupun dalam konsisi aman (0,91 Ω). Hal ini menegaskan bahwa sistem pentanahan bukan hanya masalah desain awal, tetapi juga memerlukan perhatian berkelanjutan. Evaluasi ini juga menggarisbawahi pentingnya pemahaman terhadap faktor lingkungan dan teknis dalam mempertahankan keandalan sistem pentanahan. Dengan pemeliharaan rutin dan penambahan elektroda jika diperlukan, risiko gangguan akibat pentanahan yang buruk dapat diminimalkan.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi dan analisis sistem pentanahan pada kubikel 20 kV di ruang kendali perumahan town site Bukit Asam Tanjung Enim, dapat disimpulkan bahwa sistem pentanahan eksisting menggunakan elektroda batang tembaga (panjang 6 m, diameter 22 mm) memiliki nilai resistansi setelah perawatan rata-rata 0,17 Ω , yang seluruhnya berada di bawah batas maksimum 5 Ω sesuai standar PUIL 2020, IEEE Std 80-2013, dan SPLN. Dengan demikian, sistem pentanahan dinyatakan laik dan aman dioperasikan. Nilai resistansi yang rendah memungkinkan arus gangguan segera dialirkan ke tanah, mencegah kenaikan tegangan berbahaya pada peralatan dan mengurangi risiko tegangan sentuh bagi personel, sehingga berkontribusi secara signifikan terhadap keandalan operasional kubikel 20 kV. Faktor-

faktor yang memengaruhi resistansi antara lain kondisi sambungan, korosi, kelembapan tanah, resistivitas tanah, kedalaman elektroda, serta jalur pentanahan paralel. Perawatan rutin terbukti efektif menurunkan resistansi secara signifikan dari $0,91\ \Omega$ menjadi rata-rata $0,17\ \Omega$ (penurunan 81,32%). Perhitungan teoritis menggunakan rumus Dwight dengan resistivitas tanah $30\ \Omega\text{m}$ menghasilkan nilai $4,77\ \Omega$, yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil pengukuran aktual karena pengukuran terjadi pengaruh konstruksi sistem pentanahan dan kondisi tanah yang diakibatkan oleh faktor cuaca, selain itu pengukuran resistansi pentanahan hanya menggunakan alat ukur clamp meter ECTR 2000+.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Aprianto, D. E. Putra, R. A. Yani, and C. Rizal, "Evaluation of the Coordination of the 250 kVA Distribution Transformer Protection System Between Lightning Arrester and Grounding System," *J. Renew. Energy, Electr. Comput. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 35–40, 2026, doi: <https://doi.org/10.29103/jreece.v6i1.24242>.
- [2] T. M. Sari, D. E. Putra, and R. A. Yani, "Metode Penurunan Resistansi Pentanahan Arrester pada Gardu Distribusi untuk Meminimalisir Terjadinya Ground Potential Rise (GPR)," *J. Surya Tek.*, vol. 13, no. 1, pp. 142–149, 2026, doi: [10.37859/jst.v13i1.11219](https://doi.org/10.37859/jst.v13i1.11219).
- [3] R. A. Yani, D. E. Putra, R. M. E. Suherman, and J. Ardian, "Penggunaan Arrester Sebagai Pengaman Gardu Distribusi 20 KV Pada Transformator 160 KVA di Penyulang Akasia," *AMPERE*, vol. 9, no. 2, pp. 141–149, 2024, doi: <http://doi.org/10.31851/ampere>.
- [4] M. Y. Syam and N. Zahra, "Pengukuran Nilai Resistivitas Tanah pada Transformator Distribusi di Wilayah Makassar," *Arus J. Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 234–239, 2024, doi: [10.57250/ajst.v2i2.592](https://doi.org/10.57250/ajst.v2i2.592).
- [5] IEEE Std 80, Guía IEEE para la seguridad en la conexión a tierra de subestaciones de CA. Norma IEEE 80-2013 (revisión de la norma IEEE 80-2000/incorpora la norma IEEE 80-2013/Cor 1-2015). 2015.
- [6] BSN, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2020 (PUIL 2020)," *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2020, no. PUIL, pp. 1–850, 2020.
- [7] 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>.
- [8] D. E. Putra, Y. Randika, I. Randika, and H. Inamullah, "Enhancing grounding system 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>.
- [9] N. Permal, M. Osman, M. Z. A. A. Kadir, and A. M. Ariffin, "Review of Substation Grounding System Behavior under High Frequency and Transient Faults in Uniform Soil," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 142468–142482, 2020, doi: [10.1109/ACCESS.2020.3013657](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3013657).
- [10] D. Pranatali, G. Gunawan, and D. Nugroho, "Analisa Kelayakan Pentanahan Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150kV Jelok – Bringin Menggunakan Metode Komparasi," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 8, no. 2, p. 370, 2022, doi: [10.24036/jtev.v8i2.114321](https://doi.org/10.24036/jtev.v8i2.114321).
- [11] B. E. Prasetyo, A. Hermawan, and S. Azizah, "Analisis Perbaikan Sistem Pentanahan Tower 70 kV pada Transmisi Wlingi - Blitar," *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 9, no. 3, pp. 205–209, 2023, doi: [10.33795/elposys.v9i3.970](https://doi.org/10.33795/elposys.v9i3.970).
- [12] Rahmawati Fajri Latiefa, Irzan Zakir, and Massus Subekti, "Pengaruh Kelembaban Tanah Terhadap Tahanan Pentanahan Studi Kasus Pada Gardu Induk Kemayoran 150 Kv," *J. Electr. Vocat. Educ. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 44–49, 2021, doi: [10.21009/jevet.0061.09](https://doi.org/10.21009/jevet.0061.09).

NOMENKLATUR

R = tahanan pentanahan (Ω)
 ρ = resistivitas tanah (Ωm)
 L = panjang elektroda tertanam (meter)
 a = diameter elektroda (meter)