Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
5 (3) 2025, Page: 30504-30511

Studi Analisa Tahanan Pembumian Pada Gardu Induk 150 KV Lubuk Alung

Riski Febrian, Yani Ridal, Budiman
Program Sarjana Teknik Elektro
Corresponding Author:: rizkifebrian160200@gmail.com, yani.ridalddg@gmail.com

Published: October , 2025

ABSTRACT

This study aims to analyze the grounding resistance, touch voltage, and step voltage values at the 150 kV Lubuk Alung Substation in accordance with the IEC 60479 standard. The research method includes literature review, field observation, interviews, and collection of technical grounding system data. The data were analyzed quantitatively through calculations of grounding resistance and voltage based on human body weights of 50 kg and 70 kg, as well as fault durations ranging from 0.1 to 3 seconds. The test results show a grounding resistance (Rg) of 0.485 Ω with a soil resistivity (ρ) of 71.44 Ω·m. The touch voltage ranges from 2.82 to 5.25 V, while the step voltage ranges from 11.26 to 20.96 V, all remaining below the safe limits of 30 V and 25 V, respectively. Thus, the grounding system of the Lubuk Alung Substation is declared safe and compliant with the IEC 60479 standard.

Keywords: *Substation, grounding system, touch voltage, step voltage.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis nilai tahanan pembumian, tegangan sentuh, dan tegangan langkah pada Gardu Induk 150 kV Lubuk Alung sesuai standar IEC 60479. Metode penelitian meliputi studi literatur, observasi lapangan, wawancara, dan pengumpulan data teknis. Data dianalisis secara kuantitatif melalui perhitungan nilai tahanan pembumian dan tegangan berdasarkan berat badan 50 kg dan 70 kg serta waktu gangguan 0,1–3 detik. Hasil pengujian menunjukkan tahanan pembumian (Rg) sebesar 0,485 Ω dengan ϱ = 71,44 Ω·m. Tegangan sentuh berkisar 2,82–5,25 V, sedangkan tegangan langkah 11,26–20,96 V, seluruhnya di bawah batas aman 30 V dan 25 V. Dengan demikian, sistem pembumian Gardu Induk Lubuk Alung dinyatakan aman dan memenuhi standar IEC 60479..

Kata Kunci: Gardu induk, sistem pembumian, tegangan sentuh, tegangan langkah.

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original aut hor(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of thi s licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Kebutuhan Dalam sistem tenaga listrik, keberadaan gardu induk (GI) memiliki peranan yang sangat vital sebagai penghubung antara sistem transmisi dan sistem distribusi tenaga listrik. Gardu induk berfungsi untuk menyalurkan, mengubah, serta mengendalikan tegangan listrik agar energi yang dihasilkan oleh pembangkit dapat didistribusikan ke konsumen secara efisien, andal, dan aman. Pada sistem tenaga listrik, gardu induk menjadi titik kritis yang menentukan kestabilan sistem karena berhubungan langsung dengan arus dan tegangan tinggi yang memiliki potensi bahaya besar jika tidak dikelola dengan benar.

Salah satu aspek yang sangat penting dalam pengoperasian gardu induk adalah sistem pembumian (grounding system). Sistem pembumian berfungsi untuk mengalirkan arus gangguan atau tegangan lebih ke bumi dengan tujuan melindungi peralatan serta menjamin keselamatan manusia yang berada di sekitar instalasi listrik. Melalui sistem pembumian yang baik, energi berlebih akibat gangguan seperti petir (lightning surge), arus hubung singkat (short circuit current), atau tegangan impuls dapat disalurkan ke tanah dengan resistansi yang sekecil mungkin, sehingga tidak menimbulkan kerusakan atau bahaya listrik.

Menurut standar internasional IEEE Std 80-2011 dan IEC 60479, nilai tahanan pembumian yang ideal untuk instalasi tegangan tinggi seperti gardu induk sebaiknya mendekati nol, atau setidaknya ≤ 1 Ω. Nilai ini dianggap cukup aman dalam membatasi beda potensial antara peralatan dan tanah ketika terjadi gangguan listrik. Jika tahanan pembumian terlalu besar, maka arus gangguan tidak dapat dialirkan ke tanah dengan baik sehingga menimbulkan kenaikan tegangan pada titik pembumian (ground potential rise). Kondisi ini berpotensi menyebabkan kegagalan isolasi (insulation breakdown), kerusakan peralatan listrik,

bahkan bahaya kejut listrik (electric shock) bagi petugas maupun masyarakat sekitar gardu induk.

Gardu induk yang tidak memiliki sistem pembumian yang baik juga rentan mengalami gangguan tegangan sentuh (touch voltage) dan tegangan langkah (step voltage) yang melebihi batas aman. Tegangan sentuh adalah tegangan antara bagian konduktor logam yang dapat disentuh manusia dengan tanah di sekitarnya, sedangkan tegangan langkah adalah tegangan antara dua titik di tanah yang berjarak satu langkah kaki manusia. Jika nilai kedua tegangan ini melebihi ambang batas yang ditetapkan standar IEC 60479, maka dapat menimbulkan bahaya serius seperti fibrilasi jantung atau bahkan kematian akibat aliran arus listrik melalui tubuh manusia.

Selain faktor keselamatan manusia, sistem pembumian juga berpengaruh besar terhadap keandalan (reliability) dan keamanan (safety) sistem tenaga listrik. Tahanan pembumian yang tinggi dapat menimbulkan gangguan pada sistem proteksi, seperti keterlambatan operasi circuit breaker, rele proteksi, dan perangkat pengaman lainnya. Akibatnya, gangguan listrik tidak dapat segera diisolasi, yang pada gilirannya berpotensi menyebabkan kerusakan peralatan berantai (cascade failure) serta pemadaman listrik berskala luas (*blackout*).

Gardu Induk 150 kV Lubuk Alung merupakan salah satu fasilitas penting dalam sistem transmisi tenaga listrik di wilayah Sumatera Barat. Lokasinya yang strategis sebagai penghubung antar sistem transmisi memerlukan tingkat keamanan dan keandalan yang tinggi. Oleh karena itu, sistem pembumian pada gardu induk ini harus memenuhi kriteria teknis dan standar keselamatan internasional. Kondisi geografis dan karakteristik tanah di lokasi Lubuk Alung yang didominasi oleh tanah liat dan kadar kelembaban tinggi juga memengaruhi nilai resistivitas tanah (ϱ), yang pada akhirnya berdampak langsung terhadap nilai tahanan pembumian.

Berdasarkan kondisi tersebut, perlu dilakukan analisis menyeluruh terhadap sistem pembumian di Gardu Induk 150 kV Lubuk Alung, khususnya dalam hal pengukuran nilai tahanan pembumian (Rg) serta evaluasi tingkat keamanan tegangan sentuh dan tegangan langkah berdasarkan standar IEC 60479 dan IEEE Std 80. Analisis ini tidak hanya penting untuk mengetahui apakah sistem pembumian yang ada telah memenuhi standar, tetapi juga sebagai dasar dalam perencanaan pemeliharaan dan peningkatan sistem pembumian agar lebih aman dan efisien di masa mendatang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis sistem pentanahan pada Gardu Induk 150 kV Lubuk Alung. Tujuan utamanya adalah memperoleh nilai tahanan pembumian, tegangan sentuh, dan tegangan langkah, serta menilai kesesuaiannya dengan standar IEEE Std 80-2011 dan IEC 60479.

Data diperoleh melalui tiga tahap utama, yaitu studi pustaka, observasi lapangan, dan diskusi teknis. Studi pustaka dilakukan untuk mengkaji teori serta hasil penelitian terdahulu terkait sistem pembumian. Observasi lapangan dilakukan secara langsung di Gardu Induk Lubuk Alung guna memperoleh data teknis seperti konfigurasi grid, kedalaman elektroda, dan resistivitas tanah. Sementara itu, diskusi dilakukan bersama dosen pembimbing dan teknisi PLN guna memastikan keakuratan data dan kesesuaian prosedur pengukuran. Parameter yang dianalisis meliputi ketebalan lapisan tanah (hs), panjang kisi utama (L_1), panjang kisi melintang (L_2), jumlah batang elektroda (X), kedalaman konduktor (h), luas area pentanahan (A), diameter konduktor (d), serta tahanan jenis tanah (ϱs). Data ini diolah menggunakan analisis deskriptif kuantitatif melalui perhitungan tahanan pembumian (Rg), tegangan sentuh (Et), dan tegangan langkah (Es) dengan rumus baku dari standar IEEE dan IEC.

Prosedur penelitian meliputi identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data lapangan, perhitungan teknis, analisis hasil, serta penyusunan rekomendasi. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan terhadap batas keamanan internasional. Penelitian dilaksanakan di Gardu Induk Lubuk Alung, Kabupaten Padang Pariaman, selama Januari–Juli 2025. Melalui metode ini, diharapkan diperoleh gambaran kuantitatif tentang kondisi aktual sistem pembumian di Gardu Induk Lubuk Alung serta tingkat keamanannya terhadap tegangan sentuh dan langkah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

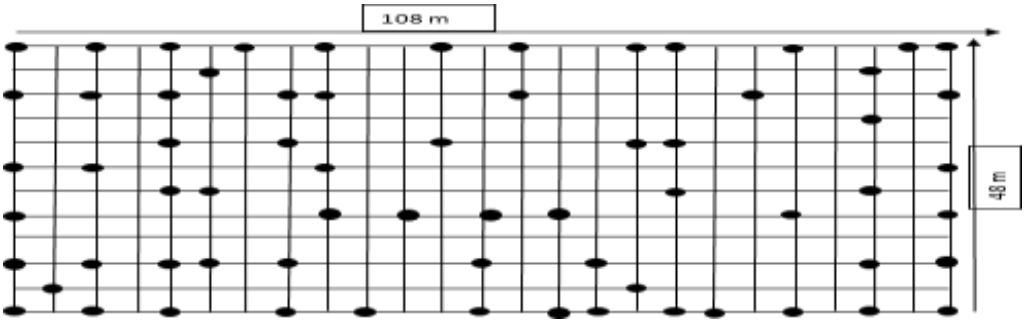
Bagian ini Pada penelitian ini yang dibahas adalah nilai tahanan pembumian, tegangan sentuh, tegangan langkah pada gardu induk lubuk alung yang menggunakan sistem pentanahan kisi-kisi (grid) pada kontruksi

pembumian (grounding) yang ditujukan dalam guna penanganan arus dan tegangan liar akibat gangguan internal ataupun eskternal yang terjadi pada sistem gardu induk.

Tabel 1. Data Penelitian

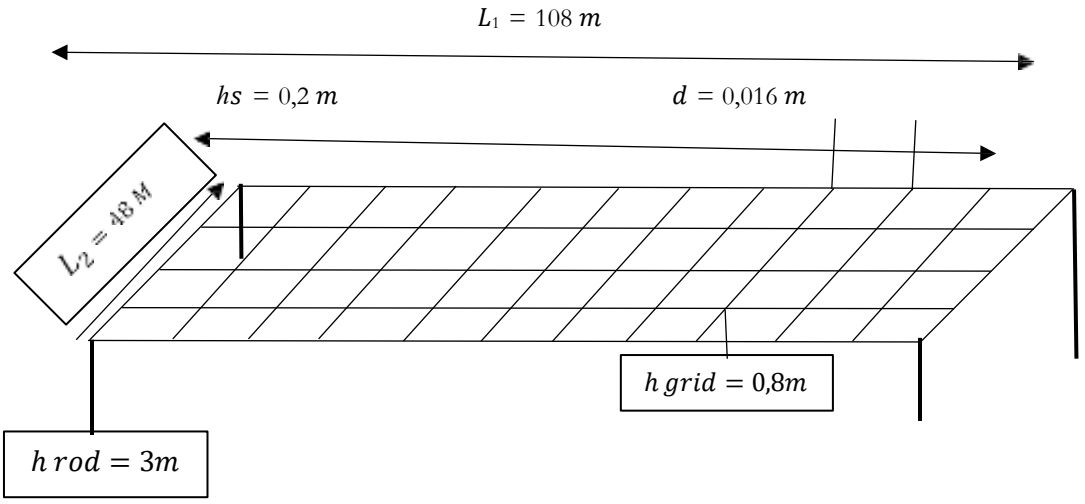
No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Tahanan jenis lapisan atas (berbatu)	ϱs	500	Ω·m
2	Ketebalan permukaan tanah	hs	0,2	m
3	Panjang kisi-kisi utama	L_1	108	m
4	Panjang kisi-kisi melintang	L_2	48	m
5	Panjang batang pentanahan	ℓ	3	m
6	Jumlah kisi-kisi utama	n	25 batang	
7	Jumlah kisi-kisi melintang	m	12 batang	
8	Jumlah batang pentanahan	X	67 batang	
9	Luas area pentanahan	A	5184	m^2
10	Diameter konduktor	d	0,016	m
11	Kedalaman konduktor horizontal grid	h	0,8	m
12	Kedalaman konduktor vertikal rod	h	3	m

Perhitungan Pentanahan



Gambar 1. Pentanahan Grid GI Lubuk Alung.

Luas area pentanahan kisi-kisi gardu induk Lubuk Alung



Gambar 2. Ukuran

PerhitunganTahanan Pentanahan

Untuk menentukan nilai tahanan pentanahan sistem grid pada GI Lubuk Alung ini dapat dihitung sesuai dengan :

Panjang total konduktor kisi-kisi dan batang pentanahan, dapat dihitung berdasarkan rumus seperti berikut :

$L = L_C + L_r$

Dimana L_r adalah Panjang total batang pentanahan, dapat di hitung berdasarkan rumus seperti berikut :

$L_r = \ell . X = 3\ m \times 67 = 201\ m$

Dan L_C adalah panjang total kisi-kisi penghantar dapat dihitung berdasarkan rumus seperti berikut :

$L_C = (L_1 \times m) + (L_2 \times n)$

$= (108 \times 12) + (48 \times 25)$

$= 2496m$

Maka panjang total konduktornya adalah :

$L = L_C + L_r$

$L = 2496 + 201 = 2697\ m$

Sehingga nilai tahan jenis tanah (ρ) dapat dihitung berdasarkan rumus seperti berikut :

$$\rho = \frac{Rg}{\left[\frac{1}{L} + \frac{(1+\frac{1}{h\sqrt{20/A}})}{\sqrt{20\,A}}\right]}$$

$$= \frac{0{,}485}{}$$

Perhitungan Arus Fibrilasi Tegangan Sentuh Dan Tegangan

Tabel 2. Hasil arus fibrilasi tegangan sentuh dan tegangan langkah berat badan manusia 70 kg

No	t (detik)	E_s(A)	EL (A)
1	0,1	0,49	0,49
2	0,2	0,35	0,35
3	0,3	0,28	0,28
4	0,4	0,24	0,24
5	0,5	0,22	0,22
6	1	0,157	0,157
7	2	0.111	0.111
8	3	0.090	0.090

Tabel 3. Hasil arus fibrilasi tegangan sentuh dan tegangan langkah berat badan manusia 50 kg

No	t (detik)	E_s(A)	EL (A)
1	0,1	0,36	0,36
2	0,2	0,25	0,25
3	0,3	0,21	0,21
4	0,4	0,18	0,18
5	0,5	0,16	0,16
6	1	0,116	0,116
7	2	0.082	0.082
8	3	0.066	0.066

Tabel 4. Hasil Tegangan sentuh berat badan manusia 70 kg

No	t (detik)	E_s(Volt)
1	0,1	26,18
2	0,2	13.22
3	0,3	8,63
4	0,4	6,41
5	0,5	5,25
6	1	2,65
7	2	1,32
8	3	0,87

Tabel 5. Hasil perhitungan tegangan sentuh berat badan manusia 50 kg

No	t (detik)	E_s (Volt)
1	0,1	14,22
2	0,2	6,98
3	0,3	4,78
4	0,4	3,55
5	0,5	2,82
6	1	1,44
7	2	0,72
8	3	0,47

Tabel 6. Hasil Perhitungan Tegangan Langkah Berat Badan Manusia 70 kg

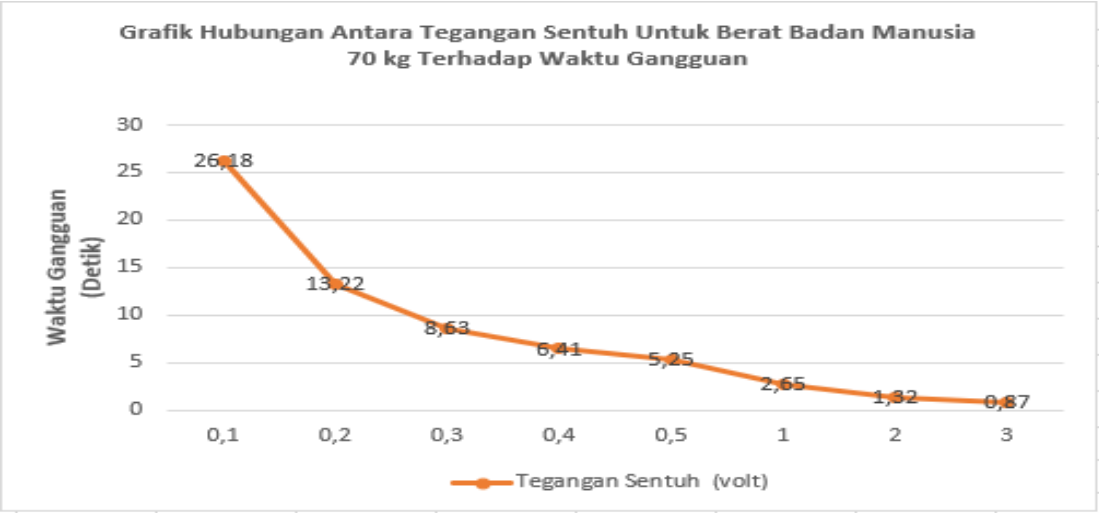
No	t (detik)	E_L(Volt)
1	0,1	104,39
2	0,2	52,72
3	0,3	34,44
4	0,4	25,56

5	0,5	20,96
6	1	10,57
7	2	5,28
8	3	3,50

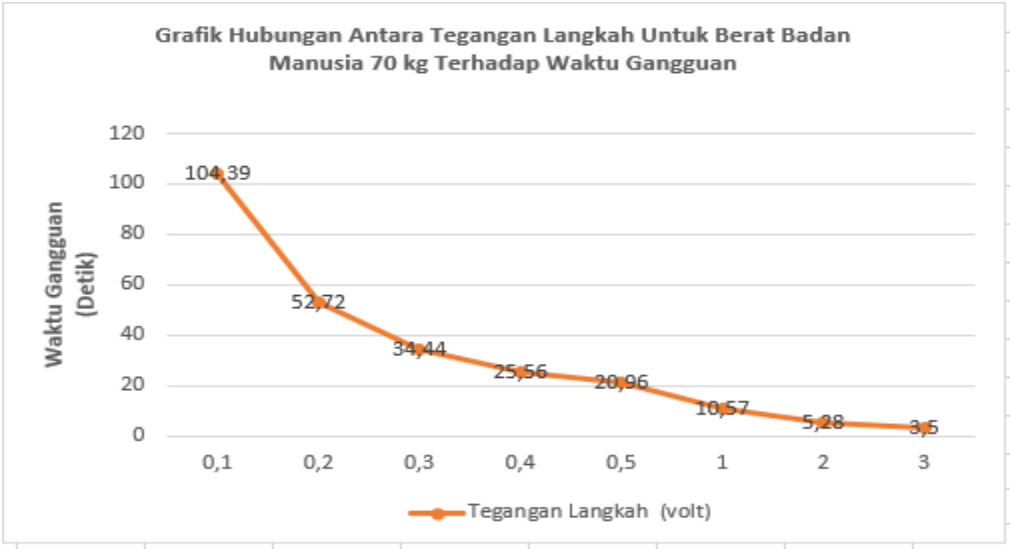
Tabel 7. Tegangan langkah berat badan manusia 50 kg

No	t (detik)	E_L(Volt)
1	0,1	56,66
2	0,2	27,82
3	0,3	19,08
4	0,4	14,16
5	0,5	11,26
6	1	5,77
7	2	2,88
8	3	1,89

Nilai tahanan pembumian (R_g) berdasarkan hasil pengujian dilapangan diperoleh sebesar R_g = 0,485 Ω dengan tahanan jenis tanah liat sebesar ρ = 71,44 (Ω m) . Jumlah grid yang tertanam X = 67 batang, panjang = 108 m lebar = 48 m dengan luas area = 5184m^2 Nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah berdasarkan hasil perhitungan untuk lamanya waktu gangguan t = 0,5 detik dan berat badan manusia 50 kg diperoleh masing-masing sebesar 2,82 Volt dan 11,26 Volt. Sedangkan untuk t = 0,1 detik sampai 3 detik dapat dilihat pada table 4.5 dan 4.7 dimana nilai tersebut masih berada dalam batas yang diizinkan dan dapat dikategorikan aman bagi manusia dan peralatan di sekitar gardu induk tersebut. Sedangkan nilai E_S dan E_L untuk perhitungan berdasarkan hasil pengujian untuk lamanya waktu gangguan t = 0,5 detik dan berat badan manusia 70 kg diperoleh masing-masing sebesar 5,25 volt dan 20,96 volt. Sedangkan untuk t = 0,1 detik sampai 2 detik dapat dilihat pada table 4.4 dan 4.6 dimana nilai tersebut masih berada dalam batas yang diizinkan dan dapat dikategorikan aman bagi manusia dan peralatan di sekitar gardu induk tersebut. Batas aman tegangan sentuh dan langkah menurut standar IEC 60479, batas aman tegangan sentuh adalah 30 V .Tegangan Langkah Menurut standar IEC 60479, batas aman tegangan langkah adalah25 V . Rentang tegangan sentuh 50 Kg – 70 Kg dengan waktu gangguan 0,5 detik menggunakan persamaan Interpolasi diperoleh sebesar 4,03 Volt. Sedangkan rentang tegangan langkah 50 Kg – 70 Kg dengan waktu gangguan 0,5 detik menggunakan persamaan Interpolasi di peroleh sebesar 16,11 Volt. Dimana nilai tersebut masih berada dalam batas yang diizinkan.



Gambar 3. Grafik tegangan sentuh berat badan 70 Kg



Gambar 4. Grafik tegangan langkah berat badan 70 Kg

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis terhadap sistem pentanahan pada Gardu Induk 150 kV Lubuk Alung, diperoleh beberapa temuan utama sebagai berikut. Nilai tahanan pembumian (Rg) hasil perhitungan adalah 0,485 Ω, dengan tahanan jenis tanah liat (ϱ) sebesar 71,44 Ω·m, yang menunjukkan sistem pembumian berada dalam kondisi baik. Untuk waktu gangguan (t) sebesar 0,5 detik, diperoleh hasil bahwa pada berat badan 50 kg, nilai tegangan sentuh (Et) sebesar 2,82 V dan tegangan langkah (Es) sebesar 11,26 V. Sedangkan pada berat badan 70 kg, nilai Et sebesar 5,25 V dan Es sebesar 20,96 V. Seluruh nilai tersebut masih berada di bawah batas aman standar IEC 60479, yaitu 30 V untuk tegangan sentuh dan 25 V untuk tegangan langkah. Hasil interpolasi antara berat badan 50–70 kg menunjukkan nilai rata-rata tegangan sentuh sebesar 4,03 V dan tegangan langkah sebesar ±16 V, yang juga masih berada dalam batas aman. Secara keseluruhan, sistem pentanahan pada Gardu Induk 150 kV Lubuk Alung telah memenuhi standar keselamatan IEC 60479 dan dapat dikategorikan aman bagi manusia maupun peralatan listrik di sekitarnya.

DAFTAR PUSAKA

Citra Rahmadhani, E. E. (2017). *Studi perancangan sistem pembumian gardu induk 150/20 kV di Gardu Induk Garuda Sakti* (Vol. 3, p. 662).

Hidayat, D. (2020). *Analisis sistem pentanahan peralatan pada Gardu Induk 150 kV Mariana* (pp. 1–23). Karuna, H. (2014). *Evaluasi keamanan pada sistem pertanahan Gardu Induk 150 kV Jajar* (Vol. 2504, pp. 1–9).

Lamma, M. (2012). *Perhitungan tegangan sentuh menggunakan tahanan kontak kaki dalam sistem pembumian pada Gardu Induk Cikupa* (Vol. 3, pp. 1–11).

Octavianto Jaoga, G. (2020). *Evaluasi keamanan pada sistem pentanahan Gardu Induk 150 kV Manisrejo Kota Madiun* (pp. 1–16).

Pranoto, A., Tumaliang, H., & Mangindaan, G. M. C. (2018). Analisa sistem pentanahan Gardu Induk Teling dengan konstruksi grid (kisi-kisi). *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, 7*(3), 189–198.

Riyanto, A., & Simatupang, J. W. (2019a). Analisis sistem pentanahan jaringan Gardu Induk 150 kV PT Bekasi Power Cikarang. *Jurnal Kajian Teknik Elektro (JKTE) UTA'45 Jakarta, 4*(1), 57–70.* Retrieved from* https://ejournal.uta45jakarta.ac.id/index.php/JKTE/article/view/1409

Riyanto, A., & Simatupang, J. W. (2019b). Analisis sistem pentanahan jaringan Gardu Induk 150 kV PT Bekasi Power Cikarang. *E-Journal Kajian Teknik Elektro, 4*(1), 57–70.*

Syahputra, R. (2022). *Praktik-praktik proteksi sistem tenaga listrik* (p. 482).

Syarifudin, A. Y., Nisworo, S., Trihasto, A., Teknik, J., & Universitas, E. (2022). *Studi sistem pentanahan peralatan di gardu induk: Studi kasus pada Gardu Induk Temanggung.*

Wibowo, A. S. (2019). *Evaluasi tegangan sentuh dan tegangan langkah Gardu Induk 150 kV Bawen.* Retrieved from https://eprints.ums.ac.id/76944