

PERHITUNGAN SISTEM *GROUNDING* PADA PEKERJAAN PEMBANGUNAN STASIUN PENGISIAN BAHAN BAKAR GAS (SPBG) *ONLINE STATION* DI BEKASI, JAWA BARAT

Novix Jefri Al Fama¹, Zya Jamaluddin Al Rasyid AR², Della Kumalaningrum³,
 Muhammad Dennis Aqila⁴, Mahsyia Aulia⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Politeknik Negeri Semarang; Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275; (024) 7473417

Keywords:

Grounding; Pentanahan;
 Sistem Proteksi

Correspondent Email:

novix.jefri@polines.ac.id

Abstrak. Sistem *grounding* berfungsi untuk mengalirkan arus gangguan ke tanah, melindungi peralatan dari tegangan lebih akibat petir maupun kegagalan isolasi, serta menjaga keselamatan manusia dari risiko kejutan listrik. Penelitian ini membahas perancangan dan perhitungan sistem *grounding* pada proyek Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas (SPBG) *Online Station* Bekasi, dengan tujuan memastikan keselamatan personel, perlindungan peralatan, dan keandalan operasional instalasi. Metodologi yang digunakan mencakup penentuan resistivitas tanah, penentuan jumlah dan konfigurasi *grounding rod*, serta perhitungan resistansi pentanahan sesuai standar. Sistem *grounding* pada perencanaan ini dibagi menjadi dua konfigurasi paralel yaitu *inline* untuk *grounding* tiang lampu *outdoor* serta *hollow square* untuk *grounding* bangunan beserta peralatan didalamnya. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa seluruh titik *grounding* memiliki nilai resistansi di bawah 5 Ω , sehingga memenuhi kriteria keamanan. Selain itu, dilakukan perhitungan ukuran kabel *grounding loop* utama berdasarkan arus gangguan maksimum sebesar 4.1 kA dengan waktu pemutusan 0.2 detik. Dari hasil perhitungan diperoleh minimal ukuran penampang kabel 11.83 mm², sehingga dipilih penggunaan kabel 1C x 50 mm². Dengan hasil ini maka sistem *grounding* pada SPBG *Online Station* Bekasi telah memenuhi standar dan dinilai aman.

Abstract. The *grounding* system serves to divert fault current into the earth, protect equipment from overvoltage caused by lightning or insulation failure, and ensure human safety by preventing electric shock hazards. This study discusses the design and calculation of the *grounding* system for the *Online Gas Fueling Station (SPBG)* project in Bekasi, aiming to ensure personnel safety, equipment protection, and operational reliability. The methodology includes soil resistivity measurement, determination of the number and configuration of *grounding rods*, and calculation of *grounding* resistance in compliance with standards. The designed *grounding* system employs two parallel configurations: an *inline* arrangement for *outdoor* lighting poles and a *hollow square* arrangement for the building and its internal equipment. *Grounding* resistance calculation results confirm that all *grounding* points exhibit a resistance value below 5 Ω , meeting safety requirements. Additionally, the main *grounding loop* cable size was calculated based on a maximum fault current of 4.1 kA with a 0.2-second disconnection time. The analysis determined a minimum required cable cross-section of 11.83 mm², leading to the selection of a 1C x 50 mm² cable for implementation.



Copyright © JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

1. PENDAHULUAN

Pada instalasi ketenagalistrikan dan sistem distribusi energi di lingkungan industri migas seperti

Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas (SPBG), aspek keselamatan dan keandalan sistem menjadi hal yang sangat krusial [1]. SPBG *Online Station* Bekasi,

Jawa Barat merupakan salah satu fasilitas vital yang berperan dalam penyediaan energi alternatif berbasis gas bumi [2]. Oleh karena itu, perancangan sistem proteksi listrik, termasuk sistem *grounding* (pentanahan), harus dilakukan secara cermat dan sesuai standar yang berlaku [3].

Sistem *grounding* berfungsi untuk mengalirkan arus gangguan (*fault current*) ke tanah, melindungi peralatan dari tegangan lebih akibat petir maupun gangguan isolasi, serta menjaga keselamatan manusia dari risiko kejutan listrik. Dalam lingkungan SPBG yang memiliki potensi bahaya tinggi akibat keberadaan gas mudah terbakar, sistem *grounding* yang andal menjadi salah satu komponen penting untuk mencegah terjadinya kebakaran atau ledakan akibat arus bocor atau petir [4].

Perhitungan sistem *grounding* pada proyek ini bertujuan untuk memastikan bahwa tahanan pentanahan yang dicapai berada di bawah batas yang ditetapkan oleh standar internasional seperti IEEE Std 80 dan SNI terkait [5],[6]. Selain itu, perhitungan ini juga mempertimbangkan kondisi tanah lokal di area Bekasi, termasuk resistivitas tanah, kedalaman elektroda, dan konfigurasi *grounding grid* yang optimal [7].

Dengan melakukan perhitungan yang tepat dan akurat, diharapkan sistem *grounding* yang dirancang dapat mendukung operasional SPBG secara aman, handal, serta mematuhi aspek regulasi dan standar keselamatan kerja yang berlaku di lingkungan industri migas nasional.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fungsi dan Standar Sistem *Grounding*

Sistem *grounding* menyalurkan arus gangguan ke tanah guna memproteksi peralatan dari tegangan lebih akibat petir atau kegagalan isolasi. Perancangan sistem ini mengacu pada standar internasional seperti IEEE Std 80, BS 7430, dan SNI 03-7015-2004 untuk menjamin keselamatan personel serta keandalan operasional instalasi [5],[6],[8].

2.2 Parameter Resistivitas Tanah

Resistivitas tanah merupakan parameter fundamental yang menentukan efektivitas nilai resistansi pentanahan, di mana nilainya sangat dipengaruhi oleh komposisi lapisan material dan kelembapan tanah [9]. Dalam perancangan sistem distribusi energi pada fasilitas vital, batasan nilai resistansi pembumian harus diupayakan berada di bawah 5Ω guna memenuhi kriteria keamanan operasional dan stabilitas sistem [10]. Standar system ini mampu memproteksi instalasi saat terjadi gangguan arus yang bernilai besar.

Pada wilayah Bekasi yang didominasi oleh tanah rawa, karakteristik resistivitas tanah memiliki nilai

yang cenderung rendah namun spesifik. Berdasarkan standar nasional dan hasil komparasi penelitian terdahulu, tanah rawa memiliki rentang resistivitas antara $10 \Omega.m$ hingga $30 \Omega.m$ [11]. Penentuan nilai resistivitas tanah ini menjadi basis utama dalam mengoptimalkan jumlah dan konfigurasi elektroda agar sistem pentanahan tetap andal dalam jangka panjang.

2.3 Konfigurasi Elektroda Pentanahan

Pengaturan batang pembumian menggunakan metode *inline* untuk area luar ruangan dan *hollow square* untuk area bangunan utama. Pemilihan konfigurasi tersebut memengaruhi faktor pengali dalam perhitungan resistansi total agar sistem pembumian efektif mereduksi arus gangguan secara optimal sesuai luas area kerja [12].

2.4 Dimensi Konduktor Utama

Penentuan ukuran penampang kabel didasarkan pada perhitungan arus gangguan maksimum dan durasi waktu pemutusan sesuai standar IEC 60364-4-41. Kabel tembaga jenis BC dipilih untuk memastikan konduktor mampu menahan beban termal dan mencegah kerusakan isolasi saat terjadi kondisi hubung singkat [13].

2.5 Keamanan dan Arus Gangguan

Batasan nilai resistansi pembumian harus berada di bawah 5Ω untuk memenuhi kriteria keamanan operasional pada fasilitas vital[14]. Perhitungan juga mempertimbangkan suhu awal serta akhir konduktor guna memastikan sistem tetap stabil dan aman saat dialiri arus gangguan [15].

2.6 Perhitungan Resistansi Pentanahan

Penentuan nilai resistansi total pada sistem pembumian dilakukan dengan mengintegrasikan variabel geometri elektroda dan resistivitas tanah. Untuk elektroda jenis batang (*rod*), perhitungan umumnya menggunakan formula berbasis standar IEEE Std 80 yang mempertimbangkan panjang elektroda dan jari-jari [16]. Penggunaan metode *multiple grounding* dengan konfigurasi tertentu memerlukan perhitungan faktor pengali guna mengantisipasi efek interferensi medan listrik antar elektroda yang berdekatan, sehingga target resistansi di bawah 5Ω dapat tercapai secara matematis sebelum implementasi fisik [17].

2.7 Pengaruh Kelembapan dan Temperatur terhadap Resistivitas

Selain komposisi material, nilai resistivitas tanah sangat fluktuatif terhadap perubahan kondisi lingkungan seperti kadar air dan suhu permukaan. Tanah rawa memiliki karakteristik saturasi air yang tinggi, yang secara alami menurunkan resistivitas, namun risiko korosi pada konduktor tembaga (BC)

menjadi lebih besar [18]. Oleh karena itu, tinjauan terhadap stabilitas termal konduktor saat dialiri arus gangguan menjadi krusial untuk memastikan bahwa kenaikan suhu tidak mengubah sifat fisik tanah di sekitar elektroda secara permanen, yang dapat memperburuk nilai resistansi sistem dalam jangka Panjang[19].

3. METODE PENELITIAN

A. Resistivitas Tanah

Secara umum, tanah terdiri dari beberapa lapisan yang secara berurutan dari lapisan paling atas ke paling bawah yaitu :

- Lapisan tanah organik (0 – 0.6 meter)
- Lapisan tanah *topsoil* (0.6 –3 meter)
- Lapisan *subsoil* (3 – 9 meter)
- Lapisan *regolith* (9 – 14 meter)

Pada lapisan-lapisan tanah tersebut memiliki nilai resistivitas tertentu berdasarkan kandungan material yang terdapat didalamnya. Adapun nilai resistivitas tanah berdasarkan kandungan material penyusunnya secara garis besar dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini [20].

Tabel 1. Resistivitas Jenis Tanah Berdasarkan PUIL 2000

Jenis Tanah	Tanah Rawa	Tanah Liat & Tanah Ladang	Pasir Basah	Kerikil Basah	Pasir & Kerikil Kering	Tanah Berbatu
Resistivity (Ω.m)	30	100	200	500	1000	3000

B. Basis dan Asumsi Perhitungan *Grounding*

Grounding electrode dipasang pada kedalaman maksimal 6 m dengan komposisi tanah dianggap seragam. Bekasi merupakan daerah dengan tanah berjenis rawa sehingga pada kedalaman ini diasumsikan nilai resistivitas tanah bernilai 30 Ω.m. Ukuran konduktor *loop*, konduktor untuk *grounding* peralatan, jumlah *grounding electrode* dan lain-lain berdasarkan pada standar BS 7430 : 2011.

Sistem *grounding* dibagi menjadi dua konfigurasi paralel yaitu *inline* untuk *grounding* tiang lampu *outdoor* serta *hollow square* untuk *grounding* bangunan beserta peralatan didalamnya.

Kriteria desain untuk sistem *grounding* yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Konduktor *grounding* menggunakan konduktor tembaga BC.
- Nilai resistansi *grounding* adalah :
 - Resistansi *grounding* total jaringan *loop* : 5 Ω
 - *Grounding electrode* : 5 Ω
 - *Grounding* untuk penangkal petir : 5 Ω
 - *Grounding* instrumentasi (maksimum) : 5 Ω
 - Panjang *grounding electrode* tembaga adalah 6 m dengan diameter 19 mm.

Berikut adalah data sistem eksisting yang digunakan sebagai pertimbangan dalam perhitungan desain *grounding* :

- Arus gangguan tanah sebesar 12.08 kA selama 1 detik pada sistem 380V.
- Arus gangguan tanah sebesar 7.2 kA selama 1 detik pada terminal *gas dryer heater*.
- Resistivitas tanah sebesar 30 Ω.m.
- Temperatur termal tanah adalah 30°C.

Temperatur awal konduktor dianggap sama dengan *temperature* tanah sebesar 30°C serta dengan *temperature* akhir 200°C sesuai dengan temperatur hubung singkat yang terdapat pada katalog manufaktur vendor untuk konduktor tembaga BC [5].

C. Perhitungan Ukuran Konduktor *Grounding*

Ukuran konduktor *grounding* dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$S = \frac{(i \times \sqrt{t})}{k} \quad (1)$$

Dimana :

- I : arus gangguan rms (kA)
- t : durasi arus gangguan (detik)
- k : Kerapatan arus (A/mm²)

Nilai kerapatan arus dapat diperoleh dari persamaan berikut dengan mempertimbangkan temperatur awal dan akhir konduktor.

$$k = K \sqrt{\log e \left[\frac{T_2 + \beta}{T_1 + \beta} \right]} \quad (2)$$

Dimana:

- T1 : temperatur awal 30°C (temperatur tanah)
- T2 : temperatur akhir 200°C (temperatur hubung singkat konduktor tembaga BC)
- K : faktor untuk konduktor tembaga 226 A/mm²
- β : faktor untuk konduktor tembaga 254°C

D. Perhitungan Jumlah *Grounding Electrode* dan Resistansi Pentanahan

Resistansi ke tanah untuk elektroda *single rod* (R) dalam Ω dihitung berdasarkan persamaan dibawah :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{8L}{d} \right) - 1 \right] \quad (3)$$

Dimana:

- L : Panjang elektroda dalam meter = 6 m
- d : Diameter elektroda dalam meter = 0.019 m
- ρ : Resistivitas tanah dalam Ω.m = 30 Ω.m
- π : 3.142

Resistansi total elektroda *grounding* paralel (R_n) dalam satuan Ω dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$R_n = R \left[\frac{1+\lambda a}{n} \right] \quad (4)$$

dan

$$a = \frac{\rho}{2\pi RS} \quad (5)$$

Dimana :

R : Resistansi elektroda *single rod* (Ω)

S : Jarak *rod* (m)

ρ : Resistivitas tanah ($\Omega.m$)

λ : faktor pengali (lihat tabel 2 dan 3)

n : Jumlah *grounding electrode* (lihat tabel 2 dan 3)

Tabel 2. Faktor Pengali Elektroda Konfigurasi *In-line*

Jumlah Elektroda (n)	Faktor (λ)
2	1.00
3	1.66
4	2.15
5	2.54
6	2.87
7	3.15
8	3.39
9	3.61
10	3.81

Tabel 3. Faktor Pengali Elektroda Konfigurasi *Hollow Square*

Jumlah Elektroda (n)	Faktor (λ)
2	2.71
3	4.51
4	5.48
5	6.13
6	6.63
7	7.03
8	7.36
9	7.65
10	7.90
12	8.32
14	8.67
16	8.96
18	9.22
20	9.44

Untuk elektroda yang dipasang dengan konfigurasi *in-line*, persamaan diatas memiliki nilai λ diambil dari tabel 2. Untuk elektroda yang dipasang dengan jarak yang sama dengan konfigurasi *square*, misalnya dipasang sepanjang perimeter bangunan, persamaan diatas memiliki

nilai λ yang diambil dari tabel 3. Untuk Jumlah total *grounding* elektroda di sepanjang *square* adalah $4(n - 1)$.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis sistem *grounding* pada SPBG *Online Station* Bekasi mencakup dua aspek utama yaitu penentuan dimensi konduktor berdasarkan kapasitas termal terhadap arus gangguan, serta perhitungan resistansi pembumian pada berbagai konfigurasi elektroda.

A. Hasil Perhitungan Ukuran Kabel *Grounding Loop* Utama

Penentuan ukuran minimum penampang kabel *grounding* merupakan langkah krusial untuk menjamin bahwa sistem *grounding* mampu menahan beban termal saat terjadi arus gangguan tanpa mengalami kerusakan permanen pada isolasi ataupun struktur kabel. Pada studi ini, parameter termal konduktor ditetapkan berdasarkan karakteristik material tembaga jenis BC, dengan data perhitungan sebagai berikut :

T1 : 30°C
 T2 : 200°C
 K : 226 A/mm²
 β : 254°C

Berdasarkan persamaan 2 maka diperoleh nilai k = 155 A/mm². Beban terbesar pada proyek SPBG *Online Station* Bekasi ini adalah gas *dryer heater* dengan kapasitas 40 kW. Berdasarkan data eksisting dimana nilai arus gangguan tanah pada *motor* tersebut sebesar 4.1 kA.

Diasumsikan durasi waktu pemutusan arus gangguan tanah selama 0.2 detik sesuai dengan standar IEC 60364-4-41 untuk sistem TN-S, sehingga parameter perhitungan adalah sebagai berikut :

I = 4.1 kA
 t = 0.2 detik
 k = 155 A/mm²

Berdasarkan persamaan 1 maka diperoleh nilai S (kebutuhan luas penampang minimum kabel *grounding*) sebesar 11.83 mm² sehingga sebagai langkah konservatif untuk meningkatkan faktor keamanan dan durabilitas sistem, maka digunakan kabel 1C x 50 mm² untuk *grounding loop* utama.

B. Hasil Perhitungan Jumlah Elektroda Dan Resistansi *Grounding*

Data Perhitungan :

Nilai resistansi (maksimum) : 5 Ω
 Panjang elektroda *grounding* (L) : 6 m
 Diameter elektroda *grounding* (d) : 0.019 m
 Resistivitas tanah (ρ) : 30 $\Omega.m$
 Koefisien phi : 3.142
 Jarak antar batang *grounding* (S)

- *Office Building* : 12 m
- *Dispenser Shelter* : 16 m
- *Composite Building* (Ruang Panel, Ruang *Solar Cell Battery* dan Ruang *Instrument Air Compressor*) : 5 m
- *Main Equipment Shelter* : 12 m
- *Tiang Lampu Outdoor* : 3 m

Jumlah elektroda *grounding* (n)

- *Office Building* : 4 ea
- *Dispenser Shelter* : 4 ea
- *Composite Building* (Ruang Panel, Ruang *Solar Cell Battery* dan Ruang *Instrument Air Compressor*) : 4 ea
- *Main Equipment Shelter* : 4 ea
- *Tiang Lampu Outdoor* : 2 ea

Berdasarkan persamaan 3, 4 dan 5 maka diperoleh hasil perhitungan resistansi *grounding*, yang dapat ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Resistansi *Grounding*

No	Area	Jumlah Rod (ea)	Nilai Resistansi (Ω)	Resistansi Kriteria (Ω)
1	<i>Office Building</i>	4	1.72	< 5
2	<i>Dispenser Shelter</i>	4	1.59	< 5
3	<i>Composite Building</i>	4	1.82	< 5
4	<i>Main Equipment Shelter</i>	4	1.63	< 5
5	<i>Tiang Lampu Outdoor</i>	2	3.52	< 5

Hasil perhitungan nilai resistansi *grounding* (R_n) yang ditunjukkan pada tabel 4 menunjukkan bahwa seluruh area di SPBG *Online Station* Bekasi telah memenuhi kriteria keamanan yang dipersyaratkan yaitu memiliki nilai resistansi di bawah 5 Ω

Pada unit *Office Building*, *Dispenser Shelter*, *Composite Building*, dan *Main Equipment Shelter*, penggunaan 4 buah *grounding rod* menggunakan konfigurasi *hollow square* menghasilkan nilai resistansi yang sangat rendah, berkisar antara 1.59 Ω hingga 1.82 Ω. Perbedaan nilai pada masing-masing bangunan dipengaruhi oleh jarak antar batang (*spacing*) yang bervariasi, di mana jarak yang lebih lebar (seperti 16 meter pada *Dispenser Shelter*) memberikan interferensi medan listrik yang lebih kecil, sehingga menghasilkan resistansi yang lebih rendah (1,59 Ω). Rendahnya nilai ini memberikan margin keamanan yang luas terhadap ambang batas maksimal 5 Ω.

Pada area tiang lampu *outdoor*, penggunaan 2 buah *grounding rod* menggunakan konfigurasi *in-*

line menghasilkan nilai resistansi sebesar 3.52 Ω. Meskipun lebih tinggi dibandingkan area bangunan, nilai ini tetap dinyatakan aman dan memenuhi standar teknis yang berlaku.

Secara keseluruhan, integrasi antara variabel geometri elektroda, pemilihan material konduktor yang tepat, dan pertimbangan resistivitas tanah rawa Bekasi telah menghasilkan sistem proteksi yang andal. Sistem ini tidak hanya berfungsi mengalirkan arus gangguan ke tanah secara efektif, tetapi juga memastikan perlindungan maksimal bagi personel dari risiko kejutan listrik serta menjaga stabilitas operasional peralatan dari gangguan isolasi maupun sambaran petir.

5. KESIMPULAN

- A. Sistem *grounding* di SPBG *Online Station* Bekasi telah dirancang dan diperhitungkan dengan baik serta sesuai standar yang dipersyaratkan. Seluruh titik *grounding* memenuhi kriteria resistansi maksimal (< 5 Ω), yang memastikan proteksi terhadap arus gangguan, petir, dan keselamatan kerja di lingkungan berisiko tinggi seperti SPBG.
- B. Perhitungan ukuran kabel *grounding loop* utama dilakukan sesuai dengan standar IEC 60364-4-41 dengan mempertimbangkan arus gangguan dan durasi pemutusan. Pemilihan kabel 1C x 50 mm² untuk *grounding loop* utama pada SPBG *Online Station* Bekasi sudah sangat memadai dan menunjukkan komitmen terhadap keselamatan dan keandalan sistem kelistrikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sumarna, M., Mulyadi, M., & Irawan, M. A. (2025). Inspeksi teknis re-sertifikasi peralatan listrik pada kegiatan usaha minyak dan gas bumi. *Jurnal Praktik Keinsinyuran*, 2(1), 70–79.
- [2] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2015, Maret 23). Menteri ESDM resmikan infrastruktur jargas, SPBG dan Gas Transportation Module (GTM) di Cikarang, Jawa Barat. <https://esdm.go.id/en/media-center/news-archives/menteri-esdm-resmikan-infrastruktur-jargas-spbg-dan-gas-transportation-module-gtm-di-cikarang-jawa-barat>
- [3] Firnando, H., Tessel, D., & Manab, A. (2024). Perancangan sistem proteksi petir eksternal di Gedung B Fakultas Sains dan Teknologi

- Universitas Jambi. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3), 2295–2303.
- [4] Susilo, A., & Putra, Y. (2022). Analisis ukuran kabel *grounding* berdasarkan arus gangguan sementara dan durasi pemutusan. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputasi dan Informatika (JITEKI)*, 8(1), 22–28.
- [5] IEEE. (2013). *IEEE Std 80-2013: Guide for safety in AC substation grounding*. Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- [6] Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 03-7015-2004: Tata cara perencanaan sistem pembumian instalasi Listrik*.
- [7] Santoso, B., Setianto, S., Wijatmoko, B., & Supriyana, E. (2017). Pengaruh muka air tanah terhadap kestabilan jembatan menggunakan metode electrical resistivity tomography konfigurasi dipole-dipole. *Seminar Nasional Fisika (SNF)*, 6, EPA-9–EPA-14.
- [8] British Standards Institute. (2015). *BS 7430 +A1 Code of practice for protective earthing of electrical installations*. British Standards Institute, (A1), 84–85.
- [9] M. A. Salam, S. Ja'afar, and M. Ariffin, "Measurement of grounding resistance by U-shape and square grids," in *TENCON 2010 - 2010 IEEE Region 10 Conference*, Fukuoka, Japan, 2010, pp. 102–105.
- [10] N. Nabiwa and F. M. Ambadar, "Pengaruh grounding terhadap keamanan instalasi listrik," *Jurnal Ilmu Pengetahuan Naratif*, vol. 6, no. 1, 2025.
- [11] Nugraha, G., Sunardi, & Arifianto, T. (2023). Pembuatan sistem *grounding axle counter* berdasarkan tahanan jenis tanah dan kedalaman *grounding*. *Journal Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, 5(1), 1–13.
- [12] Rianda, M., Pulungan, A. B., Sukardi, S., & Taali, T. (2022). Studi kelayakan sistem *grounding* pada gedung olahraga Universitas Negeri Padang. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 3(1), 96–101.
- [13] Pulungan, A. B., Hambali, H., Taali, T., & Habibullah, H. (2022). Perancangan sistem *grounding* pada gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Padang. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 3(1), 111–119.
<https://doi.org/10.24036/jtein.v3i1.213>
- [14] Abrar Tanjung, & Arlenny. (2023). Analisis Sistem Pentanahan Gedung Pascasarjana Menggunakan Metoda Tiga Titik Di Universitas Lancang Kuning. *Jurnal Elektro Dan Mesin Terapan*, 9(1), 53–64.
- [15] Dladla, V. M. N., Nnachi, A. F., & Tshubwana, R. P. (2023). Design, modeling, and analysis of IEEE Std 80 earth grid design refinement methods using ETAP. *Applied Sciences*, 13(13), 7491.
- [16] Mahadi. (2025). Analysis of grounding system resistance value changes at PT Telekomunikasi Indonesia Tbk., Witel Cirebon. *Journal of Emerging Innovations in Engineering*, 1(1), 39–44.
- [17] Hossain, Md. S., Ahmed, R., & Hossain, S. (2021). Design and optimization of substation grounding grid for ensuring the safety of personnel and equipment. *Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 5(1), 71–80.
- [18] Putri Salsabila, S., & Rini Riastuti. (2025). The effects of soil resistivity on the corrosion resistance of carbon steel. *Recent in Engineering Science and Technology*, 3(2), 15–34.
- [19] Zhang, Z., Xu, Z., & Xu, T. (2016). Calculating current and temperature fields of HVDC grounding electrodes. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, 4(2), 300–307.
- [20] Badan Standardisasi Nasional. (2000). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000) (SNI 04-0225-2000)*. Jakarta: BSN.