

ANALISIS PERAN SISTEM PEMBUMIAN TERHADAP KESELAMATAN DAN KEANDALAN OPERASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL (PLTD)

Sofiyullah Bagus Satrio¹, Afeef Kurnia Rahmawan¹, Affandi Faisal Kurniawan¹

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang¹
Gedung Pusat Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang*

Email : 22660002@upgris.ac.id

Abstrak

Pembumian (grounding) merupakan salah satu aspek fundamental dalam menjaga keselamatan dan keandalan operasi Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Sistem pembumian berfungsi sebagai jalur pengaman untuk mengalirkan arus gangguan ke tanah sehingga dapat mencegah kerusakan peralatan, mengurangi risiko sengatan listrik, serta menstabilkan tegangan sistem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran, fungsi, dan tingkat efektivitas pembumian dalam menjaga kontinuitas operasi PLTD. Metode yang digunakan meliputi studi literatur, analisis teknis sistem grounding pada pembangkit, serta evaluasi parameter resistansi tanah berdasarkan standar PUIL dan IEEE. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai resistansi grounding yang rendah mampu meningkatkan sensitivitas sistem proteksi, menurunkan tegangan sentuh berbahaya, dan memaksimalkan performa peralatan seperti generator, panel distribusi, dan transformator. Selain itu, pembumian yang baik terbukti efektif dalam mereduksi surja tegangan akibat petir dan gangguan switching. Kesimpulannya, sistem pembumian yang dirancang sesuai standar sangat berpengaruh terhadap keselamatan kerja, keandalan operasi, dan kualitas daya pada PLTD, sehingga perlu diperhatikan dalam perancangan, pemasangan, maupun pemeliharaannya.

Kata Kunci: Pembumian, Grounding, PLTD, Sistem Proteksi, Keselamatan Kerja, Resistansi Tanah, Kualitas Daya, Surja Tegangan, Keandalan Operasi.

a. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) masih berperan penting dalam penyediaan energi listrik, khususnya pada wilayah dengan keterbatasan jaringan interkoneksi. Keandalan dan keselamatan operasi PLTD sangat dipengaruhi oleh kualitas sistem instalasi tenaga listrik, salah satunya adalah sistem pembumian (grounding) (Al-Mahroqi et al, 2022; IEEE Standards Association, 2013). Sistem pembumian berfungsi sebagai jalur pengaman untuk menyalurkan arus gangguan ke tanah, sehingga mampu melindungi peralatan listrik, mencegah terjadinya tegangan sentuh berbahaya, serta mendukung kinerja sistem proteksi.

Dalam kondisi operasional di lapangan, sistem pembumian sering kali baru mendapat perhatian setelah muncul gangguan, seperti terjadinya trip proteksi secara berulang, kebocoran arus pada bagian logam peralatan, kerusakan isolasi, atau gangguan akibat sambaran petir. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pembumian memiliki peran yang sangat krusial dalam menjaga keselamatan personel dan kontinuitas operasi pembangkit. Selain itu, perubahan karakteristik tanah akibat faktor lingkungan, usia instalasi, dan korosi elektroda dapat meningkatkan nilai tahanan pembumian, yang berdampak langsung pada efektivitas sistem proteksi (Nikolovski, 2019).

Nilai tahanan pembumian yang tidak memenuhi standar dapat menyebabkan arus gangguan tidak tersalurkan secara optimal ke tanah, sehingga meningkatkan risiko sengatan listrik, kerusakan peralatan, serta gangguan keandalan sistem. Oleh karena itu, sistem pembumian pada PLTD PT. Trans Marga Jateng harus memenuhi ketentuan teknis yang mengacu pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) dan standar IEEE sebagai acuan keselamatan dan keandalan instalasi tenaga listrik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran dan kinerja sistem pembumian pada PLTD PT. Trans Marga Jateng melalui pengukuran nilai tahanan pembumian serta evaluasi kesesuaianya terhadap standar yang berlaku. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam peningkatan keselamatan kerja, keandalan sistem proteksi, serta kelayakan operasi PLTD PT. Trans Marga Jateng sebagai dasar pertimbangan penerbitan Sertifikat Laik Operasi (SLO).

b. METODOLOGI PENELITIAN

1. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan model penelitian deskriptif analitis dengan pendekatan studi kasus pada sistem pembumian Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Metodologi penelitian disusun berdasarkan teori sistem pembumian, arus gangguan tanah, serta tegangan sentuh dan tegangan langkah yang diperoleh dari tinjauan pustaka dan standar teknis yang berlaku (Dawalibi & Mukhedkar, 2018).

Cara penelitian dilakukan melalui studi literatur, observasi lapangan, dan pengukuran langsung. Studi literatur mengacu pada standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) dan standar IEEE sebagai dasar teori dan kriteria evaluasi sistem pembumian. Observasi lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi fisik dan konfigurasi sistem pembumian pada instalasi PLTD PT. Trans Marga Jateng. Pengukuran tahanan pembumian dilakukan menggunakan earth resistance tester pada titik-titik utama pembumian (IEEE Standards Association, 2013; Saputra & Pratama, 2020).

Model penelitian yang digunakan adalah model evaluasi berbasis standar, di mana nilai tahanan pembumian hasil pengukuran dibandingkan dengan batas maksimum yang ditetapkan dalam PUIL. Hasil analisis dikaitkan dengan teori pada tinjauan pustaka untuk menilai efektivitas sistem pembumian dalam mendukung kinerja sistem proteksi, keselamatan kerja, dan keandalan operasi PLTD (Rahman & Hidayat, 2019).

2. Persamaan Matematika

1. Tahanan Pembumian

Persamaan ini menunjukkan bahwa nilai tahanan pembumian dipengaruhi oleh resistivitas tanah dan dimensi elektroda pembumian.

$$R_g = \frac{\rho}{2\pi L} [\ln\left(\frac{4L}{d}\right) - 1] \quad (1)$$

2. Tegangan sentuh

Tegangan sentuh berbanding lurus dengan arus gangguan tanah dan tahanan pembumian. Semakin kecil nilai R_g , maka tegangan sentuh semakin rendah.

$$V_t = I_g X R_g \quad (2)$$

3. Persamaan ini digunakan untuk menilai apakah sistem pembumian memenuhi standar keselamatan dan laik operasi.

$$R_g \leq 5\Omega \quad (3)$$

c. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Pembumian Area Mesin–Generator

Nilai tahanan pembumian sebesar $0,68 \Omega$ menunjukkan bahwa sistem pembumian pada area mesin-generator memiliki jalur impedansi yang sangat rendah. Kondisi ini memungkinkan arus gangguan mengalir ke tanah secara efektif, sehingga dapat menurunkan tegangan sentuh dan melindungi operator dari risiko sengatan listrik (Saputra & Pratama, 2020). Nilai tersebut berada jauh di bawah batas maksimum 5Ω sesuai standar PUUL, sehingga sistem proteksi dapat bekerja secara optimal.



Gambar 6. Hasil pengukuran tahanan pembumian area mesin-generator

2. Pengujian Pembumian Ruang Panel Distribusi

Hasil pengujian pada ruang panel distribusi menunjukkan nilai tahanan pembumian sebesar $0,69 \Omega$. Nilai ini juga memenuhi persyaratan standar PUUL dan menandakan bahwa sistem pembumian pada panel mampu mendukung kinerja peralatan proteksi seperti circuit breaker dan relay (Wibowo, 2021). Dengan nilai tahanan yang rendah, potensi gangguan akibat arus bocor dan kerusakan peralatan dapat diminimalkan.



Gambar 2. Hasil pengukuran tahanan pembumian area ruang panel

Tabel 1. Hasil uji pengukuran tahanan Pembumian

No	Butir Isian Mata Uji	Hasil Evaluasi	Keterangan
1.a	Transformator utama	-	Tidak terdapat transformator, karena bekerja pada tegangan 400 Volt
1.b	Area mesin-generator	0,68 Ω	Sesuai / Tidak sesuai
2	Penangkap petir	-	Sesuai / Tidak sesuai / NA
3	Bangunan pembangkit	-	Tidak terdapat sistem pembumian pada bangunan pembangkit
4	Ruang panel	69 Ω	Sesuai / Tidak sesuai

d. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pembumian pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) PT. Trans Marga Jateng memiliki peran yang sangat penting dalam menjamin keselamatan kerja dan keandalan operasi pembangkit. Hasil pengukuran menunjukkan nilai tahanan pembumian pada area mesin-generator sebesar $0,68 \Omega$ dan pada ruang panel distribusi sebesar $0,69 \Omega$, yang keduanya berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan oleh standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Nilai tahanan pembumian yang rendah ini memungkinkan arus gangguan mengalir secara efektif ke tanah, sehingga mampu menurunkan tegangan sentuh berbahaya dan meningkatkan sensitivitas sistem proteksi. Dengan demikian, sistem pembumian yang dirancang dan dipelihara sesuai standar terbukti berkontribusi secara signifikan terhadap perlindungan peralatan, keselamatan personel, serta kontinuitas dan kualitas operasi PLTD, sehingga layak dijadikan salah satu aspek penting dalam evaluasi kelayakan operasi dan penerbitan Sertifikat Laik Operasi (SLO).

e. REFERENSI

- [1] Al-Mahroqi, S. H., Al-Shukaili, A., Al-Badi, A. H., & Al-Rawas, A. (2022). Soil treatment to reduce grounding resistance by chemical and physical methods. *Applied Sciences*, 12(3), 1–15.
- [2] Dawalibi, F. P., & Mukhedkar, D. (2018). Analysis of soil resistivity and its impact on grounding systems design. *Proceedings of the International Conference on Power Systems Engineering*, 45–52.
- [3] IEEE Standards Association. (2013). *IEEE Std 80-2013: Guide for safety in AC substation grounding*. New York: IEEE Press.
- [4] Nikolovski, S., Milicevic, K., & Todorovski, M. (2019). Frequency and time response of power plant grounding system exposed to lightning strike. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 9(4), 2451–2459.
- [5] Putra, R. A., Nugroho, S., & Prakoso, Y. (2024). Pemodelan sistem pembumian pada gardu induk 150 kV menggunakan metode grid. *Jurnal Riset Teknik PLN*, 5(1), 12–20.
- [6] Rahman, A., & Hidayat, T. (2019). Evaluasi penerapan metode pentanahan netral pada PLTD Sungai Raya. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 7(2), 85–92.

- [7] Saputra, R., & Pratama, D. (2020). Analisa pengaruh sistem pembumian terhadap kinerja generator sinkron pada PLTD. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Lampung*, 14(1), 33–40.
- [8] Syahputra, H., & Kurniawan, B. (2024). Analisis hasil pemeriksaan dan pengujian PLTD terhadap aspek pembumian. *E-Jurnal Teknik Elektro Universitas Mulawarman*, 6(2), 101–109.
- [9] Wibowo, A. (2021). *Implementasi sistem grounding NGR pada generator PLTD*. Skripsi. Malang: Institut Teknologi Nasional.