T R e k R i T e l
(Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro
Volume 6, Nomor 2, Oktober 2026, ISSN 2776 – 5946
DOI: https://doi.org/10.51510/trekritel.v6i2.001

Karakteristik Tegangan Sentuh dan Besar Arus Terhadap Variasi Degradasi Resistansi Pembumian Berdasarkan Simulasi Kontak Tidak Langsung Menggunakan Electrical Safety Module

Michael Stevano Sinurat[1], Moh Muchlishiin[2], Lukcy T Simanjuntak[3]
[1,2,3] Politeknik Negeri Medan
Jalan Almamater no. 1 Kampus USU Medan 20155
e-mail: michaelstevanosinurat@polmed.ac.id

Abstrak— Sistem pembumian (grounding) berfungsi sebagai proteksi dasar untuk mengalihkan arus gangguan dan membatasi tegangan sentuh agar terhindar dari bahaya kejut listrik. Degradasi kinerja sistem pembumian akibat faktor lingkungan memicu peningkatan nilai resistansi pembumian, yang dapat berdampak langsung pada naiknya tegangan sentuh dan peningkatan arus yang mengalir melalui tubuh manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik respon tegangan sentuh dan arus tubuh terhadap variasi degradasi resistansi pembumian serta memetakan efek fisiologisnya pada tubuh manusia berdasarkan kurva efek arus AC yang mengalir melalui tubuh manusia sesuai dengan standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik. Pengujian eksperimental dilakukan menggunakan electrical safety trainer dengan 20 variasi nilai pembumian dari 1 Ω sampai 100 Ω. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan resistansi pembumian menghasilkan tegangan sentuh dan arus yang melalui tubuh manusia semakin meningkat. Pemetaan zona fisiologis membuktikan bahwa pada tahanan pembumian 1 Ω sampai 4 Ω, respon arus tubuh berada pada Daerah 2 (tidak berbahaya). Namun, pada tahanan pembumian lebih besar dari 5 Ω kondisi tubuh bergeser masuk ke Daerah 3 yang membahayakan fungsi jantung dan berisiko memicu fibrilasi ventrikel.

Kata kunci : Resistansi Pembumian, Tegangan Sentuh, Bahaya Arus

Abstract— *Grounding systems serve as a fundamental protection mechanism to divert fault currents and limit touch voltage in order to prevent electrical shock hazards. The degradation of grounding system performance due to environmental factors can increase grounding resistance, which directly affects the rise of touch voltage and the increase of current flowing through the human body. This study aims to analyze the characteristics of touch voltage and human body current responses under various grounding resistance degradation conditions and to map their physiological effects on the human body based on the AC current effect curve through the human body according to the General Requirements for Electrical Installations standard. Experimental testing was conducted using an electrical safety trainer with 20 grounding resistance variations ranging from 1 Ω to 100 Ω. The results showed that an increase in grounding resistance causes a corresponding increase in touch voltage and human body current. The physiological zone mapping revealed that grounding resistance values from 1 Ω to 4 Ω resulted in body current responses within Zone 2 (generally without harmful physiological effects). However, when the grounding resistance exceeded 5 Ω, the human body condition shifted into Zone 3, which may cause dangerous physiological effects, including impaired heart function and an increased risk of ventricular fibrillation.*

Keywords : *Grounding Resistance, Touch Voltage, Electrical Shock Hazard*

I. PENDAHULUAN

A. Penulisan Naskah

Sistem pembumian (grounding system) merupakan salah satu komponen utama dalam instalasi tenaga listrik yang berfungsi mengalirkan arus gangguan ke tanah sehingga tegangan pada bagian logam yang dapat disentuh manusia tetap berada pada batas aman. Kinerja sistem pembumian sangat menentukan efektivitas sistem proteksi terhadap gangguan hubung singkat maupun gangguan kebocoran arus. Seiring bertambahnya umur instalasi, kondisi tanah, korosi elektroda, dan perubahan kelembaban lingkungan, nilai resistansi pembumian dapat mengalami degradasi sehingga mengurangi kemampuan sistem dalam membatasi tegangan sentuh (touch voltage) dan arus gangguan

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Volume 6, Nomor 2, Oktober 2026
ISSN 2776 – 5946 (online), Hal 1 – 7,

Degradasi resistansi pembumian menyebabkan kenaikan tegangan sentuh pada peralatan listrik yang mengalami gangguan isolasi. Kondisi tersebut meningkatkan kemungkinan arus listrik mengalir melalui tubuh manusia ketika terjadi kontak tidak langsung antara manusia dengan bagian logam yang bertegangan. Besarnya arus yang mengalir pada tubuh tidak hanya dipengaruhi oleh tegangan sentuh, tetapi juga oleh impedansi tubuh, lintasan arus, durasi kontak, frekuensi sumber, serta kondisi permukaan kulit. Oleh karena itu, evaluasi keselamatan instalasi listrik tidak cukup hanya berdasarkan nilai resistansi pembumian, tetapi juga harus mempertimbangkan efek fisiologis arus listrik terhadap tubuh manusia [1] [2].

Menurut IEC 60479-1, tingkat bahaya sengatan listrik ditentukan oleh kombinasi antara besar arus tubuh (body current) dan lamanya arus mengalir. Standar tersebut mengklasifikasikan efek sengatan listrik ke dalam beberapa zona keselamatan (AC-1 hingga AC-4). Pada zona AC-1 umumnya belum menimbulkan efek fisiologis yang berbahaya, sedangkan pada zona AC-3 dapat terjadi kontraksi otot yang kuat, kesulitan bernapas, dan gangguan fungsi jantung yang masih bersifat reversibel. Apabila arus tubuh memasuki zona AC-4, risiko terjadinya fibrilasi ventrikel, henti jantung, luka bakar, dan kerusakan jaringan meningkat secara signifikan sehingga berpotensi menyebabkan kematian [3] [4].

Berbagai penelitian mengenai sistem pembumian umumnya berfokus pada optimasi desain elektroda pembumian, analisis distribusi potensial tanah, atau penurunan nilai resistansi pembumian untuk memenuhi standar instalasi listrik. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut belum mengaitkan secara langsung perubahan resistansi pembumian dengan peningkatan risiko fisiologis yang dialami manusia berdasarkan kurva zona keselamatan IEC 60479-1. Akibatnya, hubungan antara degradasi sistem pembumian dan tingkat risiko sengatan listrik terhadap manusia masih belum tergambarkan secara kuantitatif.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi degradasi resistansi pembumian terhadap karakteristik tegangan sentuh dan arus tubuh manusia menggunakan Electrical Safety Module (ESM). Variasi resistansi pembumian disimulasikan secara bertahap sehingga diperoleh hubungan antara nilai resistansi pembumian, tegangan sentuh, dan arus tubuh. Selanjutnya, hasil pengukuran dipetakan ke dalam zona keselamatan IEC 60479-1 untuk mengevaluasi tingkat risiko sengatan listrik yang mungkin dialami manusia. Pendekatan ini diharapkan memberikan dasar yang lebih komprehensif dalam evaluasi keselamatan sistem pembumian karena tidak hanya meninjau aspek teknis instalasi, tetapi juga mempertimbangkan dampak fisiologis terhadap manusia sesuai standar internasional [5][6].

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada integrasi hasil pengukuran eksperimental tegangan sentuh dan arus tubuh akibat degradasi resistansi pembumian dengan klasifikasi zona efek fisiologis menurut IEC 60479-1. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya mengevaluasi nilai resistansi pembumian atau tegangan sentuh, penelitian ini menghubungkan secara langsung perubahan karakteristik sistem pembumian dengan tingkat risiko sengatan listrik terhadap tubuh manusia. Pendekatan tersebut diharapkan dapat menjadi acuan dalam penilaian keselamatan instalasi listrik serta mendukung pengembangan strategi pemeliharaan sistem pembumian yang lebih efektif.

II. METODE

A. *Rancangan Penelitian*

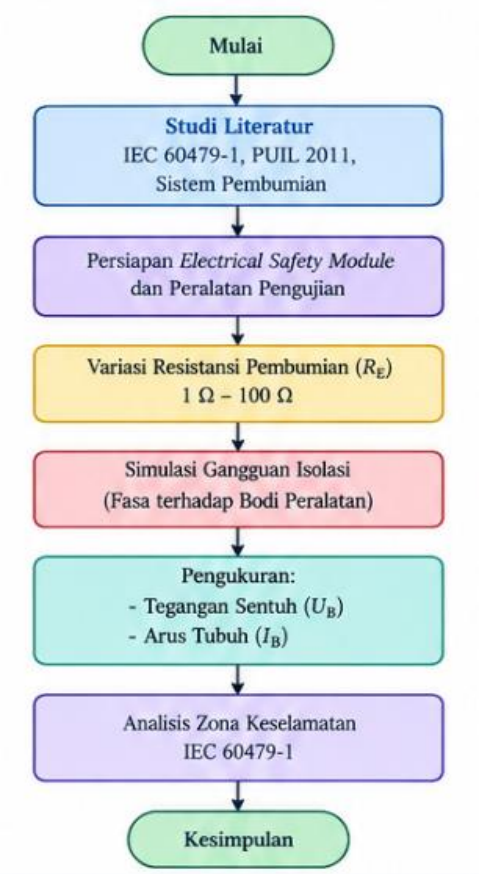
Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan melakukan simulasi kondisi degradasi sistem pembumian untuk menganalisis pengaruh peningkatan resistansi pembumian terhadap tegangan sentuh (touch voltage) dan arus tubuh manusia (body current). Pengujian dilakukan menggunakan Electrical Safety Module (ESM) sebagai media simulasi gangguan listrik tidak langsung, yaitu kondisi ketika bagian konduktif terbuka pada peralatan listrik mengalami tegangan akibat kegagalan isolasi.

Prinsip penelitian mengacu pada konsep keselamatan listrik berdasarkan IEC 60479-1 yang menjelaskan bahwa tingkat bahaya sengatan listrik terhadap manusia ditentukan oleh besar arus yang melewati tubuh dan durasi paparan arus tersebut. Besarnya risiko sengatan listrik bergantung pada jalur arus melalui tubuh, nilai arus tubuh, serta karakteristik impedansi tubuh manusia [7][8].

Pada penelitian ini, degradasi sistem pembumian disimulasikan dengan memberikan variasi nilai resistansi pembumian mulai 1 Ω sampai dengan 100 Ω. Setiap perubahan nilai tahanan pembumian

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

diamati pengaruhnya terhadap tegangan sentuh dan arus yang mengalir melalui tubuh manusia. Diagram alir penelitian ditunjukan seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

B. Metode Pengambilan Data

Pengukuran dilakukan dengan langkah berikut:

1. Mengatur nilai resistansi pembumian sesuai variasi pengujian.
2. Memberikan kondisi gangguan isolasi pada rangkaian simulasi.
3. Mengukur tegangan antara bagian konduktif terbuka dengan tanah sebagai tegangan sentuh.
4. Menghitung arus tubuh manusia menggunakan persamaan:

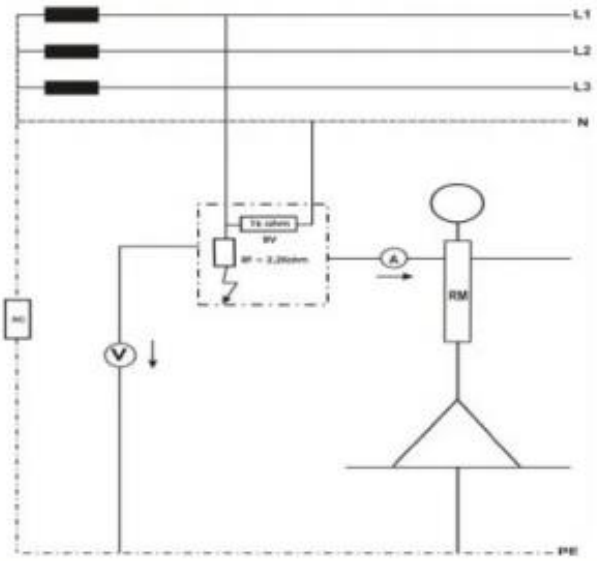
$$I_B = \frac{U_B}{R_B}$$

dengan:
I_B = arus tubuh manusia (A)
U_B = tegangan sentuh (V)
R_B = resistansi tubuh manusia (Ω)

Pada penelitian ini digunakan nilai resistansi tubuh manusia sebesar 1000 Ω sehingga perubahan tegangan sentuh akan menghasilkan perubahan arus tubuh yang sebanding. Rangkaian pengambilan data seperti pada gambar 2.

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

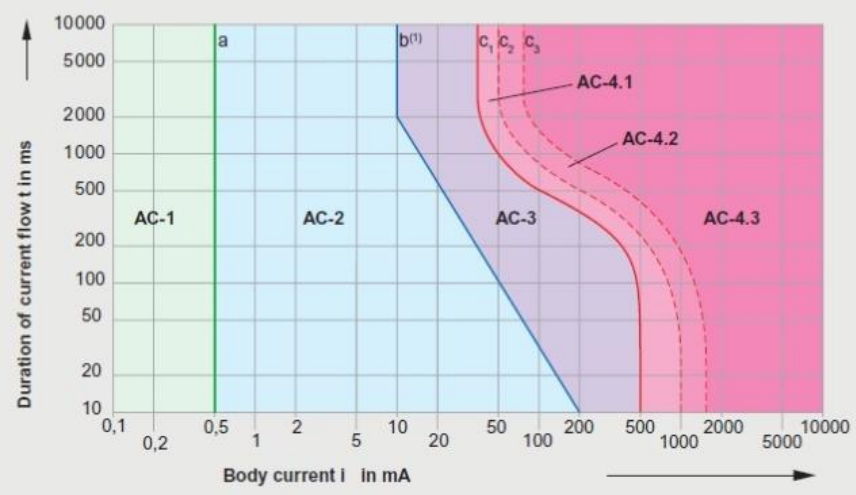
Volume 6, Nomor 2, Oktober 2026
ISSN 2776 – 5946 (online), Hal 1 – 7,



Gambar 2. Rangkaian percobaan

C. Risiko sengatan Listrik

Data hasil pengukuran selanjutnya dianalisis berdasarkan kurva zona keselamatan IEC 60479-1. Analisis dilakukan dengan memetakan hubungan antara besar arus tubuh dan waktu paparan terhadap zona efek fisiologis manusia seperti pada gambar 3 [9][10].



Gambar 3. Kurva efek arus melalui tubuh manusia

Zona tersebut terdiri atas:

- Zona AC-1: tidak memberikan efek fisiologis berbahaya.
- Zona AC-2: kemungkinan terjadi sensasi kesemutan dan kontraksi ringan.
- Zona AC-3: dapat menyebabkan kontraksi otot kuat, gangguan pernapasan, dan gangguan fungsi jantung.
- Zona AC-4: memiliki kemungkinan terjadinya fibrilasi ventrikel dan risiko fatal.

IEC 60479-1 menyatakan bahwa bahaya sengatan listrik terutama dipengaruhi oleh kombinasi antara magnitudo arus dan waktu aliran arus melalui tubuh manusia [11][12].

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Tegangan Sentuh dan Arus Tubuh terhadap Variasi Resistansi Pembumian

Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan resistansi pembumian menyebabkan kenaikan tegangan sentuh secara signifikan. Pada kondisi resistansi pembumian sebesar 1 Ω, tegangan sentuh yang terukur sebesar 27 V, sedangkan ketika resistansi pembumian meningkat menjadi 100 Ω, tegangan sentuh meningkat mencapai 200 V.

Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa semakin buruk kondisi sistem pembumian, semakin besar potensial tegangan yang muncul pada bagian konduktif terbuka ketika terjadi gangguan isolasi. Sistem pembumian dengan nilai resistansi tinggi memiliki kemampuan yang lebih rendah dalam mengalirkan arus gangguan menuju tanah sehingga menyebabkan kenaikan tegangan yang dapat muncul pada permukaan peralatan listrik [13][14][15].

Tabel 1. Hasil pengujian hubungan antara resistansi pembumian, tegangan sentuh, dan arus tubuh manusia.

Percobaan ke-	Resistansi Pembumian (Ω)	Arus Tubuh IB (mA)	Zona Fisiologis (IEC 60479-1)	Status Risiko
1	1-4	27-42	Zona AC - 2: Terjadi sensasi kejut yang jelas dan kontraksi otot rangka ringan; belum ada efek organik yang berbahaya.	Aman (minor)
2	5	51	Zona AC - 3: Mulai terjadi tetanisasi (otot kaku), sulit bernapas, dan gangguan konduksi jantung reversibel.	Waspada (trransisi)
3	6-10	70-129	Zona AC - 3: Kejang otot hebat, gangguan pernapasan akut, subjek tidak dapat melepaskan diri dari bagian bertegangan (no-let-go).	Bahaya (sistemik)
4	11-15	149-147	Zona AC - 3 / Ambang Kedip: Batas kritis atas sebelum terjadinya kegagalan pompa mekanis pada otot vertrikel jantung.	Bahaya(kritis)
5	20-35	157-178	Zona AC - 4.1 : Risiko terjadinya fibrilasi ventrikel jantung (jantung bergetar tanpa memompa darah) meningkat hingga 5%.	Fatal
6	50-100	187-200	Zona AC - 4.2 / AC - 4.3: Probabilitas fibrilasi ventrikel melebihi 50%, risiko henti jantung total, dan luka bakar internal.	Fatal

B. Karakteristik Hubungan Resistansi Pembumian terhadap Tegangan Sentuh

Hubungan antara resistansi pembumian dan tegangan sentuh menunjukkan kecenderungan meningkat secara nonlinier. Berdasarkan hasil pengujian, peningkatan nilai resistansi pembumian menyebabkan peningkatan tegangan sentuh yang semakin besar. Pada kondisi awal ketika berada pada rentang 1–10 Ω, kenaikan tegangan sentuh masih relatif rendah, yaitu dari 27 V menjadi 129 V. Namun, ketika nilai resistansi meningkat hingga 100 Ω, tegangan sentuh mencapai 200 V. Hal ini menunjukkan bahwa degradasi sistem pembumian memberikan pengaruh langsung terhadap tingkat keselamatan manusia. Nilai resistansi pembumian yang tinggi menyebabkan peralatan yang mengalami gangguan isolasi memiliki potensial yang lebih besar terhadap tanah sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya sengatan listrik.

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Volume 6, Nomor 2, Oktober 2026
ISSN 2776 – 5946 (online), Hal 1 – 7,

C. Analisis Arus Tubuh Manusia Berdasarkan IEC 60479-1

Peningkatan tegangan sentuh akibat kenaikan resistansi pembumian secara langsung menyebabkan peningkatan arus yang mengalir melalui tubuh manusia. Berdasarkan hasil pengujian, arus tubuh meningkat dari 27 mA pada resistansi pembumian 1 Ω menjadi 200 mA pada resistansi pembumian 100 Ω. Menurut IEC 60479-1, efek fisiologis arus listrik terhadap manusia dipengaruhi oleh besar arus dan lama waktu paparan. Arus dengan nilai rendah dapat menyebabkan sensasi kesemutan, sedangkan peningkatan arus dapat menyebabkan kontraksi otot, gangguan pernapasan, hingga risiko fibrilasi ventrikel pada kondisi tertentu .

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada resistansi pembumian rendah, risiko sengatan masih relatif lebih kecil karena tegangan sentuh yang dihasilkan masih rendah. Namun, ketika resistansi pembumian mengalami degradasi hingga puluhan ohm, nilai arus tubuh meningkat secara signifikan sehingga kondisi tersebut mulai memasuki wilayah yang perlu mendapat perhatian dari sisi keselamatan manusia.

Berdasarkan kurva zona keselamatan IEC 60479-1, hubungan antara arus tubuh dan waktu kontak dapat diklasifikasikan menjadi:

- Zona AC-1: umumnya tidak menimbulkan efek fisiologis berbahaya.
- Zona AC-2: mulai menimbulkan sensasi listrik dan kontraksi ringan.
- Zona AC-3: dapat menyebabkan kontraksi otot kuat dan gangguan fungsi tubuh.
- Zona AC-4: memiliki risiko fibrilasi ventrikel dan efek fatal.

Hasil menunjukkan bahwa kenaikan resistansi pembumian secara langsung meningkatkan kemungkinan manusia mengalami paparan arus yang lebih besar. Pada nilai \(R_E\) rendah, sistem pembumian masih mampu membatasi tegangan sentuh sehingga arus tubuh berada pada tingkat yang lebih rendah. Namun, pada kondisi degradasi dengan \(R_E\) mencapai 50–100 Ω, tegangan sentuh mencapai 187–200 V sehingga menghasilkan arus tubuh sekitar 187–200 mA. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kegagalan sistem pembumian dapat menyebabkan kondisi berbahaya karena arus yang melewati tubuh manusia telah berada pada tingkat yang berpotensi menyebabkan gangguan fisiologis serius. Hasil ini memperkuat bahwa evaluasi sistem pembumian tidak cukup hanya mempertimbangkan nilai resistansi elektroda, tetapi juga harus mempertimbangkan dampaknya terhadap keselamatan manusia melalui parameter tegangan sentuh dan arus tubuh.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa degradasi resistansi pembumian memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan tegangan sentuh dan arus tubuh manusia pada kondisi gangguan isolasi. Peningkatan nilai resistansi pembumian dari 1 Ω hingga 100 Ω menyebabkan kenaikan tegangan sentuh dari 27 V menjadi 200 V, sehingga arus yang mengalir melalui tubuh manusia meningkat dari 27 mA menjadi 200 mA dengan asumsi resistansi tubuh sebesar 1000 Ω.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar nilai resistansi pembumian, semakin rendah kemampuan sistem pembumian dalam mengalirkan arus gangguan menuju tanah. Kondisi tersebut menyebabkan peningkatan potensial pada bagian konduktif terbuka peralatan listrik sehingga memperbesar risiko manusia mengalami sengatan listrik pada saat terjadi kontak tidak langsung.

Berdasarkan evaluasi menggunakan zona keselamatan IEC 60479-1, peningkatan arus tubuh akibat degradasi sistem pembumian dapat menyebabkan perubahan tingkat risiko sengatan listrik terhadap manusia. Nilai arus tubuh yang semakin besar berpotensi menyebabkan efek fisiologis mulai dari sensasi listrik, kontraksi otot, gangguan pernapasan, hingga risiko fibrilasi ventrikel apabila berada pada kondisi paparan tertentu.

Penelitian ini menunjukkan bahwa evaluasi sistem pembumian tidak cukup hanya berdasarkan nilai resistansi pembumian, tetapi perlu mempertimbangkan parameter keselamatan manusia seperti tegangan sentuh dan arus tubuh. Pendekatan berbasis IEC 60479-1 memberikan gambaran yang lebih komprehensif dalam menilai tingkat bahaya sengatan listrik akibat penurunan kualitas sistem pembumian.

Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam melakukan pemeliharaan dan evaluasi sistem pembumian secara berkala untuk menjaga tingkat keselamatan instalasi listrik serta mencegah risiko kecelakaan akibat kontak tidak langsung dengan peralatan listrik yang mengalami gangguan.

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

DAFTAR PUSTAKA

[1] IEC 60479-1:2018, *Effects of Current on Human Beings and Livestock – Part 1: General Aspects*, International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, 2018.

[2] R. A. Fish and L. A. Geddes, "Conduction of Electrical Current to and Through the Human Body: A Review," *Eplasty*, vol. 9, 2009. PubMed Central (PMC)

[3] IEEE Power & Energy Society, *A Review of the IEEE Guide for Grounding System Characterization and Application in Touch and Step Potential Estimations*, 2015.

[4] Badan Standardisasi Nasional, **"Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011,"** Jakarta: BSN, 2011.

[5] Sunarto, Sudrajat, and Y. P. Hikmat, "Analysis of Earth Resistance Effect on The TT-Grounding System Against Electric Shock," *Eksergi*, vol. 18, no. 3, pp. 150–156, 2022, doi: 10.32497/eksergi.v18i3.3889. Jurnal Polines

[6] Sunarto, Y. P. Hikmat, and Sudrajat, "Analisis ELCB sebagai Proteksi Tegangan Sentuh pada Pembumian Sistem TT," *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, vol. 6, no. 2, pp. 120–130, 2022. ITENAS E-Journal

[7] S. Pyae, Sunarto, and Sudrajat, "Rancang Bangun Alat Praktikum Proteksi Tegangan Rendah terhadap Tegangan Sentuh Menggunakan ELCB," *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS)*, vol. 14, no. 1, pp. 1–7, 2023, doi: 10.35313/irwns.v14i1.5403. Jurnal Polban

[8] R. Dongka, F. Ansar, and R. M. Arpin, "Studi Sistem Pembumian Listrik Gedung RRI Makassar," *Dewantara Journal of Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 70–76, 2024, doi: 10.59563/djtech.v4i2.231.

[9] A. F. Dawalibi and D. Mukhedkar, "Resistance Area Considerations in Grounding Systems," *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol. PAS-100, no. 4, pp. 2051–2060, 1981.

[10] R. A. Fish and L. A. Geddes, "Conduction of Electrical Current to and Through the Human Body: A Review," *Eplasty*, vol. 9, pp. 407–421, 2009.

[11] Alfarizi, M. R. D., Singh, P. K., & Lee, H. S. (2025). Ground Enhancement Materials for Grounding Systems: A Systematic R

[12] Gunawan, R., & Nugroho, A. F. (2024). Sistem Pentanahan Driven Ground pada Gardu Distribusi. *EPSILON: Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, *22*(1), 33–41.

[13] Suntoro, A. (2022). Evaluasi Keandalan Sistem Pembumian Terhadap Bahaya Tegangan Sentuh pada Instalasi Gedung Bertingkat. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, *10*(1), 45–52

[14] Rahmansyah, A., Santoso, B. dan Wijaya, I., 2021. Analisis Impedansi Tubuh Manusia Terhadap Variasi Tegangan Sentuh Berdasarkan Standar IEC 60479-1. Jurnal Teknologi Ketenagalistrikan, 13(2), hlm.99-106.

[15] Zhao, L., Liu, Y. and Xu, J., 2024. Experimental validation of human body impedance under wet skin conditions in electrical safety evaluation. Safety Science, 170, p.106312.

Copyright© 2021 TRekRiTel (Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi) : Jurnal Teknik Elektro.
This is an open acces article under the CC-BY-SA lisence (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).