

ANALISA *ELECTRIC GROUNDING SYSTEM* UNTUK KEHANDALAN DAN KESELAMATAN DALAM INSTALASI KELISTRIKAN

Fajar Pujiyanto^{1*}, Susanto²

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal, Politeknik Bumi Akpelni
Jalan Pawiyatan Luhur II/17, Bendan dhuwur, Semarang.

²Program Studi Teknika, POLIMARIN Semarang
Jalan Pawiyatan Luhur I/1, Bendan dhuwur, Semarang.

*Email: fajar.pujiyanto@akpelni.ac.id

Abstrak

Instalasi kelistrikan perlu dipasang dengan benar mengacu pada pedoman dasar yaitu Pedoman Umum Instalasi Listrik (PUIL) untuk negara Indonesia, atau mengacu pedoman lain dengan standart internasional yaitu Internasioanal Electrotechnical Commicision (IEC) dan IEEE. Instalasi listrik harus memiliki sistem proteksi, kehandalan tinggi saat beroperasi, dan mampu merespon gangguan instalasi dengan cepat. Sistem proteksi memberikan keselamatan bagi mahluk hidup, harta benda, dan instalasi listrik itu sendiri. Sistem grounding adalah salah satu proteksi untuk menjaga kehandalan instalasi dan melindungi keselamatan personel, sistem grounding berfungsi untuk memastikan tegangan listrik stabil dan aman. Pada penelitian ini dibahas tentang sistem grounding yaitu grounding resistance (GR) dan kaitannya dengan material grounding rod dan soil resistivity (SR). Penulisan paper digunakan metode deskriptif kualitatif, dasar pendukung materi dilakukan dengan literature review dan referensi penelitian terdahulu. Penilaian kedua komponen bertujuan untuk menghasilkan sistem grounding baik dengan biaya perancangan dan perawatan ekonomis, dinyatakan material grounding rod dan soil resistivity adalah faktor penting untuk sistem instalasi grounding.

Kata kunci: Grounding system, instalasi kelistrikan, kehandalan, keselamatan.

Abstract

Electrical installations need to be installed correctly by referring to the basic guidelines, namely the General Guidelines for Electrical Installation (PUIL) for the country of Indonesia, or referring to other guidelines with international standards, namely the International Electrotechnical Commission (IEC) and IEEE. Electrical installations must have a protection system, high reliability when operating, and the ability to respond to installation disturbances quickly. The protection system provides safety for living things, property, and the electrical installation itself. The grounding system is one of the protections to maintain the reliability of the installation and protect the safety of personnel, the grounding system serves to ensure a stable and safe power supply voltage. This study discusses the grounding system, namely grounding resistance (GR), and its relation to the grounding rod material and soil resistivity (SR). The writing of the paper used a qualitative descriptive method, and the basic supporting material was carried out with a literature review and references to previous research. The assessment of the two components aims to produce a good grounding system with economical design and maintenance costs, it is stated that the grounding rod material and soil resistivity are important factors for the grounding installation system.

Keywords: *Electrical installation, grounding system, reliability, safety.*

PENDAHULUAN

Instalasi listrik diartikan secara umum sebagai sistem penataan jaringan listrik dimulai dari sumber pembangkit hingga ke distribusi terendah yaitu pemakaian peralatan

listrik. Perancangan instalasi wajib mengacu pada aturan yang berlaku sebagai standarisasi instalasi dan keselamatan, aturan dasar ini bersifat nasional ataupun internasional. Aturan dasar instalasi listrik di negara

Indonesia dikenal dengan Pedoman Umum Instalasi Listrik (PUIL) (Bartien, 2011), untuk aturan berstandart internasional yaitu International *Electrotechnical Commission (IEC)* dan *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* (Islam, 2004). Aturan ini bersifat mengikat untuk setiap pekerjaan instalasi kelistrikan dimulai dari instalasi sumber pembangkit, sistem distribusi, sumber pemakaian, sistem *neutral* dan *grounding*. Pelaksanaan aturan instalasi listrik nasional berpedoman pada PUIL menjadi kewenangan Dirjen Ketenagalistrikan sebagai pihak penilai dan auditor utama serta bekerjasama dengan Badan Standarisasi Nasional (BSN).

Instalasi kelistrikan dirancang dan dibangun mengacu pada aturan untuk mendapatkan jaringan listrik yang handal dan selamat. Instalasi handal diartikan bahwa instalasi menghasilkan *supply* listrik kuat dan berkesinambungan serta dapat merespon hambatan atau gangguan secara cepat. Instalasi listrik selamat adalah jaringan listrik aman untuk makhluk hidup secara umum, harta benda dan seluruh komponen sistem instalasi listrik itu sendiri. Instalasi listrik handal dan selamat adalah dua hal penting dalam jaringan listrik, handal dan selamat berlaku untuk seluruh instalasi jaringan listrik darat, instalasi bawah air, instalasi listrik peralatan berjalan dan teknologi modern.

Sistem proteksi diperlukan dalam instalasi listrik untuk menjaga keselamatan makhluk hidup dan komponen listrik itu sendiri. Komponen proteksi dalam instalasi kelistrikan antara lain yaitu sekering (*fuse*), *Over Current Relay (OCR)*, *Main Contact Breaker (MCB)*, *Earthing* dan *Grounding system* (Hall, 1999). Sistem *grounding* adalah satu sistem proteksi berfungsi untuk menghindari terjadinya kebocoran listrik yang berbahaya bagi makhluk hidup secara umum dan operator khususnya. Sistem *grounding* dijabarkan oleh *National Electrical Code (NEC)* adalah koneksi hubungan ke dalam tanah dari salah satu konduktor pembawa arus sistem tenaga

listrik ataupun listrik interior, sedangkan *grounding* peralatan adalah koneksi ke dalam tanah dari satu atau lebih bagian logam yang tidak membawa arus dari sumber instalasi jaringan atau peralatan ke dalam sistem utama (Engineering, 2016).

Grounding adalah sistem kontrol untuk meminimalkan nilai hambatan (*R*) guna mengurangi efek tegangan (*E*) dan arus (*I*). Kesalahan dalam perancangan dan instalasi *grounding* tidak diperbolehkan, karena kesalahan ini mengakibatkan dampak lebih parah dibandingkan dengan instalasi listrik *non grounding system*. Dampak buruk instalasi listrik tanpa adanya sistem proteksi *grounding* menyebabkan mudah terjadinya kebocoran dan sengatan listrik untuk personel saat bersentuhan dengan material konduktor pada instalasi jaringan listrik.

Sengatan listrik adalah kondisi dimana terjadi kontak atau sentuhan dengan sedemikian rupa jalur konduktor instalasi melalui bagian tubuh dan melintasi jantung, bahaya terbesar sengatan listrik adalah kehilangan nyawa. Nilai resistansi setiap manusia berbeda-beda tergantung dengan jenis kelamin dan kondisi badan pada saat kejadian. Nilai resistansi manusia dimulai dari yang terendah 500 Ω sampai dengan 500 K Ω . Kondisi ini diperparah jika kulit lembab atau basah dikarenakan keringat dan kandungan garam tinggi, hal ini melemahkan daya tahan tubuh sehingga sengatan listrik berakibat lebih fatal (Pfeiffer, 2001).

Pada penelitian ini dibahas tentang syarat menghasilkan instalasi listrik baik dan aman dengan memperhatikan dua komponen penting sebagai unsur perancangan instalasi proteksi yaitu sistem *grounding*. Perancangan sistem *grounding* diperlukan analisa dan penilaian untuk menentukan nilai *grounding resistance (GR)* dengan memperhitungkan nilai *soil resistivity (SR)* dan material *grounding rod* itu sendiri. Pembahasan penelitian yaitu tentang pentingnya sistem *grounding* untuk instalasi listrik dan kebutuhan peralatan listrik dengan memperhitungkan kedua komponen guna

mendapatkan instalasi listrik yang handal dan aman.

LANDASAN TEORI

Pengertian instalasi *grounding* secara umum adalah sambungan instalasi jaringan dengan menggunakan material logam atau material lain seperti resistor ke dalam tanah (bumi), sistem *grounding* ke dalam tanah ini tidak berlaku untuk permesinan bergerak seperti armada transportasi dan peralatan listrik *portable*. Kelebihan penggunaan *grounding* dalam instalasi listrik yaitu memberikan perlindungan pada sistem pembangkitan power utama dan menjaga keselamatan untuk seluruh instalasi peralatan listrik, sehingga aman untuk personel atau operatornya.

Kelebihan pertama yaitu perlindungan sistem pembangkit power dengan cara mengalirkan arus gangguan ke sistem *grounding* untuk mengisolasi jaringan rusak dan menjaga sistem power dari efek kerusakan lebih parah. Kelebihan kedua yaitu menghindari terjadinya sengatan listrik terhadap personel saat menyentuh *casing* logam dari permesinan atau peralatan listrik, sengatan listrik ini dapat menyebabkan bahaya dan kecelakaan fatal pada personel apabila peralatan terhubung ke sumber tegangan tinggi.

Perancangan jaringan tenaga listrik bertujuan untuk kelangsungan hidup dan ketersediaan pasokan tenaga listrik secara berkelanjutan. Guna menjamin ketersediaan secara berkelanjutan diperlukan pertimbangan khusus yaitu perancangan dalam hal jumlah ketersediaan power, spesifikasi generator, *main switchboard*, sistem *distribution*, kesesuaian dalam pengelompokan jaringan, sistem proteksi isolasi jaringan yang rusak (Jr & Doerry, 2019). Instalasi sistem power listrik umumnya digunakan listrik 3 phase dengan rate pada 440VAC/60 Hz atau 380VAC/50Hz. Pada sebagian instalasi jaringan *marine electric* dengan kebutuhan dan konsumsi power listrik yang besar diperlukan generator dengan kapasitas

tegangan tinggi (*high voltage*) yaitu 3,3 kV, 6,6 kV dan 11 kV. Tujuan digunakan listrik tegangan tinggi dalam instalasi ini yaitu untuk membatasi besarnya arus beban normal, membatasi arus gangguan prospektif, dan mengurangi material konduktor untuk perancangan instalasi jaringan.

Grounding dipahami sebagai hubungan berbagai bagian konduktor terbuka (tidak membawa arus dalam keadaan normal) peralatan bersama-sama dan ke terminal umum (terminal *grounding* utama) yang dihubungkan oleh konduktor ke tanah (Aydiner, 2009). *Grounding* sebagai landasan dasar instalasi setara dengan sistem, dan dibuat dengan menghubungkan elektroda ke tanah untuk memastikan tidak ada tegangan sentuh yang berbahaya (Cafaro et al., 2015).

Perubahan *soil resistivity (SR)* atau resistivitas tanah disebabkan oleh jenis tanah, perubahan suhu, jumlah komposisi, kelembaban dan kadar garam. Nilai SR berubah hingga $10^9 \Omega.m$ untuk batu pasir, nilai $0,01 \Omega.m$ sampai $1 \Omega.m$ untuk air garam / laut. Penurunan suhu secara perlahan dari $25^\circ C$ meningkatkan nilai resistivitas tanah, dan resistivitas tanah meningkat cepat pada temperatur kurang dari $0^\circ C$ (Gilbert, 2012). Resistivitas tanah (SR) dan nilai *grounding resistance (GR)* memainkan peran kunci dalam pembangkitan, transmisi dan distribusi untuk operasi yang aman dan tepat pada sistem tenaga listrik. Pada saat perancangan sistem *grounding* ekstensif, perlu menempatkan area dengan resistivitas tanah (SR) terendah untuk mencapai pemasangan *grounding* yang ekonomis (Resistivity, 2012). Nilai SR terlalu tinggi tidak diperbolehkan untuk perancangan sistem *grounding*, hal ini dapat menyebabkan bahaya dan tidak aman untuk keselamatan personel saat terjadi gangguan sistem tenaga.

Bahan konduktor untuk sistem *grounding* banyak digunakan material tembaga, karena bahan ini sebagai material konduktor yang sangat baik serta ketahanan lebih terhadap korosi. Batang konduktor tembaga dengan diameter 12 mm adalah

spesifikasi minimum yang diperlukan untuk sistem *grounding* (Short, 2014). Material lain yang digunakan sebagai konduktor baik adalah zinc-galvanis dan *stainless steel*.

METODE

Penulisan dalam *paper* ini digunakan metode deskripsi kualitatif yaitu dengan mengacu pada beberapa *literatur review* dan penelitian terdahulu, *literatur review* ini digunakan untuk mendapatkan informasi penting berkaitan dengan *grounding system*.

Penelitian terdahulu yang membahas tentang instalasi sistem *grounding* dan berkaitan dengan resistivitas tanah (SR) serta material *grounding rod* antara lain yaitu: Penelitian oleh F. Sichi, C. Coronel et al, tahun 2022 menyatakan nilai penurunan persentase *ground resistance* (GR) oleh *low resistivity material* (LRM) dengan menilai *soil resistivity* (SR) menghasilkan penurunan nilai GR sehingga pengurangan pemakaian material konduktor semakin besar (Sichi-Sinchi et al., 2022).

Penelitian oleh X. Shi, T. Key et al, tahun 2021 menyatakan sistem *grounding* klasik tidak cocok untuk instalasi power yang menggunakan sistem *distributed energy resources* (DER), *inverter grounding design tool* (ISGT) diperkenalkan untuk meningkatkan *grounding* pada instalasi power berbasis inverter - DER (X. Shi, T. Key, D. Van Zandt, 2021). ISGT diperkenalkan untuk menghasilkan sistem *grounding* efektif, memperhitungkan koneksi transformator DER, memperhitungkan jenis beban listrik, dan kemampuan respon *tripping inverter*.

Penelitian oleh Liu, Shen Wang et al, tahun 2021 menyatakan *Single phase grounding* dikembangkan untuk sistem tenaga listrik terbaru dengan karakteristik khusus dihubungkan ke dalam sistem distribusi daya melalui perangkat inverter. Sistem inverter – DER (distribusi daya) listrik berubah dari sumber daya tunggal

menjadi daya multi dan perubahan dalam sistem proteksi (Liu et al., 2021).

Penelitian oleh Ogbuefi, Uche C et al, tahun 2020 menyatakan *neutral grounding* pada instalasi sistem tenaga adalah aspek efektif dan penting untuk melindungi peralatan dan personel. Instalasi *grounding* yang efisien tidak dihitung jumlah elektroda ataupun ukuran lubang *grounding*, tetapi lebih mengacu pada penempatan, jarak antar konduktor, dan interkoneksi diantara *grounding rod* (Ogbuefi et al., 2020).

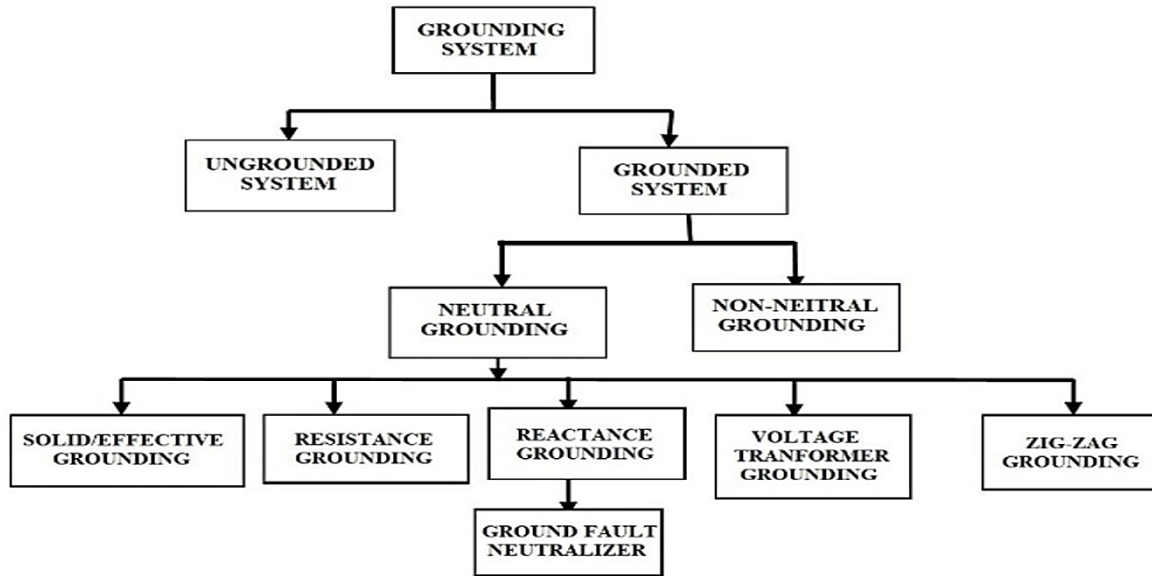
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem *grounding* dalam instalasi listrik diperlukan untuk mendapatkan listrik handal dan sistem keamanan baik untuk seluruh jaringan tenaga, distribusi dan personelnnya. Metode sistem *grounding* dalam instalasi listrik ditunjukkan pada Gambar 1 (Ogbuefi et al., 2020).

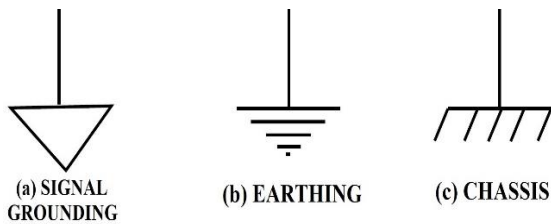
Pada Gambar 1 dijelaskan tentang metode sistem *grounding* secara umum untuk instalasi listrik, terdapat dua metode pemasangan yaitu *ungrounded* dan *grounded*. Metode *grounded* atau menghubungkan kabel *neutral* ke konduktor yang ditanam ke tanah adalah metode yang sering digunakan untuk instalasi listrik bangunan, sedangkan *ungrounded* cenderung digunakan untuk permesinan dan peralatan yang bergerak.

Instalasi *grounding* didalam gambar atau diagram instalasi listrik disimbolkan dengan beberapa bentuk dan disesuaikan dengan jenis instalasi listrik. Simbol *grounding* ditunjukkan pada Gambar 2.

Pada Gambar 2 dijelaskan simbol *grounding* antara lain yaitu gambar (a) adalah simbol secara umum untuk menjelaskan tentang posisi *grounding* dalam sebuah diagram listrik. Gambar (b) adalah simbol *grounded* atau *ground* konduktor untuk instalasi bangunan di darat. Gambar (c) adalah instalasi *grounding* untuk instalasi permesinan dan peralatan bergerak.



Gambar 1. Metode *Grounding System*



Gambar 2. Simbol *Grounding*

Sistem grounding berfungsi sebagai proteksi jaringan listrik dan keselamatan instalasi. Kelebihan instalasi sistem *grounding* pada jaringan listrik yaitu:

1. Menjaga instalasi listrik tetap dalam kondisi baik dan konstan meskipun saat terjadi gangguan satu jalur *phase*.
2. Memudahkan pemasangan penggunaan perangkat pelindung otomatis sehingga secara cepat mengisolasi sistem jika terjadi kesalahan dan kerusakan.
3. Menghilangkan tegangan berlebih seperti hubungan singkat ataupun sengatan petir, sehingga mudah untuk menyalurkan dan melepaskan tegangan lebih ke *ground* atau tanah.
4. Menjamin keselamatan operator atau personel, keselamatan permesinan dan peralatan listrik secara menyeluruh.

Karakteristik dan perbandingan untuk setiap metode instalasi sistem *grounding* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik dan Perbandingan Instalasi *Grounding*.

Karakteristik	<i>Ungrounded</i>	<i>Solid</i>	Resistensi
Efek tegangan berlebih	Buruk	Baik	Baik
Efek <i>Phase-Earth fault</i>	Buruk	Baik Sekali	Baik
Reduksi kerusakan <i>Arcing</i>	Buruk	Sedang	Baik
Keselamatan Personel	Buruk	Baik Sekali	Baik Sekali
Kehandalan sistem	Stabil tanpa gangguan	Baik	Baik sekali
Biaya perawatan	Mahal	Cukup	Murah
Ketahanan isolasi kesalahan per <i>Phase</i>	Boleh dgn waktu yg singkat	Tidak boleh	Tidak boleh
Kemudahan mencari <i>ground fault</i>	Sulit	Mudah	Sangat mudah
Keterkaitan antar sistem	Tidak ada	Baik	Baik sekali
Kemampuan mengurangi jumlah <i>fault</i>	Buruk	Baik sekali	Baik Sekali

Kemampuan meningkatkan sistem <i>ground</i>	Sulit	Mudah	Mudah sekali
Kemampuan sis. <i>ground</i> menerima tegangan berbeda	Tidak bisa	Boleh	Tidak boleh

Perbandingan kemampuan sistem *grounding* listrik dengan metode *ungrounded* dan *grounded* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Sistem Grounding (Ungrounded – Grounded)

Karakteristik	Ungrounded	Grounded
Koneksi langsung ke tanah (bumi)	Tidak terkoneksi	Terkoneksi
Kondisi normal operasi	Normal & assumed transported	Normal & transported
Kondisi saat gangguan arus berlebih	Tidak mampu operasi alat proteksi	Mampu operasi alat proteksi
Dampak <i>arcing ground</i>	Ada dan merusak	Tidak ada
Kondisi tegangan di <i>lines</i> saat <i>sigle phase</i> ke <i>earth fault</i>	Bernilai 4-6 kali dari <i>arcing ground</i>	Konstan
Kemampuan operasi proteksi saat ada gangguan	Tidak mampu	Mampu
Keselamatan personel	Buruk	Baik sekali
Biaya perawatan	Mahal	Murah
Kemudahan melepaskan tegangan berlebih	Buruk	Baik sekali

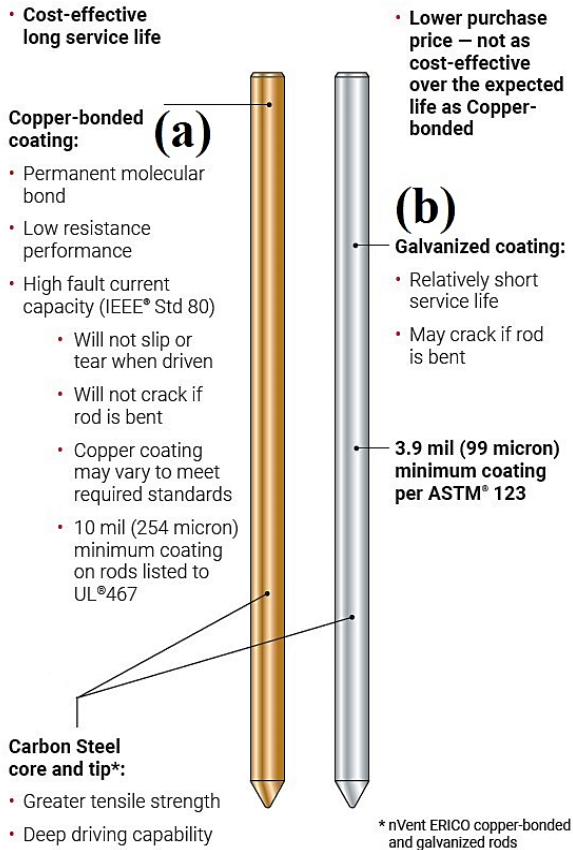
Berdasarkan data Tabel 2 dinyatakan bahwa sistem *grounding* untuk metode *grounded* ke tanah adalah metode yang

optimal untuk instalasi listrik dalam hal menjaga kestabilan jaringan instalasi dan keamanan untuk seluruh personel.

Grounding Rod Materials

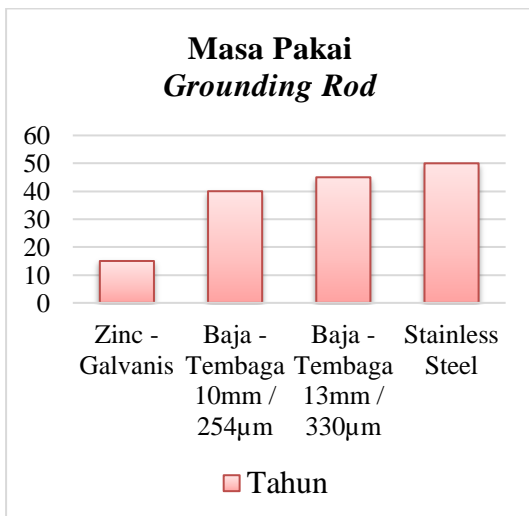
Pemilihan material konduktor sistem *grounding* adalah perlu untuk menjaga kinerja sistem proteksi berfungsi secara optimal dan ketahanan material konduktor terhadap sifat korosif selama beberapa tahun kedepan. Material konduktor yang baik dengan nilai *zero resistance* adalah perlu saat terjadi kelebihan tegangan dan gangguan arus berlebih, sehingga proses penyaluran dan pelepasan gangguan ke tanah dapat dilakukan dengan sangat cepat dan mudah.

Penelitian terus dilakukan untuk mendapatkan *zero resistance* terhadap material konduktor *grounding rod* dan kaitanya dengan *soil resistivity*, hal ini dilakukan untuk menjaga sistem proteksi dan masa pakai konduktor bertahan hingga belasan bahkan puluhan tahun kedepan. Material konduktor banyak digunakan untuk sistem *grounding* adalah lapisan tembaga, zinc-galvanis, dan *stainless steel*. Bahan ini sebagai konduktor penghantar yang mudah mengalirkan tegangan ataupun arus, serta bahan yang kuat terhadap sifat korosi. Bahan konduktor sesuai dengan IEEE std 80 untuk sistem *grounding* ditunjukkan pada Gambar 3(IEEE Std 80, 2000).



Gambar 3. Grounding Rod Material (Tembaga Lapis dan Zinc-Galvanis)

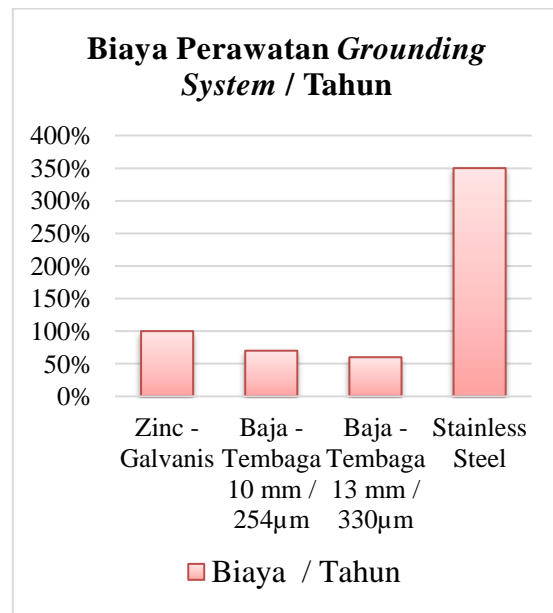
Masa pakai untuk bahan konduktor ini mencapai puluhan tahun tergantung jenis materiil *grounding* yang digunakan. Masa pakai *grounding rod* berdasarkan material konduktor ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan Masa Pakai Grounding Rod.

Pada Gambar 4 dinyatakan bahwa masa pakai terendah disebabkan oleh sifat korosi yaitu batang zinc-galvanis selama 15 tahun, batang baja - tembaga diameter 10 mm / 254µm yaitu 40 tahun, batang tembaga 13 mm / 330µm yaitu 45 tahun, dan masa pakai terlama yaitu *stainless steel* pada kurun waktu 50 tahun.

Biaya perawatan sistem *grounding* per tahun dengan mengacu pada jenis material konduktor yang digunakan, ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan Biaya Perawatan Grounding Rod.

Pada Gambar 5 dinyatakan tentang perbandingan biaya perawatan *grounding system* dalam setahun untuk keempat material konduktor. Biaya acuan dasar sebesar 100% pada material zinc - galvanis. Biaya perawatan cukup rendah untuk material baja - tembaga 10mm / 254µm dan 13mm / 330µm yaitu sebesar 70% dan 60%. Biaya tertinggi adalah perawatan untuk sistem *grounding* dengan menggunakan material konduktor *stainless steel*, material ini digunakan untuk *grounding* pada jenis tanah dengan kadar garam tinggi (sangat korosif) sebagai contoh daerah tepi pantai atau laut.

Soil Resistivity (SR)

Soil resistivity (SR) atau resistivitas tanah adalah pengujian terhadap tanah tentang seberapa baik atau buruk kemampuan tanah dalam menghantarkan arus listrik dalam rentang meter kubik volume. Kondisi tanah dengan struktur basah, berpasir, berbatu dan kadar garam tinggi memiliki nilai resistivitas yang berbeda, resistivitas tanah yang baik adalah mampu menerima dan menyalurkan tegangan dan arus berlebih dengan sangat cepat.

Formula dasar yang digunakan untuk penghitungan SR adalah

$$R = \rho / A \quad (1)$$

Dimana

R= Nilai *grounding* resistansi

ρ = *Soil resistivity*

A= Efektif *grounding area*.

Kondisi resistivitas tanah (SR) yang tinggi mengakibatkan nilai *grounding resistansi* sulit untuk mencapai nilai dibawah 5Ω, kondisi ini mengakibatkan struktur perancangan *grounding* menjadi sulit dan lebih mahal untuk mendapatkan nilai *grounding resistance* (GR) yang sesuai (GR < 5Ω). Resistivitas tanah yang besar membuat perancangan konduktor *grounding* semakin banyak dan rapat, kondisi ini membutuhkan material yang banyak dan biaya yang sangat mahal.

Nilai *soil resistivity* (SR) untuk beberapa struktur tanah sesuai dengan IEEE std 80 ditunjukkan pada Tabel 3(IEEE Std 80, 2000).

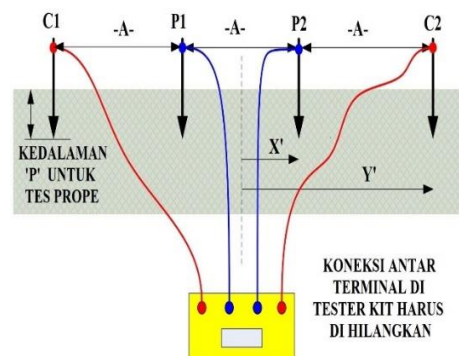
Tabel 3. Nilai SR Varian Struktur Tanah

Tipe Tanah atau Air	Resistivitas (Ω.m)	Range limit (Ω.m)
Air garam / air laut	2	0.1 -10
Tanah liat	40	8 – 70
Tanah gembur dan bermata air	50	10 – 150

Mix tanah liat dan pasir	100	4 – 300
Serpihan, batu kapur, batu pasir	120	10 – 100
Tanah gambut, lempung dan lumpur	150	5 – 250
Danau dan sungai	250	100 – 400
Pasir	2000	200 - 3000
Kerikil <i>moraine</i>	3000	40 – 10K
Kerikil <i>ridge</i>	15000	3K – 30K
Granit	25000	10K – 50K
Es	100K	10K – 100K

Nilai SR bervariasi tergantung struktur tanah dengan nilai ohm-meter rendah seperti air garam hingga ribuan ohm-meter pada struktur tanah granit. Nilai ohm-meter untuk SR diambil dengan acuan secara kasar dikarenakan sifat tanah cenderung heterogen atau terdiri dari banyak unsur, senyawa dan terpengaruh kondisi lingkungan.

Metode pengujian Wenner (fungsi empat terminal) adalah metode yang banyak digunakan untuk menentukan nilai resistivitas tanah (SR). Metode Wanner ditunjukkan pada Gambar 6(Engineering, 2016).



Gambar 6. Pengujian SR Metode Wenner

Pada Gambar 6 dijelaskan tentang metode Wenner, Kedalaman *prope* maksimum 20 cm atau tidak melebihi 1/20

dari jarak A. Pengambilan nilai resistansi pada berbagai jarak antar *prope*. Keempat *prope* dihubungkan ke *tester kit*, dengan probe luar terhubung ke terminal C1-C2, sedangkan probe dalam ke terminal P1-P2. Pengukuran nilai SR dilakukan selama 30 detik untuk setiap posisi *prope* dengan jarak yang sama, pengukuran berikutnya dilakukan dengan memindahkan keempat *prope* ke lokasi berbeda dengan jarak yang sama antar keempat *prope*. Pengukuran dilakukan berulang kali dengan lokasi berbeda untuk mendapatkan nilai rata-rata SR terendah.

Data yang dihasilkan dari metode Wenner dapat digunakan sebagai acuan dasar dalam perancangan, penentuan lokasi, luas area dan jenis konduktor paling tepat yang digunakan untuk instalasi sistem *grounding*. Pengujian SR dilakukan untuk memutuskan tentang kelebihan dan kekurangan dalam pembuatan instalasi *grounding*, dan dimaksudkan untuk penghematan biaya guna memperoleh nilai *grounding resistance* (GR) yang diinginkan.

KESIMPULAN

Grounding sistem sebagai sistem proteksi vital untuk instalasi jaringan listrik yang handal dan aman. *Grounding* berperan penting untuk menyalurkan seluruh gangguan tegangan dan arus menuju ke tanah secara cepat dan aman. *Grounding* menjamin dan menjaga keselamatan personel atau operator dari sengatan listrik oleh bagian logam permesinan dan peralatan listrik. Sistem *grounding* dirancang dengan menganalisa dan mempertimbangkan komponen penting yaitu material konduktor *grounding rod* dan *soil resistivity* (resistivitas tanah). Nilai SR sebagai faktor penting untuk menentukan jenis konduktor dan type sistem instalasi *grounding* yang akan dibuat. SR dengan nilai rendah menghasilkan nilai *ground resistance* (GR) yang rendah. Kondisi nilai SR dan GR rendah menyebabkan penggunaan material konduktor dapat diminimalisir, sehingga biaya produksi dan perawatan sistem *grounding* dapat ditekan dan lebih murah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aydiner, M. G. (2009). *Grounding Design Analysis*. February, 1–118.
- Bartien, S. (2011). Puil 2011. *DirJen Ketenagalistrikan, 2011(PUIL)*, 1–133.
- Cafaro, G., Montegiglio, P., Torelli, F., Colella, P., Napoli, R., Pons, E., Tommasini, R., De Simone, A., Morozova, E., Valtorta, G., Barresi, A., Tummolillo, F., Campoccia, A., Di Silvestre, M. L., Riva Sanseverino, E., Zizzo, G., Martirano, L., Parise, G., & Parise, L. (2015). The Global Grounding System: Definitions and guidelines. *2015 IEEE 15th International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2015 - Conference Proceedings, June, 537–541*. <https://doi.org/10.1109/IEEEIC.2015.7165219>
- Engineering, C. (2016). *Grounding System Theory and Practice*. 877.
- Gilbert, G. (2012). *Soil modelling techniques Air: $\rho = 0$. 1(2)*, 8–13. <https://doi.org/10.11648/j.ijmsa.20120101.12>
- Hall, D. T. (1999). *KNOWLEDGE MARINE Second Edition*.
- IEEE Std 80. (2000). Standard 80-2000 Guide for Safety in AC substation *grounding*. In *The institute of electrical and electronics engineers* (Vol. 56).
- Islam, M. M. (2004). *Handbook to IEEE Standard 45*.
- Jr, J. A., & Doerry, N. (2019). *Electric Ship : Historical Perspective. Ests*.
- Liu, S., Wang, S., Ma, C., Wang, H., & Li, R. (2021). Research on Single-phase Grounding Line Selection Method for Distribution Network Containing New Energy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1750(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1750/1/012050>
- Ogbuefi, U. C., Onyishi, J. O., & Oti, S. E. (2020). Effectiveness of Neutral Grounding on Power System Application. *Asian Journal of Basic*

- Science & Research*, 02(02), 44–57.
<https://doi.org/10.38177/ajbsr.2020.2206>
- Pfeiffer, J. C. (2001). *Principles of Electrical Grounding*. 43.
<http://www.pfeiffereng.com/Principals of Electrical Grounding.pdf>
- Resistivity, S. (2012). *SOIL RESISTIVITY AND EARTHING SYSTEM*. 2(9), 369–380.
- Short, T. A. (2014). *Electric Power Distribution handbook* (2nd editio). 2018.
- Sinchi-Sinchi, F., Coronel-Naranjo, C., Barragán-Escandón, A., & Quizhpi-Palomeque, F. (2022). Soil Treatment to Reduce Grounding Resistance by Applying Low-Resistivity Material (LRM) Implemented in Different Grounding Systems Configurations and in Soils with Different Resistivities. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(9).
<https://doi.org/10.3390/app12094788>
- X. Shi, T. Key, D. Van Zandt, W. W. (2021). *Effective Grounding for Inverter-Connected DER*. 114.
<https://www.epri.com/research/programs/067418/results/3002020130>