

ANALISA PENGGUNAAN BATANG ELEKTRODA JENIS TEMBAGA DAN ALUMINIUM SEBAGAI SISTEM PENGAMAN PEMBUMIAN DI UNIVERSITAS PAMULANG

Koes Indrakoesoema¹, Aripin Triyanto², Andriyanto³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Univeritas Pamulang

^{1,2,3} Jalan Raya Puspiptek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten, 15310, Indonesia

¹*dosen00028@unpam.ac.id*

²*dosen01315@unpam.ac.id*

³*andriyanto9873@gmail.com*

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 02-02-2023
revisi : 24-02-2023
diterima : 01-03-2023
dipublish : 30-06-2023

ABSTRAK

Semakin tinggi bangunan gedung perlu diperhatikan penggunaan pengaman atau proteksinya. Saat ini universitas pamulang sedang mengembangkan bangunan di daerah viktor disebut dengan kampus tiga. Sistem proteksi yang akan dipasang dan diaplikasikan dalam gedung memerlukan nilai pembumian sesuai standar yang ditetapkan pada PUIL 2011. Penggunaan metode dalam penelitian adalah dengan menentukan titik pemasangan batang elektroda grounding yang terdiri dari titik A, B dan C dengan menggunakan bahan tembaga dan aluminium untuk mencari nilai terbaik. Tujuan dari penelitian adalah menentukan titik penanaman batang elektroda dan menentukan bahan batang elektroda dari tembaga dan aluminium dengan nilai tahanan tanah terendah. Hasil penelitian didapatkan nilai pengukuran kedalaman dengan variasi kedalaman 30 cm, 60 cm, 90 cm, 120 cm dan 150 cm. Hasil perbedaan nilai tahanan dari pengukuran dengan kedalaman didapatkan selisih dengan nilai tahanan terbaik sebesar 22,8% pada kedalaman 150 cm titik C dengan nilai tahanan 43 Ohm untuk aluminium dan 35 Ohm untuk jenis tembaga dan diketahui aluminium berpotensi dijadikan sistem pembumian dengan batang elektroda Universitas Pamulang Viktor dengan perbandingan kedalaman 14,70%.

Kata kunci: Pembumian; proteksi; PUIL 2011; batang elektroda

ABSTRACT

The higher the building needs to pay attention to the use of security or protection. Currently Pamulang University is developing a building in the Victor area called Campus Three. The protection system that will be installed and applied in buildings requires a grounding value according to the standards set in PUIL 2011. The method used in this research is to determine the installation point of the grounding electrode rod consisting of points A, B and C using copper and aluminum to find the value. best. The aims of this study were to determine the point of embedding of the electrode rods and to determine the electrode rod materials made of copper and aluminum with the lowest soil resistance values. The results of the study obtained the depth measurement values with variations in depth of 30 cm, 60 cm, 90 cm, 120 cm and 150 cm. The results of the difference in resistance values from measurements with depth obtained the difference with the best resistance value of 22.8% at a depth of 150 cm point C with a resistance value of 43 Ohm for aluminum and 35 Ohm for copper types and it is known that aluminum has the potential to be used as a grounding system with electrode rods at Pamulang University Viktor with a depth ratio of 14.70%.

Keywords: Grounding; protection; PUIL 2011; electrode rod

PENDAHULUAN

Universitas Pamulang merupakan kampus yang sedang dalam tahap pembangunan dan pengembangan. Pengembangan dari kampus satu dikecamatan pamulang, kampus dua di daerah witana dan kampus tiga ada di daerah viktor. Sehingga membutuhkan perencanaan yang tepat untuk memenuhi kebutuhan daya listrik sebagai konsumsi *lighting*, tata udara, lahan parkir dan beberapa perlengkapan power laboratorium. Tingkat keamanan instalasi dan pengaman sistem kelistrikan perlu ditambahkan perangkat grounding untuk keamanan dari gangguan troubleshoot, hubung singkat dan gangguan eksternal yang dapat merusak sistem instalasi listrik (Karta dkk., 2020).

Kerusakan yang terjadi akibat hubung singkat disebabkan karena terjadinya antara fasa terhubung dengan netral sehingga konslet. Sedangkan gangguan yang berasal

dari troubleshoot disebabkan adanya kerusakan pada unit dan instalasi pada sistem sehingga menyebabkan trip pada pengaman terpasang. Jika dalam instalasi tidak terdapat pengaman dapat berakibat kerusakan unit dan perangkat yang terpasang pada sistem (Sarwito & Priyangga, 2021).

Gangguan yang berasal dari eksternal disebabkan oleh gangguan surja petir yang tidak dapat dibackup oleh proteksi dalam pengaman instalasi, sehingga dibutuhkan grounding dengan peralatan petir yang didistribusikan ke pembumian untuk mengalirkan tegangan lebih dari surja petir melalui perangkat penangkal petir ke pembumian (Yani dan Putra, 2018). Sistem pembumian yang digunakan harus menyesuaikan nilai tahanan yang ada pada acuan standar PUIL 2011 dengan tujuan penetralan tegangan lebih dari surja petir dapat maksimal (Badan Standarisasi Nasional, 2011).

Penggunaan batang elektroda pada pembumian dapat mempengaruhi nilai tahanan tanah yang dihasilkan. Pengaplikasian bahan tembaga dan aluminium menjadi pilihan untuk penanaman batang elektroda karena tidak menyebabkan korosi dalam jangka panjang. Selain penggunaan batang elektroda nilai tahanan pembumian dapat dipengaruhi dari beberapa lapisan tanah. Sehingga didalam penelitian ini memberikan opsi mengenai titik yang berbeda untuk mendapatkan nilai tahanan tanah terendah dalam satuan ohm. Titik yang digunakan terdiri dari 3 yaitu titik A, B dan C dengan lokasi yang berbeda dan divariasikan masing-masing dengan kedalaman 30 cm, 60 cm, 90 cm, 120 cm dan 150 cm. Metode penelitian yaitu pengukuran langsung pada variasi kedalaman batang elektroda dan menggunakan *earth tester* untuk mendapatkan data pengukuran pada kedalaman yang dilakukan. Tujuan dari penelitian ini dapat menentukan titik dan nilai tahanan yang akan diaplikasikan sebagai *grounding* gedung di Universitas Pamulang.

TEORI

Pembumian (*Grounding*)

Digunakan dan difungsikan untuk pengaman peralatan dan pengaman gedung dari gangguan hubung singkat dan *troubleshoot* instalasi dan *over voltage*. Proteksi yang digunakan dalam sebuah instalasi disesuaikan dengan nilai acuan dari standar PUIL 2011 yaitu memenuhi nilai tahanan tanah kurang dari 5 ohm. Nilai yang direkomendasikan pada acuan tersebut adalah dibawah 5 ohm agar peralatan yang terhubung dengan gangguan dapat dinetralkan ke pembumian melalui batang elektroda dengan tunggal. Jika melebihi nilai 5 ohm dapat dilakukan penambahan dua

batang elektroda untuk menurunkan nilai tahanan tanah dibawah 5 ohm (Badan Standarisasi Nasional, 2011).

Nilai tahanan tanah dapat dipengaruhi oleh struktur tanah, metode dan penggunaan peralatan *grounding*. Semakin lembab permukaan tanah dan konstruksi pembumian dapat memberikan faktor nilai tahanan tanah yang rendah. Metode penanaman batang elektroda dengan bahan dan pertimbangan kedalaman dapat mempengaruhi nilai tahanan tanah yang dihasilkan. Sedangkan peralatan *grounding* yang digunakan dapat menjadi faktor dalam penentuan nilai tahanan tanah setelah konstruksi tanah dan kedalaman batang elektroda (Triyanto dkk., 2022).

Tujuan pengaplikasian *grounding* menurut standar IEEE 142-2007 yaitu (Elliot Rappaport, Chair Daleep C. Mohla, 2007):

1. Batasan dalam penggunaan tegangan dengan kapasitas yang diperbolehkan.
2. Pemanfaatan dari sistem proteksi dari gangguan dan memutuskan tegangan input agar tidak terjadi kerusakan yang lebih besar.

Sistem *grounding* gedung dibedakan menjadi dua sistem yaitu RF dan *safety grounding*. RF digunakan sebagai pengaman instalasi jaringan komunikasi sedangkan *safety* digunakan untuk keamanan pada jalur instalasi dan perangkat penangkal petir. Karakteristik sistem pentahanan yang maksimal dalam penggunaannya adalah sebagai berikut,

1. Perencanaan sistem koneksi sesuai kaidah dari pemasangan yang akan dilakukan.
2. Verifikasi data secara visual dapat dilakukan dengan baik.
3. Dapat meminimalisir dan menghindari gangguan arus lebih atau hubung

singkat pada perangkat atau jaringan listrik.

- Bahan material dengan menggunakan metal atau konduktor dapat digroundingkan untuk menghindari kerusakan pada perangkat.

Kondisi tanah untuk pembumian

Didalam memilih kondisi tanah dibedakan menjadi dua keadaan yaitu tanah lembab dan tanah kering. Keadaan tanah lembab didapatkan nilai pentahanan baik/kecil, sedangkan pada tanah kering didapatkan nilai tahanan tanah kurang baik/besar (Latiefa, Zakir, dan Subekti, 2018).

Resistifitas volume bahan logam

Penyusunan secara pararel dari dua permukaan berbeda pada bahan yang terbuat dari konduktor. Resistifitas beberapa jenis logam diberikan pada Tabel 1 (Raharja dan Suhendi, 2019):

Tabel 1. Resistifitas logam

Jenis Logam	Resitivitas ($\mu\Omega \text{ cm}.20^\circ\text{C}$)	Persentase konduktivitas (%.20°C)
Perak	1,62	106
Tembaga	1,72	100
Emas	2,40	71,6
Alumunium	2,62	65,6

Tahanan dengan bahan konduktor dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$R = \frac{L\rho}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

R = Tahanan (ohm)

ρ = Resistifitas bahan (ohm-m)

L = Panjang penghantar (m)

A = Luas penampang (m^2)

Tahanan jenis dengan kapasitas tertentu dapat dihitung dengan persamaan:

$$\rho = 2 \times \pi \times a \times R \quad (2)$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi a} \quad (3)$$

Keterangan:

ρ = Rata-rata tahanan tanah(ohm/m)

$$\pi = \frac{22}{7}$$

a = Jarak elektroda (m)

R = Nilai tahanan tanah (ohm)

Earth Tester

Nilai resistensi dari pengukuran pembumian dapat diketahui dengan alat ukur *earth tester* seperti terlihat pada Gambar 1 berikut ini (Yusmartato dkk., 2021):



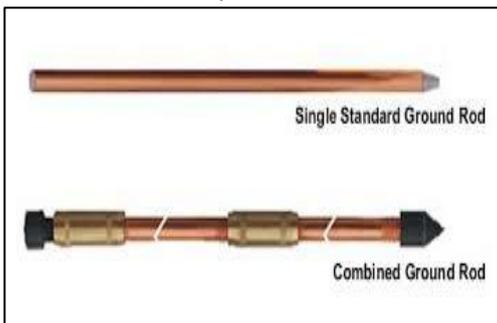
Gambar 1. Earth tester

Penggunaan alat ukur ini sederhana yaitu dengan menggunakan selektor sesuai dengan skala yang digunakan dan menekan tombol pada pengatiran untuk mengunci nilai tahanan terukur pada alat. Sebelum melakukan penggunaan alat tentukan dahulu titik yang akan diukur dari tiga kabel yang disediakan sesuai dengan fungsi dan panjang dari kabel tersebut.

Batang Elektroda

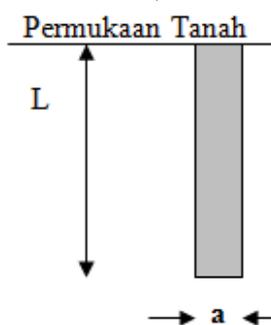
Sebuah elektroda yang digunakan untuk penghantar tegangan lebih ke

pentahanan. Elektroda dibedakan menjadi tiga jenis yaitu batang, plat dan pita. Dalam pengaplikasiannya elektroda ini dapat digabungkan menjadi satu pada saat dilakukan percobaan dan pemasangan. Sistem pemasangannya adalah dengan menancapkan elektroda ketanah dengan posisi tegak lurus sehingga didapatkan nilai yang maksimal sesuai dengan posisi struktur tanah. Syarat penanaman elektroda yaitu bahan elektroda tidak korosi dan kuat pada saat ditanam didalam tanah dalam jangka waktu yang panjang. Dengan memanfaatkan kedalaman tanah pada aplikasi elektroda akan didapatkan nilai tahanan tanah yang rendah. Jenis dari elektroda batang dibedakan menjadi dua macam yaitu *combine* dan *single ground rod*. Gambar 2 berikut adalah tampilannya (Yuniarti dkk., 2017).



Gambar 2. Batang elektroda tembaga

Penanaman batang elektroda pada sistem pentahanan posisi harus tegak lurus seperti pada Gambar 3 berikut,

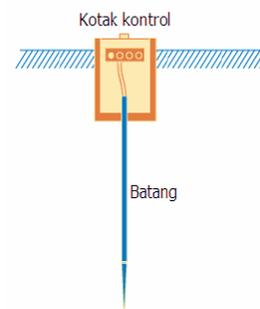


Gambar 3. Elektroda tegak lurus

Dapat dihitung menggunakan persamaan berikut,

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

Kedalaman elektroda dari permukaan tanah diilustrasikan pada Gambar 4,



Gambar 4. Ilustrasi Kedalaman elektroda dari kotak control.

Dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{2L}{a} - 1 \right] \quad (5)$$

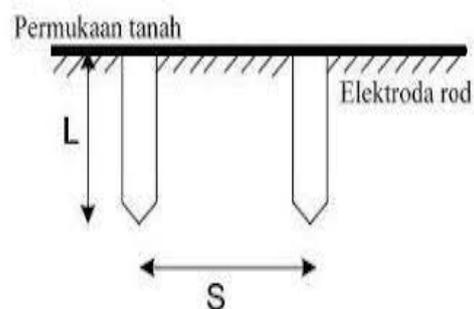
Keterangan:

R= tahanan tanah (Ω)

ρ = tahanan jenis tanah (Ω m)

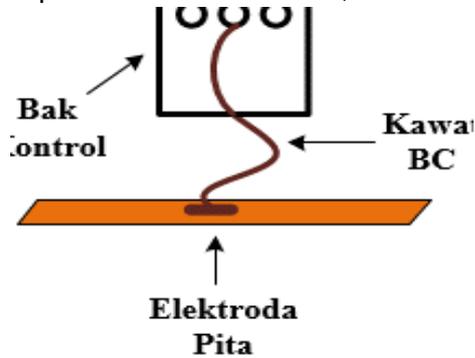
a = jari jari elektroda pembumian (m)

Elektroda yang tegak lurus dan menembus lapisan tanah konstruksi yang kedua dapat terlihat seperti Gambar 5 di bawah ini:



Gambar 5. Elektroda menembus tanah lapisan kedua

Sedangkan ilustrasi dan perhitungan elektroda dengan pentanaman beberapa cm dan menembus lapisan tanah kedua dapat dilihat pada Gambar 6 berikut,



Gambar 6. Ukuran elektroda (cm) dan faktor kedalaman tanah

Sehingga dapat digunakan persamaan berikut sebagai perhitungan.

$$R = \frac{\rho l}{2x(h - h_0)} \left[\ln \frac{2L}{a} - 1 + \frac{\ln 2}{1 + \frac{(4 \ln 2)h_0}{L}} \right] + \frac{\rho l}{h} \phi_0$$

$$\phi_0 = \frac{1}{2\pi} \left(\ln \frac{1}{1 - K} \right) \sqrt{\left(\frac{N}{F_0} - 1 \right)^2 + 1}$$

$$F_0 = \frac{L}{1 - 0,9K}$$

$$K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad (6)$$

Tembaga

Merupakan konduktor dengan daya hantar baik dari panas dan listrik. Tembaga terbuat dari susunan tembaga yang bebas dan senyawa dan terdapat dalam standar seperti dalam bentuk berikut (CuFeS), kuprit (Cu₂O). Bahan tembaga didalam penggunaannya sudah terdapat sejak 10.000 tahun lalu dengan nama cuprum dan bahasa latinnya *Cyprim*. Berasal dari pulau

iprus, reaksi bahan tembaga karena faktor oksigen pada saat itu bukan tereaksi oleh air sehingga membentuk warna cokelat kehitaman dalam sebuah lapisan tembaga oksida (Mubarak dkk., 2022). Ilustrasi dari logam tembaga diberikan pada Gambar 7 dan karakteristiknya diberikan pada Tabel 2.



Gambar 7. Tembaga

Karakteristik fisik tembaga

1. Warna kuning kemerahan, keras mirip dengan emas.
2. Penghantar jenis konduktor yang baik.
3. *Flexible* terhadap pembentukan dan dapat dijadikan pipa.
4. Berbentuk padat
5. Terdapat masa jenis 8,96 g/cm³
6. Mempunyai titik lebur 135,77 K.
7. Penguapan 300,4 KJ/mol.
8. Peleburan 13,26 KJ/mol.

Tabel 2. Karakteristik Tembaga

Simbol Kimia	Cu
Nomor atom	29
Titik lebur	1356 K
Panas Spesifik cp (293K)	0.383 kJ kg ⁻¹ K ⁻¹
Konduktufitas Termal	394 W m ⁻¹ K ⁻¹
Elastisitas modul Young	110x10 ⁹ N m ⁻²
Konduktivitas Elektrik	1.673 x 10 ⁻⁸ ohm-m
Koefisien Ekspansi linier	16.5 x10 ⁻⁶ K ⁻¹

Aluminium

Termasuk logam ringan dan tahan terhadap korosi dalam jangka panjang. Berat jenis aluminium sebesar $2,643 \text{ kg/m}^3$ dengan kekuatan 83-310 MPa (Siahaan & Kurniawan, 2022).

Karakteristik aluminium:

1. Ringan
2. Tahan terhadap korosi
3. Sukar dias atau disolder

Karakteristik lebih lengkapnya diberikan pada Tabel 3 berikut,

Tabel 3. Karakteristik Aluminium

Sifat	Kemurnian Al(%)	
	99,996	>99,0
Massa jenis (200 °C)	26,989	2,71
Titik Cair	660,2	653 – 657
Panas Jenis (cal/g.0°C) (1000°C)	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan Listrik koefisien temperature (10 °C)	0,00429	0,0115
Koefisien Pemuai (200°C - 1000°C)	23,86 x 10 ⁻⁶	23,5 x 10 ⁻⁶
Jenis Kristal, konstanta kisi	fcc, a = 4,013 kX	fcc, a = 4,04 kX

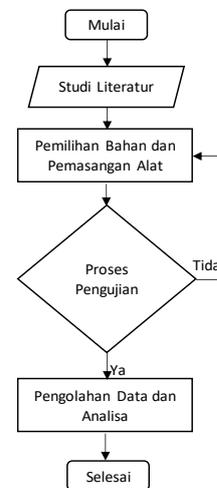
METODOLOGI

Penelitian dilakukan di Universitas pamulang kampus Viktor. Penggunaan metode dengan survei lokasi penelitian dan menentukan titik A, B dan C untuk penanaman batang elektroda yang digunakan sebagai sistem pembumian. Penggunaan pasak dan alat ukur *earth tester* disesuaikan dengan *probe* dan jarak penggunaan standar minimal 5 meter dari jarak peralatan dan bak utama penanaman batang elektorda. Tingkat kedalaman pada penanaman batang elektorda diberikan

variasi dari 30 cm sampai dengan 150 cm untuk mengamati nilai tahanan tanah yang dihasilkan. Penanaman batang elektroda dilakukan percobaan pada titik A, B dan C dengan maksimal 150 cm untuk mengetahui nilai tahanan tanah yang terukur pada peralatan.

Penggunaan bahan elektroda menggunakan aluminium dan tembaga dengan jangka panjang tidak terkena korosi dan dapat menghantarkan arus lebih ke pembumian dengan baik (Kurniawan & Johar, 2018).

Flowchart penelitian



Gambar 8 Tahapan penelitian

Dari tahapan penelitian yang disajikan pada Gambar 8, pengambilan data dilakukan berdasarkan titik A, B dan C yang telah ditentukan dan panjang batang elektroda yang tertanam. Pengaruh konstruksi tanah dapat membuat nilai bervariasi pada penelitian yang dilakukan. Penyusunan data dan hasil penelitian dilakukan setelah evaluasi penelitian selesai dilakukan.

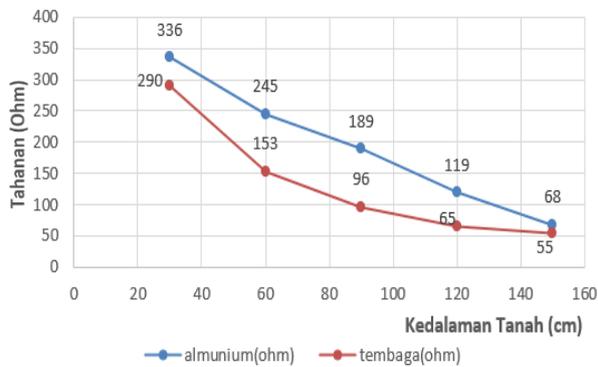
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan Titik A, B dan C

Dari data percobaan penanaman batang elektroda titik A diberikan data pada Tabel 4 dan Gambar 9 sebagai berikut.

Tabel 4. Data percobaan titik A

Kedalaman batang (cm)	Alumunium (ohm)	Tembaga (ohm)
30	336	290
60	245	153
90	189	96
120	119	65
150	68	55

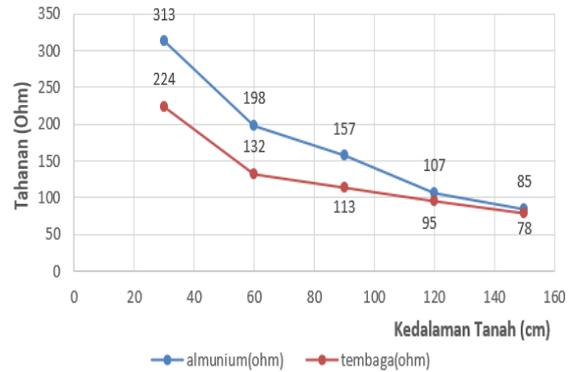


Gambar 9. Percobaan penelitian titik A

Dari data percobaan penanaman batang elektroda titik B didapatkan data dalam Tabel 5 dan Gambar 10 berikut,

Tabel 5. Data percobaan titik B

Kedalaman batang (cm)	Alumunium (ohm)	Tembaga (ohm)
30	313	224
60	198	132
90	157	113
120	107	95
150	85	78

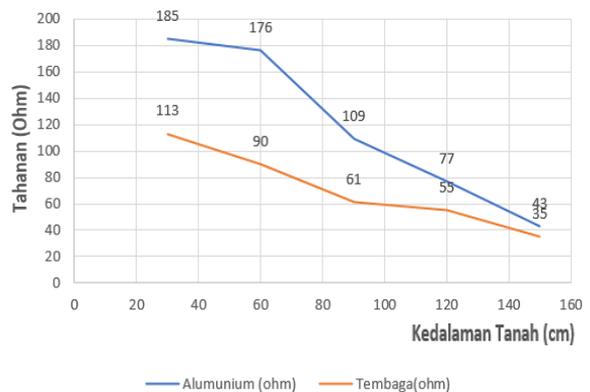


Gambar 10. Percobaan penelitian titik B

Dari data percobaan penanaman batang elektroda titik C didapatkan data sebagai Tabel 6 dan Gambar 11, berikut.

Tabel 6. Data percobaan titik C

Kedalaman batang (cm)	Alumunium (ohm)	Tembaga (ohm)
30	185	113
60	176	90
90	109	113
120	77	95
150	43	78



Gambar 11. Percobaan penelitian titik C

Dengan perbandingan kedalaman batang dengan bahan yang berbeda nilai yang didapatkan bervariasi karena pengaruh dari tingkat kelembaban tanah yang digunakan untuk penelitian. dengan kedalaman sama pada batang batang terdapat hasil yang

berbeda. Hal tersebut dikarenakan kondisi tanah tidak semua kering dari area permukaan sampai dengan titik batang yang tertanam.

Analisa hasil percobaan penelitian

Hasil percobaan penelitian terdapat nilai penurunan nilai tahanan percobaan pada titik A menunjukan pada kedalaman 30 cm aluminium mempunyai tahanan yang lebih rendah dari pada tembaga dengan selisih sebesar 13,6%. Aluminium menunjukkan nilai lebih tinggi daripada tembaga namun pada saat kedalaman ditambahkan penurunan tahanan pada batang elektroda aluminium rendah sedangkan penurunan tahanan pada batang elektroda tembaga lebih besar saat dilakukan perubahan kedalaman. Percobaan pada titik B masih menunjukkan nilai tahanan yang kurang lebih sama dengan nilai tahanan di percobaan pertama di titik A artinya tidak ada penurunan tahanan yang signifikan. Percobaan terakhir titik C ada penurunan nilai tahanan percobaan titik C didapatkan nilai tahanan yang paling rendah dan dibandingkan dengan percobaan titik A dan B meski belum mencapai pada titik terbaik yang sesuai dengan standar PUIL 2011 kemudian saya mencoba untuk melakukan percobaan kembali dengan menambah kedalaman penanaman batang elektroda dari kedua analisa agar mendapat nilai tahanan yang sama antara kedua jenis batang elektroda. Setelah melakukan percobaan didapatkan nilai tahanan yang sama dengan kedalaman yang berbeda dengan nilai tahanan 7 Ohm dengan kedalaman 170 cm untuk batang elektroda tembaga dan 195 cm untuk batang elektroda aluminium menunjukkan batang elektroda aluminium dapat digunakan sebagai alternatif batang elektroda pada sistem

grounding dengan perbandingan kedalaman penanaman 14,70% lebih dalam dibandingkan penanaman dengan menggunakan batang elektroda tembaga.

Penelitian disebabkan karena oleh beberapa faktor salah satunya adalah diakibatkan adanya beda tahanan jenis dari kedua bahan tersebut. Perhitungan perbedaan tahanan dapat dilakukan dengan perhitungan berikut,

Penggunaan angka dalam persamaan diatas berdasarkan pada jumlah batang batang dan nilai hambatan jenis dibagi dengan luas penampang penggunaan batang pada acuan penggunaan persamaan.

Perhitungan tahanan jenis tembaga:

$$R = \frac{1 \times 1,72 \times 10^{-8}}{0,011304} \text{ Ohm.m}$$

$$R = 152 \times 10^{-6} \text{ Ohm.m}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan tahanan jenis tembaga yang digunakan adalah $152 \times 10^{-6} \text{ Ohm.m}$

Perhitungan tahanan jenis aluminium:

$$R = \frac{1 \times 2,62 \times 10^{-8}}{0,011304} \text{ Ohm.m}$$

$$R = 231 \times 10^{-6} \text{ Ohm.m}$$

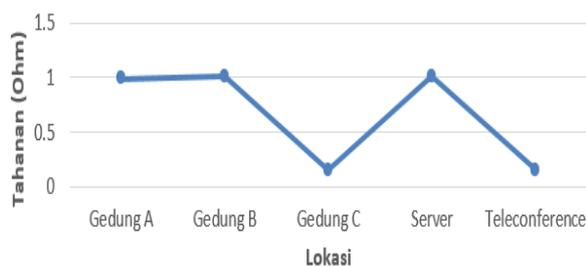
Dari perhitungan diatas didapatkan tahanan jenis aluminium yang digunakan adalah $231 \times 10^{-6} \text{ Ohm.m}$

Hasil pengukuran *grounding* terpasang

Gedung Universitas Pamulang menggunakan sistem *grounding single rod* pada masing-masing gedung dengan diameter batang 25 mm dengan kedalaman penanaman sedalam 12 meter. Kemudian pengukuran masing-masing gedung didapat data pada Tabel 7 dan Gambar 12 sebagai berikut,

Tabel 7. Pengukuran *grounding*

No	Nama	Nilai Tahanan (ohm)	Panjang batang (m)
1	Gedung A	0,98	12
2	Gedung B	1,00	12
3	Gedung C	0,15	12
4	Server	1,00	12
5	Teleconference	0,15	12



Gambar 12. Grafik pengukuran pembumian

Dari data pengukuran menunjukkan bahwa nilai tahanan sistem pembumian pada masing-masing gedung berbeda ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti keadaan tanah dimasing masing gedung yaitu keadaan lembab dan kering, namun sistem pembumian masing-masing gedung menyesuaikan nilai standar yang dianjurkan PUIL 2011 dengan nilai tahanan sistem yang dianjurkan adalah 5 ohm. Hasil pengukuran sebesar 0,98 Ohm pada gedung A, 1,00 Ohm pada gedung B dan 0,15 Ohm pada gedung C. Data nilai pembumian yang lebih rendah dari acuan dapat digunakan untuk pemasangan *grounding* karena semakin kecil nilai tahanan tanah semakin maksimal peralatan menghantarkan arus lebih untuk dinetralkan.

KESIMPULAN

Dari pengujian dan pengukuran dilakukan dan diketahui ada kesamaan karakteristik dari bahan batang elektroda tembaga dan almunium dengan menunjukkan

adanya penurunan tahanan disetiap kedalaman sehingga semakin dalam penanaman terdapat penurunan tahanan pada masing-masing bahan batang elektroda. Penurunan tahanan dari kedua bahan tersebut dengan hasil pengukuran terbaik berada dititik C dengan nilai tahanan 43 Ohm untuk almunium dan 35 Ohm untuk tembaga. Perbandingan dengan nilai terbaik terdapat pada percobaan titik C dengan kedalaman 150 cm dengan selisih tahanan 22,8%. Bahan almunium berpotensi dapat digunakan sebagai bahan alternatif pembumian di Universitas Pamulang Viktor dengan perbandingan kedalaman penanaman sebesar 14,70%.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2011). Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011). *DirJen Ketenagalistrikan*, 2011, 1–249
- Elliot Rappaport, Chair Daleep C. Mohla, V. C. (2007). IEEE Std 142™-2007, Grounding of Industrial and Commercial Power Systems. In *IEEE Std 142™-2007* (Vol. 2007).
- Karta, A., Imam, A., Widyartono, M., & Chandra, A. (2020). Analisis Kebutuhan Sistem Proteksi Sambaran Petir Pada Gedung Bertingkat. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya*, 09(03), 773–780.
- Kurniawan, H., & Johar, L. W. (2018). Studi Pentanahan Kaki Menara Transmisi 500Kv Sumatera Turun Peranap New Aurduri. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 1(2), 45.
<https://doi.org/10.33087/jepca.v1i2.10>
- Latiefa, R. F., Zakir, I., & Subekti, M. (2018). Pengaruh Kelembaban Tanah Terhadap Tahanan Pentanahan Studi Kasus Pada Gardu Induk Kemayoran 150 kV. *Journal of Electrical Vocational Education and Technology*, 3(1), 18-23.

- Mubarok, R., Prasetyono, R. N., & Alfariyki, Z. (2022). Analisis Sistem Grounding Menggunakan Elektroda Ground Rod Jenis Tembaga Pada Gedung A dan D di Universitas Peradaban. *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, 4(2), 100–107.
<https://doi.org/10.20895/jtece.v4i2.708>
- Raharja, A.E., dan Suhendi, A.D. D. (2019). PENGUKURAN RESISTIVITAS PADA PELAT KONDUKTOR TIPIS MENGGUNAKAN METODE FOUR POINT PROBE. 6(2), 5305–5313.
- Sarwito, S., & Priyanga, S. A. (2021). Analisa Gangguan Short Circuit serta Pengaturan Koordinasi Proteksi pada Container Crane Disuplai dengan Energi Terbarukan Berbasis Simulasi. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2).
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.57049>
- Siahaan, J. L., & Kurniawan, F. A. (2022). *Analisa Kekerasan Bushing Connecting Rod Menggunakan Bahan Paduan Aluminium Dan Bronze Dengan Sistem Perlakuan Panas Pada Mesin Mobil L300 Diesel*. 17(3), 15–18.
- Triyanto, A., Gunawan, W., Kusnadi, H., & Sunardi, A. (2022). *Praktikum Transformator*, UNPAM PRESS.
- Yani, R. A., & Putra, D. E. (2018). Analisis Proteksi Gangguan Arus Lebih Pada Transformator Daya Di PT. Pupuk Sriwidjaja (Persero) Palembang. *Jurnal Teknik Elektro*, 8(1), 35-42.
- Yuniarti, E., Novid, M. A., & Apriani, Y. (2017). *Analisis Ketinggian Zat Aditif Pada Box Elektroda Batang Terhadap Resistansi Pentanahan*. 17–23.
- Yusmartato, Nasution, R., Pelawi, Z., & R, S. (2021). Pengukuran Grounding Pada Gedung Rumah Sakit Grand MitraMedika Medan. *Journal of Electrical Technology*, 6(No. 1), 23–30.