

## PERHITUNGAN NILAI TAHANAN PENTANAHAN ELEKTRODA MENGGUNAKAN GOOGLE COLAB

Muhammad Roihan Fuady<sup>1</sup>, Azmi Rizki Lubis<sup>2</sup>, Adi Sutopo<sup>3</sup>, Martin Timothy Hutajulu<sup>4</sup>,  
Josua Pargaulan Parhusip<sup>5</sup>, Martin Fernandes Manullang<sup>6</sup>, Fahrul Rozi Hutabarat<sup>7</sup>  
Corresponding Author : \*Azmi Rizki Lubis<sup>2</sup>, Adi Sutopo<sup>3</sup>  
[✉ azmirizkilubis@unimed.ac.id](mailto:azmirizkilubis@unimed.ac.id)  
Universitas Negeri Medan

### ABSTRAK

Manusia sangat bergantung pada listrik untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari dan menjalankan berbagai aktivitas. Kekurangan energi listrik dapat mengganggu kegiatan manusia. Salah satu komponen penting dalam sistem tenaga listrik adalah grounding atau pembumian, yang berfungsi untuk menjamin keamanan, keselamatan peralatan, lingkungan, dan orang-orang di sekitarnya. Sistem pentanahan berperan penting dalam mengatasi tegangan lebih atau arus lebih dengan nilai grounding yang ideal mendekati 0 atau kurang dari 1 ohm. Keselamatan ketenagalistrikan mencakup upaya pengamanan terhadap instalasi, peralatan, dan pemanfaatan listrik untuk menciptakan kondisi yang andal dan aman. Pencegahan korsleting listrik dapat dilakukan dengan tidak melakukan tindakan ilegal pada instalasi listrik serta menggunakan tenaga ahli untuk instalasi baru dengan memperhatikan kualitas kabel. Perencanaan yang baik diharapkan dapat memastikan sistem pentanahan berfungsi maksimal untuk menghindari risiko dan mengamankan pekerja di lingkungan listrik. Pemasangan dan penggunaan instalasi listrik harus mengikuti peraturan umum instalasi listrik dan standarisasi untuk melindungi manusia serta mengamankan peralatan. Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011) mencakup ketentuan-ketentuan umum agar perusahaan energi listrik menjadi aman, andal, berkualitas, dan ekonomis. Perencanaan sistem instalasi listrik dengan sistem grounding pada suatu bangunan harus mengikuti peraturan dan ketentuan yang berlaku. Dengan pentingnya pemasangan sistem pembumian dan perencanaan yang baik, penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan perhitungan sistem pembumian guna pengamanan sistem ketenagalistrikan.

**Kata kunci:** energi listrik, grounding, pembumian, keselamatan ketenagalistrikan, instalasi listrik, PUIL 2011, perencanaan sistem pentanahan.

### PENDAHULUAN

Manusia hampir tidak dapat melakukan pekerjaan yang ada dengan baik ataupun memenuhi kebutuhannya tanpa bantuan listrik. Kekurangan energi listrik dapat mengganggu aktivitas manusia. Energi listrik ialah salah satu kebutuhan manusia yang sangat penting dan vital yang tidak dapat dilepaskan dari keperluan sehari-hari (Muljono dkk., 2019). Grounding atau Pembumian merupakan salah satu komponen penting dalam sistem tenaga listrik untuk menjamin keamanan, keselamatan peralatan, keselamatan lingkungan, dan keselamatan orang-orang di sekitar (Hardi dkk., 2023). Sebagai komponen sistem tenaga listrik, sistem pentanahan berfungsi sebagai pentanahan ketika terjadi tegangan lebih atau arus lebih untuk mengurangi gangguan yang ditimbulkan. Nilai grounding yang diinginkan harus mempunyai nilai R yang mendekati 0 atau kurang dari 1 ohm (Ginoga dkk., t.t.).

Keselamatan yang berhubungan dengan ketenagalistrikan (electrical safety) pada dasarnya adalah segala upaya atau langkah-langkah pengamanan terhadap instalasi tenaga listrik, peralatan serta pemanfaatan listrik untuk mewujudkan kondisi andal dan aman, baik bagi pekerja maupun masyarakat umum. Korsleting listrik ini sebenarnya bisa dicegah dengan dua cara. Cara pertama adalah tidak melakukan perbuatan ilegal memanfaatkan arus listrik yang telah dipasang PLN. Kebanyakan saat ini kWh meter dan MCB yang telah disegel dirusak beberapa oknum tidak bertanggung jawab. Cara kedua,

bila ingin menambah pemasangan instalasi listrik di dalam rumah atau tempat usaha, hendaknya dikerjakan oleh orang yang berkompeten di bidangnya, dengan memperhatikan kualitas penampang kabel yang harus disesuaikan (Muljono dkk., 2019). Dengan perencanaan yang baik, diharapkan sistem pentanahan bisa terus berperan secara maksimal guna menjauhi pengaruh lain yang bisa mengacaukan sistem ataupun menghasilkan zona yang berpotensi beresiko, mencegah keselamatan orang ataupun pekerja di zona kelistrikan (Dladla, 2022).

Pemasangan dan pemakaian instalasi listrik tidak boleh dilakukan secara sembarangan. Ancaman ini berupa bahaya tegangan sentuh akibat tersengat aliran listrik yang bisa menyebabkan luka bakar, pingsan atau bahkan merenggut nyawa. Ancaman yang lain adalah terjadinya kebakaran peralatan listrik dan kebakaran perumahan penduduk. Oleh karena itu, sebelum seseorang memasang dan memakai suatu instalasi listrik harus memahami peraturan umum instalasi listrik dan standarisasi untuk mencapai keseragaman dalam penggunaan bahan dan cara kerja, (Setiawan, 1986). Peraturan ini bertujuan untuk melindungi manusia dan mengamankan peralatan dari bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh listrik, serta menyediakan tenaga listrik yang aman dan efisien, (Handoko, 1999). Persyaratan Umum Instalasi Listrik memuat tentang ketentuan-ketentuan umum yang perlu diperhatikan agar dalam pengusahaan energi listrik menjadi aman, handal, berkualitas, dan ekonomis (SNI 0225:2011 (PUIL 2011)). Aman disini berarti bila instalasi listrik itu dimanfaatkan sesuai dengan ketentuan, tidak akan menimbulkan bahaya bagi pemakai energi listrik, bagi orang lain, bagi peralatan listrik, dan bagi lingkungan. Handal berarti pengusahaan energi listrik mempunyai tingkat kontinuitas yang tinggi (tidak sering padam). Berkualitas berarti besarnya tegangan dan frekuensi sebagai tolok ukur kualitas listrik masih dalam batas-batas toleransi yang diijinkan agar peralatan listrik dapat bekerja dengan baik. Ekonomis berarti tidak membutuhkan biaya yang berlebihan dalam pengusahaan energi listrik tersebut.

Perencanaan sistem instalasi listrik dengan sistem grounding pada suatu bangunan haruslah mengacu pada peraturan dan ketentuan yang berlaku sesuai dengan PUIL 2011 (SNI 0225:2011) dan Undang-Undang Ketenagalistrikan tahun 2002. Persyaratan umum instalasi listrik memuat ketentuan-ketentuan tentang pemasangan dan pemakaian peralatan instalasi yang meliputi penghantar, saklar, stop kontak, tusuk kontak, beban listrik, pengaman listrik, grounding, dan sebagainya yang didahului dengan kemampuan merencanakan dan desain instalasi listrik dan grounding yang benar sesuai standar (Muljono dkk., 2019). Dengan melihat pentingnya pemasangan sistem pembumian dan memaksimalkan perencanaan dalam pembangunan sistem pembumian yang baik, maka dari itu penulis melakukan penelitian dengan judul “Aplikasi Perhitungan Sistem Pembumian Untuk Pengamanan Sistem Ketenagalistrikan”.

## **METODE**

Pada penelitian ini penulis melakukan pembuatan program untuk menghitung nilai tahanan dari sistem pembumian yang digunakan. Pada program ini menggunakan platform Google Colab sebagai media pemrograman dan menampilkan hasil perhitungan. Setiap pengguna yang ingin melakukan perhitungan dengan program ini melakukan input data nilai nilai tahanan jenis tanah (ohm meter), panjang elektroda (meter), diameter elektroda (meter), jarak antar elektroda (meter), lebar elektroda (meter), tebal elektroda (meter), kedalaman tanam elektroda (meter), jumlah elektroda yang digunakan, panjang total grid (meter), dan luas grid (meter persegi). Selanjutnya, program akan melakukan perhitungan berdasarkan persamaan (2.1), persamaan (2.2), persamaan (2.3), dan persamaan (2.4) dengan menggunakan bahasa pemrograman berikut:

### 1. Pembumian dengan Elektroda Batang

```
alpha = diameter / 2
return tahanan_jenis / (2 * math.pi * panjang) * (math.log(4 * panjang / alpha) - 1)
```

### 2. Pembumian dengan dua batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah

```
alpha = diameter / 2
if jarak > panjang:
    return (tahanan_jenis / (4 * math.pi * panjang)) * ((math.log(4 * panjang / (diameter / 2)) - 1) + (tahanan_jenis / (4 * math.pi * jarak)) * (1 - (panjang**2 / (3 * jarak**2)) + (2 * panjang**4 / (5 * jarak**4))))
else:
    return (tahanan_jenis / (4 * math.pi * panjang)) * (math.log(4 * panjang / (diameter / 2)) + (math.log(4 * panjang / jarak)) - 2 + (jarak / (2 * panjang)) - (jarak**2 / (16 * panjang**2)) + (jarak**4 / (512 * panjang**4)))
```

### 3. Pembumian dengan Elektroda Pita

```
return (tahanan_jenis / (math.pi * panjang_total_grid)) * (math.log(2 * panjang_total_grid / (math.sqrt(diameter * kedalaman)) + (1.4 * panjang_total_grid / (math.sqrt(luas_grid))) - 5.6))
```

### 4. Pembumian dengan Elektroda Pelat

```
return (tahanan_jenis / (2 * math.pi * panjang)) * (math.log(8 * lebar / (0.5 * lebar + tebal)) - 1)
```

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Program perhitungan nilai tahanan pembumian otomatis dengan menggunakan Google Colab dapat menjadi alternatif untuk mengetahui nilai tahanan pembumian dengan berdasarkan persamaan-persamaan yang sesuai.

### Perhitungan Tahanan Pembumian secara Manual

Diketahui:

- $\rho = 100 \Omega\text{m}$
- $dw = 0,35 \text{ m}$
- $L = 25 \text{ m}$
- $Lw = 36 \text{ m}$
- $Zw = 0,6 \text{ m}$
- $aw = 324 \text{ m}^2$
- $Wp = 1 \text{ m}$
- $Tp = 0,15 \text{ m}$
- $\alpha = 0,35/2 \text{ m} = 0,175 \text{ m}$

#### 1. Untuk Sistem Pembumian dengan Elektroda Batang

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{\alpha} - 1 \right)$$
$$R = \frac{100}{2 \times 3,14 \times 25} \left( \ln \frac{4 \times 25}{0,175} - 1 \right)$$
$$R = \frac{100}{157} \left( \ln \frac{4000}{7} - 1 \right)$$
$$R = 3,40646 \Omega$$

#### 2. Untuk Sistem Pembumian dengan dua batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{\alpha} + \ln \frac{4L}{S} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} \right)$$

$$R = \frac{100}{4 \times 3,14 \times 25} \left( \ln \frac{4 \times 25}{0,175} + \ln \frac{4 \times 25}{2} - 2 + \frac{2}{2 \times 25} - \frac{2^2}{16 \times 25^2} + \frac{2^4}{512 \times 25^4} \right)$$

$$R = \frac{50}{157} \left( \ln \left( \frac{200000}{7} \right) - \frac{4901}{7850} + \frac{25}{157 \times 50^4} \right)$$

$$R = 2,64324 \Omega$$

3. Untuk Sistem Pembumian dengan Elektroda Pita

$$R = \frac{\rho}{\pi Lw} \left( \ln \frac{2Lw}{\sqrt{dwzw}} + \frac{1,4Lw}{\sqrt{aw}} - 5,6 \right)$$

$$R = \frac{100}{3,14 \times 36} \left( \ln \frac{2 \times 36}{\sqrt{0,35 \times 0,6}} + \frac{1,4 \times 36}{\sqrt{324}} - 5,6 \right)$$

$$R = \frac{1250}{1413} \left( \ln \frac{240\sqrt{21}}{7} - \frac{14}{5} \right)$$

$$R = 4,45772 \Omega$$

4. Untuk Sistem Pembumian dengan Elektroda Pelat

$$R = \frac{\rho}{2\pi Lp} \left( \ln \left( \frac{8Wp}{0,5Wp + Tp} \right) - 1 \right)$$

$$R = \frac{100}{2 \times 3,14 \times 2} \left( \ln \left( \frac{8 \times 1}{0,5 \times 1 + 0,15} \right) - 1 \right)$$

$$R = \frac{100}{157} \left( \ln \left( \frac{160}{13} \right) - \frac{100}{157} \right)$$

$$R = 0,961926 \Omega$$

### Perhitungan dengan Program

Pengguna diharuskan memasukkan nilai tahanan jenis tanah yang sebelumnya telah diukur pada saat pengecekan lokasi penempatan sistem pembumian yang diinginkan. Pada pengujian program ini penulis menggunakan nilai 100  $\Omega$ m.

... Masukkan nilai tahanan jenis tanah (ohm meter):

Selanjutnya, pengguna melakukan input nilai panjang elektroda (meter), diameter elektroda (meter), jarak antar elektroda (meter), lebar elektroda (meter), tebal elektroda (meter), kedalaman tanam elektroda (meter), jumlah elektroda yang digunakan, panjang total grid (meter), dan luas grid (meter persegi).

Setelah seluruh nilai di masukkan akan menampilkan hasil sebagai berikut:

```

➡ Masukkan nilai tahanan jenis tanah (ohm meter): 100
Masukkan panjang elektroda (meter): 25
Masukkan diameter elektroda (meter): 0.35
Masukkan jarak antar elektroda (meter): 2
Masukkan lebar elektroda (meter): 1
Masukkan tebal elektroda (meter): 0.15
Masukkan kedalaman tanam elektroda (meter): 0.6
Masukkan jumlah elektroda yang digunakan: 25
Masukkan panjang total grid (meter): 36
Masukkan luas grid (meter persegi): 324

```

#### Hasil Perhitungan:

Jenis Tanah: Pasir Basah

Tahanan Pentanahan dengan Elektroda Batang: 3.40 ohm

Tahanan Pentanahan dengan Dua Batang Elektroda: 2.64 ohm

Tahanan Pentanahan dengan Elektroda Pita: 4.46 ohm

Tahanan Pentanahan dengan Elektroda Pelat: 0.96 ohm

Berdasarkan hasil perhitungan dengan program menampilkan hasil bahwa jenis tanahnya ialah Pasir Basah, nilai tahanan dengan elektroda batang adalah 3,40  $\Omega$ , nilai tahanan dengan dua batang elektroda adalah 2,64  $\Omega$ , nilai tahanan dengan elektroda pita adalah 4,46  $\Omega$ , dan nilai tahanan dengan elektroda pelat adalah 0,96  $\Omega$ .

## KESIMPULAN

Grounding atau Pembumian merupakan salah satu komponen penting dalam sistem tenaga listrik untuk menjamin keamanan, keselamatan peralatan, keselamatan lingkungan, dan keselamatan orang-orang di sekitar. Pembumian peralatan adalah penghubung badan atau rangka peralatan listrik (motor, generator, transformator, pemutus daya dan bagian logam lainnya yang pada keadaan normal tidak dialiri listrik) dengan tanah. Apabila terjadi gangguan ke tanah disekitar peralatan tersebut akan terjadi gradient tegangan. Gangguan tersebut akan menimbulkan tegangan langkah, tegangan sentuh, dan tegangan pindah yang dapat membahayakan keselamatan manusia apabila perencanaan pembumian tidak dilakukan dengan baik. Adapun nilai standar tahanan pentanahan menurut PUIL 2011 yakni kurang lebih sama dengan 5 ohm.

## DAFTAR PUSTAKA

- Darmayusa, I Made., Janardana, I Gusti., Wijaya, I Wayan. (2019). Analisa Sistem Pembumian Pada Pembangkit Listrik Tenaga Minihydro Di Tukad Balian Kabupaten Tabanan. *Jurnal SPEKTRUM*, 6(3), 45-51
- Fitriani, A., Dhien, U. T. N., & Panjaitan, J. (t.t.). Analisis Pentanahan Gardu Induk Akibat Surja Petir Menggunakan Finite Elemen Method.
- Ginoga, S., Mt, I. H. T., & Patras, L. S. (t.t.). GROUNDING ANALYSIS OF SAWANGAN SUBSTATION EQUIPMENT WITH GRID CONSTRUCTION.
- Muljono, A. B., Nrartha, I. M. A., Sultan, S., Ginarsa, I. M., & Sasongko, S. M. A. (2019). Aplikasi Pengukuran Tahanan Pentanahan Untuk Pengamanan Tegangan Sentuh Dan Pelatihan Teknik Instalasi Listrik Bagi Masyarakat Desa Semparu Kecamatan Kopang Kabupaten Lombok Tengah. *Jurnal Gema Ngabdi*, 1(3), 77-85. <https://doi.org/10.29303/jgn.v1i3.18>
- Oktrialdi, Benny., Harahap, Partaonan. (2022). Sistem Pentanahan Berdasarkan Perbedaan Lapisan Tanah Untuk di Aplikasikan Pada Gardu Induk. *SEMNASSTEK – UISU*, 117-125.
- Van-Harten; Setiawan, E (1986). *Sterkstoom Installation I (Instalasi Listrik Arus Kuat I)*, diterjemahkan oleh Setiawan, E. Binacipta: Bandung.
- Vuyani Michel Nicholas Dladla, Agha Francis Nnachi, Rembuluwani Philip Tshubwana. (2022). "Analysis of Design Parameters on Substation Earth Grid Safety Limits", *Science Publishing Group*, 10(2): 61-72
- Sunawar, Aris. (2013). "Analisis Pengaruh Temperatur dan Kadar Garam Terhadap Hambatan Jenis Tanah". *Jurnal SETRUM*, 2(1), 16-21.