

# Analisis Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan di Gedung dan di Gardu induk pada Rumah Sakit Grand Mitra Medika Medan

Syaru Ramadhani, Yusmarato, Raja Harahap, Zulfadli Pelawi

Dosen Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UISU-Medan

[yusmartato@ft.uisu.ac.id](mailto:yusmartato@ft.uisu.ac.id); [harahap@ft.uisu.ac.id](mailto:harahap@ft.uisu.ac.id); [zulfadli.pelawi@ft.uisu.ac.id](mailto:zulfadli.pelawi@ft.uisu.ac.id)

## Abstrak

*Pentanahan merupakan salah satu faktor kunci dalam usaha pengamanan (perlindungan) sistem tenaga listrik. Adanya perbedaan beberapa nilai tahanan pengukuran pentanahan pada jenis tanah bebatuan diakibatkan karena faktor keasaman dan kadar air yang ada pada tanah, Sumatera utara sangat pengaruh pada keamanan dari sistem pentanahan yang akan dibangun. Penelitian dilakukan dengan menganalisa Perbandingan nilai tahanan pengukuran pentanahan digedung dengan menanam 3 titik batang elektroda dengan kedalaman berbeda dan melakukan system paralel dari ketiga titik elektroda tersebut dan pada pengukuran digardu induk ada 9 titik batang elektroda yang tertanam pengukuran dilakukan dengan cara tunggal tidak melakukan system paralel, pada nilai tahanan tanah 3000 ohm, jenis tanah bebatuan dengan menggunakan elektroda batang. Elektroda batang tersebut dengan panjang 3,2 meter, dengan jarak masing-masing elektroda 2 meter, pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur earth tester. Dari hasil penelitian tersebut hasil yang didapat dari perbandingan pengukuran pentanahan pada gedung dengan cara sytem paralel lebih baik (lebih kecil tahananannya) jika dibandingkan dengan pengukuran pada gardu induk non paralel. Pengukuran nilai tahanan tanah akan jauh lebih baik pada kedalaman yang maksimal dibandingkan dengan kedalaman biasa (1.280 cm) lebih baik dari 320 cm atau 1 batang elektroda.*

**Kata Kunci :** Pengukuran, Tahanan, Pentanahan, Elektroda Batang

## I. PENDAHULUAN

Sistem pentanahan belum digunakan ketika sistem tenaga masih memiliki ukuran kapasitas yang kecil (sekitar tahun 1920). Alasan saat itu karena bila ada gangguan ke tanah pada sistem, dan dimana besarnya arus gangguan sama atau kurang dari 5 ampere, maka pada kondisi demikian busur api akan padam dengan sendirinya. Arus gangguan listrik semakin sering terjadi, seiring sistem tenaga listrik yang berkembang semakin besar sangat berbahaya bagi sistem, karena bisa menimbulkan tegangan lebih transien yang sangat tinggi.

Oleh karena itu, para ahli kemudian merancang suatu sistem yang membuat sistem tenaga tidak lagi mengambang. Sistem tersebut kemudian dikenal dengan sistem pentanahan atau grounding system. Sistem pentanahan bertujuan untuk mengamankan peralatan – peralatan listrik maupun manusia yang berlokasi disekitar gangguan dengan cara mengalirkan arus gangguan ke tanah, hingga tercapai suatu nilai yang aman untuk semua kondisi operasi, baik kondisi normal maupun saat terjadi gangguan. Pada saat terjadi gangguan, arus gangguan yang dialirkan ke tanah akan menimbulkan perbedaan tegangan pada permukaan tanah yang disebabkan karena adanya tahanan tanah. Sistem pentanahan berguna untuk memperoleh tegangan potensial yang merata dalam suatu bagian struktur dan peralatan, serta untuk memperoleh jalan balik arus hubung – singkat atau arus gangguan ke tanah yang

memiliki resistansi rendah. Sebab apabila arus gangguan dipaksakan mengalir ke tanah dengan tahanan yang tinggi maka hal tersebut akan menimbulkan perbedaan tegangan yang besar sehingga dapat membahayakan. Salah satu faktor untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang kecil yaitu letak elektroda yang akan ditanam.

Pada proses perencanaan suatu jenis sistem pentanahan memerlukan suatu pengukuran tahanan pentanahan yang akan menjadi acuan proses perencanaan sistem pentanahan. Hal ini akan bermanfaat dalam perencanaan sistem pentanahan karena arus lebih dialirkan ke tanah dengan cepat pada saat terjadi gangguan listrik karena nilai tahanan pentanahan yang kecil. Selain itu adanya perbedaan jenis tanah juga sangat mempengaruhi tahanan pentanahan itu sendiri. Sehingga sangat perlu dilakukan penelitian dan percobaan yang dapat melihat sejauh mana pengaruh parameter – parameter tersebut.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/arus abnormal. Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik. Pentanahan tidak terbatas pada sistem tenaga saja, namun mencakup juga

sistem peralatan elektronik, seperti telekomunikasi, komputer, dll. Secara umum, tujuan sistem pentanahan adalah menjamin keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkah, menjamin kerja peralatan listrik/elektronik, mencegah kerusakan peralatan listrik/elektronik, dan menyalurkan energi serangan petir ke tanah. Sistem pentanahan yang digunakan baik untuk pentanahan netral dari suatu sistem tenaga listrik, pentanahan sistem penangkal petir dan pentanahan untuk suatu peralatan khususnya dibidang peralatan khususnya dibidang telekomunikasi dan elektronik perlu mendapatkan perhatian yang serius, karena pada prinsipnya pentanahan tersebut merupakan dasar yang digunakan untuk suatu sistem proteksi. Tidak jarang orang umum atau awam maupun seorang teknisi masih ada kekurangan dalam memprediksikan nilai dari suatu hambatan pentanahan. Besaran yang sangat dominan untuk diperhatikan dari suatu sistem Pentanahan adalah hambatan sistem suatu sistem pentanahan tersebut. Agar sistem pentanahan dapat bekerja secara efektif, harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut;

1. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengamanan personil dan peralatan, menggunakan rangkaian efektif.
2. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung (surge currents).
3. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk meyakinkan kontinuitas penampilannya sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
4. Menggunakan system mekanik yang kuat namun mudah pelayanan.

## 2.2 Fungsi dan Tujuan Sistem Pentanahan

Fungsi pentanahan adalah untuk mengalirkan arus gangguan kedalam tanah melalui suatu elektroda pentanahan yang ditanam dalam tanah bila terjadi gangguan. Disamping itu berfungsi juga sebagai pengaman baik bagi manusia maupun peralatan dari bahaya listrik. Tujuan system pentanahan :

1. Menjaga keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari sengatan sentuh atau sengatan langkah
2. Menjamin kerja peralatan listrik/elektronik
3. Mencegah kerusakan peralatan listrik/elektronik
4. Menyalurkan energi serangan petir ketanah
5. Menstabilkan tegangan dan memperkecil kemungkinan terjadinya *flashover*.

## 2.3 Standart Grounding Listrik

Supaya grounding yang dipasang bisa menghantarkan listrik ke bumi idealnya adalah kabel penghantar harus benar-bener terhubung

tanpa resistansi ke tanah namun pada prakteknya sangat sulit untuk bisa mendapatkan grounding yang 100% bisa trhubung ke bumi oleh karena itu dibuatlah standart resistansi atau hambatan maksimum kabel grounding ke bumi oleh karena itu dibuatlah standart resistansi atau hambatan maksimum kabel grounding ke bumi sebesar 5 Ohm yang mengacu ke puil 2000 yang masih berlaku hingga saat ini.

Nilai antara 0-5 Ohm adalah nilai hambatan yang diperbolehkan sedangkan lebih dari itu tidak bisa mendapat pengesahan dari PLN selaku otoritas kelistrikan.

Namun tentu saja nilai resistansi ini tidaklah mutlak karena bergantung juga dari lokasi dan jenis tanahnya. Sebagai tambahan dari segi teknik juga tinggi grounding sangat merugikan karena listrik statis tidak langsung tersalurkan ke bumi dan kebocoran arus bias merusak komponen elektronika khususnya yang peka terhadap listrik statis. Lalu bagaimana jika instalasi grounding sudah dipasang namun ternyata resistansi yang didapat belum sesuai, tentunya tidak mungkin untuk membongkar instalasi yang sudah dilakukan?

Biasanya bisa dilakukan dengan beberapa teknik di bawah ini :

- a. Membuat system paralel dengan jalur grounding baru
- b. Menambah kedalaman penghantar grounding
- c. Memperlebar luas penampang penghantar grounding.

Suatu hal lagi yang wajib untuk diketahui adalah grounding untuk instalasi rumah dengan grounding untuk penangkal petir haruslah dipisahkan walaupun sifatnya sama untuk melindungi peralatan listrik. Pada instalasi grounding untuk rumah biasanya terminal grounding akan di pasang di kwh meter sedangkan pada instalasi grounding penangkal petir akan di hubungkan langsung ke unit penangkal petir yang berupa tiang ditempatkan ditempat yang tinggi. Untuk terminal ke pentanahan nya tetap sama ke bumi namun tetap di pisahkan minimal dengan jarak 10 meter.

## 2.4 Pengertian Alat Ukur Earth Tester

Earth Tester adalah alat untuk mengukur nilai resistansi dari grounding, Besarnya tahanan tanah sangat penting untuk diketahui sebelum dilakukan pentanahan dalam sistem pengaman dalam instalasi listrik. Untuk mengetahui besar tahanan tanah pada suatu area digunakan dengan alat ukur penampil analog. Hasil pengukuran secara analog sering terjadi kesalahan dalam pembacaan hasil pengukurannya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, di rancanglah suatu alat ukur tahanan tanah digital yang memiliki kemudahan dalam pembacaan nilai tahanan yang diukur. Alat ukur ini penampilnya menggunakan digital pada segmen-segmen, sehingga dengan mudah menyimpan data-data yang terukur. Perancangan alat ukur tahanan

tanah digital ini menggunakan tiga batang elektroda yang ditanahkan yaitu elektroda E (Earth), elektroda P (Potensial) dan elektroda C (current). Tujuan penggunaan tiga batang elektroda tersebut adalah untuk mengetahui sejauh mana tahanan dapat mengalirkan arus listrik. Alat ukur tahanan tanah ini terdiri dari beberapa blok diagram rangkaian, antara lain rangkain osilator, rangkaian tegangan input, rangkaian arus input, mikrokontroler dan rangkaian penampil. Sebelum hasil pengukuran ditampilkan ke LCD, data diolah dirangkaian mikrokontroler. Keuntungan dengan menggunakan mikrokontroler ini yaitu keluaran dari rangkaian input ini dibelum masuk ke LCD bias diatur. Sehingga, perancangan alat ukur tahanan tanah digital ini dapat mengukur tahanan tanah dengan teliti dan akurat. Pengukuran tahanan tanah juga bergantung pada kondisi tanah itu sendiri. Pengukuran tahanan tanah dilakukan dengan membandingkan alat ukur rakitan dengan alat ukur yang sudah ada dengan merek Kyoritsu Earth Tester Digital . Selisih nilai pengukuran antara alat ukur rakitan dengan alat ukur yang sudah ada adalah sebesar 0,31 ohm.

**2.5 Alat Ukur Eart Tester Yang di Gunakan**

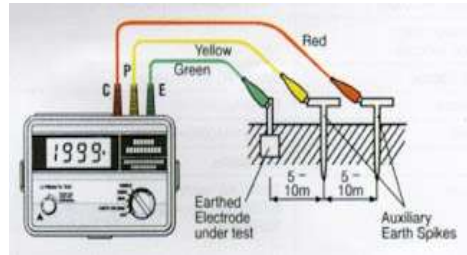


**Gambar 1. Alat Ukur Earth Tester**

Earth Tester yang saya gunakan dan spesifikasinya sebagai berikut:

- Merek : KYORITSU
- Sumber Tenaga : 9 V DC jenis baterai R6P (SUM-3) x 6
- Jenis : Digital Earth Resistance Tester 4105 A

**Cara Pengukuran Menggunakan Earth Tester**



**Gambar 2. Cara Menggunakan Earth Tester**

**2.6 Elektroda Pentanahan Dan Tahanan Pentanahan**

Tahanan pentanahan harus sekecil mungkin untuk menghindari bahaya- bahaya yang ditimbulkan oleh adanya arus gangguan tanah. Nilai standar mengacu pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik atau PUIL 2000 (peraturan yang sesuai dan berlaku hingga saat ini) yaitu kurang dari atau sama dengan 5 (lima) ohm. Dijelaskan bahwa nilai sebesar 5 ohm merupakan nilai maksimal atau batas tertinggi dari hasil resistan pembumian (grounding) yang masih bisa ditoleransi. Nilai yang berada pada range 0 ohm - 5 ohm adalah nilai aman dari suatu instalasi pembumian grounding. Nilai tersebut berlaku untuk seluruh sistem dan instalasi yang terdapat pembumian (grounding) di dalamnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi besar tahanan pentanahan adalah :

**Bentuk Elektroda**

Elektroda pentanahan adalah penghantar yang ditanam dalam tanah dan membuat kontak langsung dengan tanah. Adanya kontak langsung tersebut bertujuan agar diperoleh pelaluan arus yang sebaik-baiknya apabila terjadi gangguan sehingga arus tersebut disalurkan ketanah. Menurut PUIL (2000), elektroda adalah pengantar yang ditanamkan ke dalam tanah yang membuat kontak langsung dengan tanah. Untuk bahan elektroda pentanahan biasanya digunakan bahan tembaga, atau baja yang bergalvanis atau dilapisi tembaga.

**Elektroda Batang**

Elektroda batang yaitu elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah. Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kali digunakan dan teori-teori berawal dari elektroda jenis ini. Elektroda ini banyak digunakan pada gardu induk. Secara teknis, elektroda jenis ini mudah pemasangannya dan tidak memerlukan lahan yang luas. Elektroda batang biasanya ditanam dengan kedalaman yang cukup dalam. Elektroda batang ini mudah pemasangannya, yaitu tinggal memancangkannya ke dalam tanah. elektroda batang ini mampu menyalurkan arus discharger petir maupun untuk petanahan yang lain.



**Gambar 3. Batang Tembaga untuk pentanahan**

Spesifikasi *copper rod*/ elektroda batang yang digunakan yaitu :

- Berbentuk batang, dibuat dari baja galvanis atau baja berlapis dengan ukuran panjang yang digunakan 3,2 meter, dengan ukuran elektroda 1,58 cm atau utuh sepanjang yang tertanam didalam tanah.
- Ditanam dalam tanah secara horizontal Pada umumnya ditanam dalam tanah yang lembek atau tanah bebatuan (tanah rawah atau sawah) dengan cara di pantek dikarenakan tanah yang lembek tadi.
- Penanaman elektroda batang ketanah dengan resistansi jenis tanah bebatuan 3000 ohm meter dengan kedalaman 5 meter akan menghasilkan tahanan pembedaan 20 ohm.. Untuk menghasilkan tahanan yang lebih rendah sesuai dengan yang diinginkan maka biasa digunakan beberapa elektroda batang yang diparalel di permukaan tanah.

Rumus tahanan pentanahan untuk elektroda Batang –Tunggal :

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

Di mana :

R = Tahanan pentanahan untuk batang tunggal (ohm)

P = Tahanan jenis tanah (ohm-meter)

L = Panjang elektroda (meter)

A = Diameter Elektroda (meter) Rumus tahanan pentanahan untuk 2 elektroda batang :

Untuk  $s < L$ ; jarak antar elektroda s

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

Untuk  $s > L$  ; jarak s

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left( 1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \right)$$

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini penulis melakukan obserpasi mengumpulkan data disistem tahanan pengukuran dan perbandingan nilai tahanan pentanahan pada gedung yang mlakukan siystem paralel dan digardu induk non paralel untuk Melakukan analisis data berdasarkan perhitungan dan perbandingan dengan teori yang berhubungan dengan masalah perhitungan tahanan pentanahan, sistem pentanahan, nilai tahanan pentanahan.

#### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian pengambilan data ini dilakukan di pembangunan Gedung bertingkat yaitu Rumah Sakit Grand Mitra Medika yang berlokasi di jalan Letjen S Parman nomor 236, Kelurahan Petisah Tengah, Kecamatan Medan Petisah, Kota Medan dengan jumlah lantai gedung 27 lantai berukuran 36 x 40 meter dan tiga basement berukuran 36 x 44 meter. Tinggi bangunan dari permukaan tanah 98,50 m sesuai dengan surat Rekomendasi Ketinggian No.SRK/06/III/2017, Luas bangunan 26,029 m<sup>2</sup> dan Pagar 358 m<sup>2</sup> Fungsi bangunan Sosial dan Budaya (Gambar 4).



**Gambar 4. Gedung Rumah Sakit Grand Mitra Medika Medan**

Penelitian ini untuk menjawab permasalahan didalam ini, yaitu untuk mendapatkan hasil penelitian pengukuran dan perhitungan pentanahan pada gedung jenis tanah bebatuan dengan penanaman 3 (tiga) titik batang elektroda yang tertanam secara vertical dengan melakukan sistem paralel, dan melakukan pengukuran pada gardu induk dengan penanaman 9 (sembilan) titik batang elektroda yang tertanam dan tidak melakukan sistem paralel, dengan jarak masing-masing kedua pengukuran batang elektroda yang tertanam tersebut 2 (meter).

Peneliti hanya membandingkan hasil dari pengukuran pentanahan pada gedung dan gardu induk yang berbeda pada 2 metode sistem paralel dan non paralel, berdasarkan persyaratan pentanahan PUIL (2000) adalah  $\leq 5 \Omega$ .

**Bahan Dan Alat**

Adapun di dalam penelitian ini bahan-bahan yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. Elektroda batang pentanahan (cooper rod) dengan panjang perbatang 3,2 m dan lebar jari-jari batang 1,58 cm.
2. Tanah Bebatuan pada area pengukuran gedung dan gardu induk dengan tahanan jenis pentanahan 3000 ohm.

Sedangkan peralatan-peralatan yang dibutuhkan dalam proses penelitian ini berlangsung ialah sebagai berikut :

1. Satu set alat ukur Eart Resistance Tester digunakan untuk mengukur tahanan pentanahan.
2. Kabel NYM ukuran 2 x 1.5 50 M Sni, kabel listrik isi 3, Isi Kawat Besar
3. Mesin Bor, dan kabel-kabel penghubung

**IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Analisis Hasil Pengukuran**

Analisa perhitungan penelitian dilakukan untuk mengetahui berapa tahanan dari satu batang elektroda dengan kedalaman berbeda-pada jenis tanah bebatuan dengan nilai tahanan jenis tanah 3000 ohm, Dan pngukuran pntanahan dilakukan dengan 3 (tiga) titik batang elektroda yang tertananm dengan jarak masing-masing 200 cm, dan melakukan sisitem parale dari ketiga titik batang elektroda tersebut.

4.1.1 Perhitungan tahanan pentanahan untuk kedalaman penanaman satu batang elektroda.

- a. Pehitungan pengukuran pada titik 1 : Mencari nilai R.....?

Diketahui :

$$\begin{aligned} \rho &= 3000 \Omega\text{cm} \\ a &= 1,58 \text{ cm} \\ \pi &= 3,14 \end{aligned}$$

➤ Untuk L = 1280 cm

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

$$R = \frac{3000}{2 \times 3,14 \times 1280} \times \left( \ln \frac{4 \times 1280}{1,58} - 1 \right)$$

$$\begin{aligned} R &= 0,37 \times 4,4 \\ R &= 1,62 \Omega \end{aligned}$$

- b. Perhitungan pengukuran pada titik 2 :

$$\begin{aligned} \rho &= 3000 \Omega\text{cm} \\ a &= 1,58 \text{ cm} \\ \pi &= 3,14 \end{aligned}$$

➤ Untuk L = 960 cm

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

$$R = \frac{3000}{2 \times 3,14 \times 960} \times \left( \ln \frac{4 \times 960}{1,58} - 1 \right)$$

$$\begin{aligned} R &= 0,49 \times 4,22 \\ R &= 2,06 \Omega \end{aligned}$$

- c. Perhitungan pengukuran pada titik 3 :

$$\begin{aligned} \rho &= 3000 \Omega\text{cm} \\ a &= 1,58 \text{ cm} \\ \pi &= 3,14 \end{aligned}$$

➤ Untuk L = 640 cm

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

$$R = \frac{3000}{2 \times 3,14 \times 640} \times \left( \ln \frac{4 \times 640}{1,58} - 1 \right)$$

$$\begin{aligned} R &= 0,74 \times 3,96 \\ R &= 2,93 \Omega \end{aligned}$$

4.1.2 Hasil pengukuran pentanahan pada gedung Hasil pengukuran yang telah didapat seperti pada gambar berikut:

- a. Pada saat titik 1



Gambar 5. Hasil pengukuran pada gedung titik 1

Gambar 5 Hasil pengukuran pada gedung pada saat titik 1 menunjukkan hasil yang didapat setelah selesai melakukan pengukuran tunggal sebesar 1,63 ohm.

- b. Pada saat titik 2



Gambar 6. Hasil pengukuran pada gedung titik 2

Gambar 6 pada saat titik 2 menunjukkan hasil yang didapat setelah selesai melakukan pengukuran tunggal sebesar 2,79 ohm.

- c. Pada saat titik 3



Gambar 7. Hasil pengukuran pada gedung titik 3

Gambar 7 pada saat titik 3 menunjukkan hasil yang didapat setelah selesai melakukan pengukuran tunggal sebesar 3,58 ohm.

#### 4.2 Analisa

Analisa perhitungan penelitian dilakukan untuk mengetahui berapa tahanan dari satu batang elektroda dengan kedalaman berbeda-pada jenis tanah bebatuan dengan nilai tahanan jenis tanah 3000 ohm. Pengukuran dilakukan dengan cara tunggal tidak melakukan sistem paralel, banyak elektroda yang terpasang ada 9 (sembilan) titik penanaman,.

4.2.1 Perhitungan tahanan pentanahan untuk kedalaman penanaman satu batang elektroda pada gardu induk.

a. Pehitungan pengukuran pada titik 1 :

Mencari nilai R.....?

Diketahui :

$$\rho = 3000 \Omega\text{cm}$$

$$a = 1,58 \text{ cm}$$

$$\pi = 3,14$$

$$s = 200 \text{ cm}$$

➤ Untuk L = 1920 cm

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

$$R =$$

$$\frac{3000}{2 \times 3,14 \times 1920} \times \left( \ln \frac{4 \times 1920}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = 0,24 \times 4,65$$

$$R = 1,11 \Omega$$

b. Pehitungan pengukuran pada titik 2 :

➤ Untuk L = 1600 cm

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

$$R =$$

$$R = \frac{3000}{2 \times 3,14 \times 1600} \times \left( \ln \frac{4 \times 1600}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = 0,29 \times 4,54$$

$$R = 1,31 \Omega$$

c. Pehitungan pengukuran pada titik 3 :

➤ Untuk L = 1280 cm

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

$$R =$$

$$R = \frac{3000}{2 \times 3,14 \times 1280} \times \left( \ln \frac{4 \times 1280}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = 0,37 \times 4,4$$

$$R = 1,62 \Omega$$

d. Pehitungan pengukuran pada titik 4 :

➤ Untuk L = 1280 cm

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

$$R =$$

$$R = \frac{3000}{2 \times 3,14 \times 1280} \times \left( \ln \frac{4 \times 1280}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = 0,37 \times 4,4$$

$$R = 1,62 \Omega$$

e. Pehitungan pengukuran pada titik 5 :

➤ Untuk L = 1280 cm

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

$$R =$$

$$R = \frac{3000}{2 \times 3,14 \times 1280} \times \left( \ln \frac{4 \times 1280}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = 0,37 \times 4,4$$

$$R = 1,62 \Omega$$

f. Pehitungan pengukuran pada titik 6 :

➤ Untuk L = 1280 cm

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

$$R =$$

$$R = \frac{3000}{2 \times 3,14 \times 1280} \times \left( \ln \frac{4 \times 1280}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = 0,37 \times 4,4$$

$$R = 1,62 \Omega$$

g. Pehitungan pengukuran pada titik 7 :

➤ Untuk L = 1280 cm

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

$$R =$$

$$R = \frac{3000}{2 \times 3,14 \times 1280} \times \left( \ln \frac{4 \times 1280}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = 0,37 \times 4,4$$

$$R = 1,62 \Omega$$

h. Pehitungan pengukuran pada titik 8 :

➤ Untuk L = 960 cm

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

$$R =$$

$$R = \frac{3000}{2 \times 3,14 \times 960} \times \left( \ln \frac{4 \times 960}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = \frac{3000}{6028,8} \times (5,22 - 1)$$

$$R = 0,49 \times 4,22$$

$$R = 2,06 \Omega$$

i. Pehitungan pengukuran pada titik 9 :

➤ Untuk L = 960 cm

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

$$R =$$

$$R = \frac{3000}{2 \times 3,14 \times 960} \times \left( \ln \frac{4 \times 960}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = 0,49 \times 4,22$$

$$R = 2,06$$

4.2.2 Hasil pengukuran pentanahan pada gardu induk pada sembilan titik batang elektroda yang tertanam dengan pengukuran tunggal.

Hasil pengukuran yang telah didapat seperti pada gambar berikut:

a. Pada saat titik 1



**Gambar 8. Hasil pengukuran pada gardu induk titik 1**

Gambar 8 menunjukkan hasil pengukuran pada saat titik 1 dengan menggunakan earth tester. Hasil yang didapat yaitu sebesar 2.09 ohm, skala 20 Ω.

b. Pada saat titik 2



**Gambar 9. Hasil pengukuran pada gardu induk titik 2**

Gambar 9 menunjukkan hasil pengukuran pada saat titik 2 dengan menggunakan earth tester. Hasil yang didapat yaitu sebesar 2.89 ohm, skala 20 Ω.

c. Pada saat titik 3



**Gambar 10. Hasil pengukuran pada gardu induk titik 3**

Gambar 10 menunjukkan hasil pengukuran pada saat titik 3 dengan menggunakan earth tester. Hasil yang didapat yaitu sebesar 2.70 ohm, skala 20 Ω.

d. Pada saat titik 4



**Gambar 11. Hasil pengukuran pada gardu induk titik 4**

Gambar 11 menunjukkan hasil pengukuran pada saat titik 4 dengan menggunakan earth tester. Hasil yang didapat yaitu sebesar 3,38 ohm, skala 20 Ω.

e. Pada saat titik 5



**Gambar 12. Hasil pengukuran pada gardu induk titik 5**

Gambar 12 menunjukkan hasil pengukuran pada saat titik 5 dengan menggunakan earth tester. Hasil yang didapat yaitu sebesar 3,67 ohm, skala 20 Ω.

f. Pada saat titik 6



**Gambar 13. Hasil pengukuran pada gardu induk titik 6**

Gambar 13 menunjukkan hasil pengukuran pada saat titik 6 dengan menggunakan earth tester. Hasil yang didapat yaitu sebesar 2,52 ohm, skala 20 Ω.

g. Pada saat titik 7



**Gambar 14. Hasil pengukuran pada gardu induk titik 7**

Gambar 14 menunjukkan hasil pengukuran pada saat titik 7 dengan menggunakan earth tester. Hasil yang didapat yaitu sebesar 3,57 ohm, skala 20 Ω.

h. Pada saat titik 8



**Gambar 15.** Hasil pengukuran pada gardu induk titik 8

Gambar 15 menunjukkan hasil pengukuran pada saat titik 8 dengan menggunakan earth tester. Hasil yang didapat yaitu sebesar 3,26 ohm, skala 20 Ω.

i. Pada saat titik 9



**Gambar 16.** Hasil pengukuran pada gardu induk titik 9

Gambar 16 menunjukkan hasil pengukuran pada saat titik 9 dengan menggunakan earth tester. Hasil yang didapat yaitu sebesar 3,09 ohm, skala 20 Ω.

**4.3 Analisa Perbandingan Pengukuran Pentanahan Di Gedung dan DI Gardu Induk.**

Setelah melaksanakan pengukuran gedung dan perhitungan pentanahan terhadap jenis tanah bebatuan yang nilai tahanan tanahnya 3000 ohm, dengan kedalaman yang berbeda dan melakukan sistem paralel ditiga titik elektroda yang tertanam pada area gedung dan sembilan titik pengukuran tunggal pada area gardu induk maka terdapat hasil dan perbandingan antara nilai pengukuran tersebut yang dinyatakan di dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil pengukuran pada gedung setelah diparalel (Tahanan Tanah 3000 ohm)

No	Kedalaman (cm)	Hasil setelah ketiganya diparalel
1	Titik 1 : 12,8	
2	Titik 2 : 9,6	0,89
3	Titik 3 : 6,4	

**Tabel 2.** Hasil pengukuran pada gardu induk tidak melakukan paralel atau tunggal (Tahanan tanah 3000 ohm)

No	Kedalaman (cm)	Hasil pengukuran tunggal (ohm)
1	Titik 1 : 19,2	2,09
2	Titik 2 : 16,0	2,89
3	Titik 3 : 12,8	2,70
4	Titik 4 : 12,8	3,38
5	Titik 5 : 12,8	3,62
6	Titik 6 : 12,8	1,62
7	Titik 7 : 12,8	1,62
8	Titik 8 : 9,6	3,26
9	Titik 9 : 9,6	3,09

Pada Tabel 1 dan 2 terlihat hasil dari pengukuran pada gedung dengan menanam 3 (tiga) titik batang elektroda dengan jarak masing-masing 200 cm dengan jenis tanah bebatuan dengan tahanan tanah sebesar 3000 ohm, yang ditanam dan melakukan pengukuran dengan cara paralel hasil yang didapat saat pengukuran adalah 0,89 Ohm hasilnya lebih kecil jika dibandingkan dengan pengukuran pada gardu induk ada 9 (sembilan) titik elektroda yang tertanam tidak melakukan dengan cara paralel atau pengukuran tunggal hasil yang didapat jauh berbeda dari yang diparalelkan pada area pengukuran gedung, yaitu pada titik satu pengukuran hasil yang didapat 2,09 ohm, pada titik dua 2,89 ohm, pada titik tiga 2,70 ohm, pada titik empat 3,38 ohm, pada titik lima 3,62 ohm, pada titik enam 2,52 ohm, pada titik tujuh 3,57 ohm, pada titik delapan 3,26 ohm, pada titik ke sembilan 3,09 ohm.

**V. KESIMPULAN**

**5.1 Kesimpulan**

Setelah melakukan tinjauan pustaka dan melakukan pengujian serta menganalisa, maka sistem perbandingan nilai tahanan pentanahan antara pengukuran pada gedung dan di gardu induk pada jenis tanah bebatuan dapat disimpulkan :

1. Ternyata dari pengukuran yang dilakukan dengan memparalelkan ketiga elektroda pada pengukuran digedung akan mendapatkan hasil yang lebih baik yaitu 0,89 Ohm, jika dibandingkan yang tidak melakukan sistem paralel pada pengukuran di gardu induk dengan pengukuran tunggal hasil yang didapat adalah  $\geq 2,09$  ohm, .
2. Pengukuran tahanan pentanahan akan jauh lebih baik pada kedalaman yang maksimal dibandingkan dengan kedalaman biasa (1.280 cm) lebih baik dari 320 cm per 1 batang elektroda.



3. Pengukuran tahanan pentanahan ini menggunakan Digital Earth Tester Resistance Tester dengan merk KYORITSU.
4. Peneliti hanya membandingkan hasil pengukuran pentanahan dengan menggunakan sistem paralel dan non paralel atau tunggal, dan nilai pentanahan yang telah diukur dilapangan berdasarkan PUIL 2000.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggoro, B. 2002. *Kontur Potensial Tanah di Sekitar Konduktor Pengetanahan*. Yogyakarta: FOSTU.
- [2] Anshory, I., Robandi, I. dan Wirawan. 2016. *Monitoring and optimization of speed settings for Brushless Direct Current (BDC) using Particle Swarm Optimization (PSO)*. *Symposium on IEEE Region 10, TENSYP*. 9 Mei 2016, Bali, Indonesia. pp. 243-248.

- [3] Badan Standardisasi Nasional. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. Jakarta: BSN.
- [4] Dermawan, Arif. 2008. *Analisa Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan Yang Ditanam Di Tanah Dan Septic tank Pada Perumahan Semarang*.
- [5] Hutaeruk, T.S. 1999. *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga.
- [6] Jamaluddin dan Robandi, I., 2016, *Short term load forecasting of Eid Al Fitr holiday by using interval type-2 fuzzy inference system (case study: electrical system of Java Bali in Indonesia)*. *Symposium on IEEE Region 10, TENSYP*. 9 Mei 2016, Bali, Indonesia. pp. 237-242.
- [7] Siregar, R. 2012. *Tambak Udang Sidoarjo Studi Kasus Perikanan dari Mencemari ke Organik*. Walhi.