

Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang Pada Media Tanah Rawa, Pasir, Dan Liat Di Area Kota Ambon

Johanis Tupalessy

Teknik Listrik – Politeknik Negeri Ambon

Johantupa82@gmail.com

Abstract--Thus it was concluded that the resistance value was greatly influenced by the type of soil, the depth of the electrodes planted, and the number of electrodes. Meanwhile, the grounding resistance value is a benchmark for whether or not the installed grounding system is good. The grounding resistance value is greatly influenced by the type of soil and the depth of the grounding electrode. Therefore, measurements were carried out with the aim of determining the value of grounding resistance in soil with different soil types. Measurements were carried out with varying electrode planting depths of 20 cm – 100 cm in swamp, sand and clay soil conditions. The results of the research show the influence of soil type on the value of grounding resistance where different values are obtained for the three types of soil conditions. Furthermore, there is a decrease in the value of grounding resistance with each increase in the depth of the electrode planting distance. And the effect of the number of electrodes, where the results using two electrode rods in a parallel system, resulted in a grounding resistance value that was two times smaller than using a single electrode. Thus it was concluded that the resistance value was greatly influenced by the type of soil, the depth of the electrodes planted, and the number of electrodes.

Keywords: Earth resistance, soil type, distance and depth of planting

Abstrak--Sistem pentanahan merupakan salah satu faktor penting dalam usaha pengamanan (perlindungan) dalam sebuah sistem tenaga listrik. Secara umum, sistem pentanahan bertujuan untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik dan menjamin keselamatan manusia maupun makhluk hidup lain disekitar dari gangguan dan sengatan listrik dengan cara mengalirkan arus gangguan ke tanah. Sementara itu, nilai tahanan pentanahan merupakan tolak ukur baik atau tidaknya suatu sistem pentanahan yang terpasang. Nilai tahanan pentanahan sangat dipengaruhi oleh jenis tanah dan kedalaman tanam elektroda pembedaan. Oleh karena itu dilakukan pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai tahanan pentanahan pada tanah dengan kondisi jenis tanah yang berbeda. Pengukuran dilakukan dengan variasi kedalaman tanam elektroda 20 cm – 100 cm pada kondisi jenis tanah rawa, pasir, dan liat. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh jenis tanah terhadap nilai tahanan pentanahan dimana pada ketiga kondisi jenis tanah didapatkan nilai yang berbeda- beda. Selanjutnya terjadi penurunan nilai tahanan pentanahan setiap kenaikan dari kedalaman jarak tanam elektroda. Dan pengaruh jumlah elektroda, dimana pada hasil dengan menggunakan dua batang elektroda dengan sistem paralel, didapatkan hasil nilai tahanan pentanahan yang dua kali lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan elektroda tunggal. Demikian diperoleh kesimpulan bahwa nilai tahanan sangat dipengaruhi oleh jenis tanah, kedalaman elektroda yang ditanam, dan jumlah elektroda.

Kata kunci: Tahanan pentanahan, jenis tanah, jarak dan kedalaman penanaman

I. PENDAHULUAN

Sistem Pentanahan adalah suatu rangkaian atau jaringan mulai dari kutub pentanahan atau elektroda, hantaran penghubung sampai terminal pentanahan yang berfungsi untuk menyalurkan arus lebih ke bumi atau tanah dengan tujuan agar suatu peralatan dapat terhindar dari tegangan asing seperti hubung singkat atau arus bocor sehingga peralatan dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang semestinya.

Sistem petanahan 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. [7]

Arus gangguan listrik terjadi semakin besar, 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 kemudian menjadi salah satu faktor penting dalam usaha pengamanan (perlindungan) sistem tenaga listrik saat terjadi gangguan yang disebabkan oleh arus lebih dan tegangan lebih. Pada saat terjadi gangguan di sistem tenaga listrik, adanya sistem pembumian menyebabkan arus gangguan dapat cepat dialirkan ke dalam tanah dan disebarkan kesegala arah. Arus gangguan ini menimbulkan gradient tegangan antara peralatan dengan peralatan, peralatan dengan tanah, serta pada permukaan tanah itu sendiri. Besarnya gradien tegangan pada permukaan tanah itu tergantung pada tahanan jenis tanah. Salah satu usaha untuk memperkecil gradient tegangan permukaan tanah yaitu dengan suatu elektroda pembumian yang ditanam kedalam tanah.

Nilai tahanan pembumian sangat dipengaruhi oleh jenis tanah dan kedalaman tanam elektroda pembumian. Oleh karena itu penulis ingin melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai tahanan pembumian berdasarkan pada jarak kedalaman tanam dan jenis tanah dengan judul “Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang (Rod) Pada Media Tanah Rawa, Tanah Pasir, Dan Tanah Liat Di Area Kota Ambon.”

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Pentanahan.

Sistem Pentanahan adalah suatu rangkaian atau jaringan mulai dari kutub pentanahan atau elektroda, hantaran penghubung sampai terminal pentanahan yang berfungsi untuk menyalurkan arus lebih ke bumi atau tanah dengan tujuan agar suatu peralatan dapat terhindar dari tegangan asing seperti hubung singkat atau arus bocor sehingga peralatan dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang semestinya [1].

Salah satu faktor kunci dalam setiap usaha pengamanan (perlindungan) suatu bangunan adalah sistem pentanahan. Tindakan pengamanan ini dimaksudkan untuk mencegah bahaya kecelakaan atau kebakaran yang diakibatkan oleh hubung singkat atau tegangan asing lainnya. Apabila suatu tindakan pengamanan (perlindungan) yang baik akan dilaksanakan, maka harus ada sistem pentanahan yang dirancang dengan benar sesuai dengan peraturan yang berlaku.

2.2. Macam-macam Pentanahan

Sistem pentanahan pada kelistrikan dibagi menjadi 3 (tiga) macam yaitu sebagai berikut:

1. Sistem yang ditanahkan.
2. Sistem yang tidak ditanahkan.
3. Sistem pentanahan pada peralatan.

2.3. Tahanan Jenis Tanah

Dari rumus untuk menentukan tahanan tanah dari suatu elektroda yaitu $R = \frac{\rho}{2\pi r}$ terlihat bahwa tahanan pentanahan berbanding lurus dengan besarnya ρ . Untuk berbagai tempat harga ρ ini tidak sama dan tergantung pada beberapa faktor:

1. Sifat geologi tanah
2. Komposisi zat kimia
3. Kandungan air
4. Kelembaban tanah
5. Temperatur
6. Selain itu faktor musim juga mempengaruhinya.

Untuk menentukan kebenaran tahanan jenis tanah itu dilihat pada IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) std. 81 – 198 [6]

2.4. Elektroda Pentanahan

Dalam sistem pentanahan sangat diperlukan elektroda pentanahan. Yang dimaksud dengan elektroda pentanahan adalah penghantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi, yang mana macam dan bentuk elektroda yang digunakan dipilih sedemikian rupa sehingga tahanan pentanahan yang dihasilkan lebih kecil daripada yang diperbolehkan atau diizinkan [3]. Untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang serendah mungkin memiliki beberapa persyaratan elektroda yang harus dipatuhi adalah:

1. Tahanan elektroda pentanahan harus lebih kecil daripada harga yang direkomendasikan.
2. Elektroda pentanahan harus mampu dialiri arus hubung singkat yang besar.
3. Elektroda pentanahan harus mempunyai sifat kimia yang baik sehingga tidak mudah mengalami korosi.

2.5. Tahanan Pentanahan

Tahanan pentanahan merupakan hal yang tidak boleh diabaikan dalam pemasangan jaringan instalasi listrik. Sebaliknya, jika pentanahan yang baik tidak hanya sekedar untuk keselamatan tetapi juga digunakan untuk mencegah kerusakan peralatan industri. Sistem pentanahan yang baik akan meningkatkan reliabilitas peralatan dan mengurangi kemungkinan kerusakan akibat petir dan arus gangguan[5]. Miliyaran uang telah hilang tiap tahunnya di tempat kerja karena kebakaran akibat listrik. Kerugian – kerugian di atas tidak termasuk biaya pengadilan dan hilangnya produktivitas individu dan perusahaan.

2.5.1. Pengukuran Tahanan Pentanahan

Pengukuran tahanan pentanahan dilakukan dengan tahapan pengukuran sebagai berikut:

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan.
2. Mengecek tegangan baterai dengan menghidupkan digital *Earth Tester*. Jika layar tampak bersih tanpa simbol baterai lemah berarti kondisi baterai dalam keadaan baik. Jika layar menunjukkan simbol baterai lemah atau bahkan layar dalam keadaan gelap berarti baterai perlu diganti.
3. Membuat rangkaian pengujian dengan menanam elektroda utama dan elektroda bantu. Menanam elektroda dengan memukul kepala elektroda menggunakan palu, jika menjumpai lapisan tanah yang keras sebaiknya jangan memaksakan penanaman elektroda.
4. Menentukan jarak antar elektroda bantu minimal 5 meter dan maksimal 10 meter.
5. Mengukur tegangan tanah dengan mengarahkan *range switch* ke *earth voltage* dan pastikan bahwa nilai indikator 10 V atau kurang. Jika *earth voltage* bernilai lebih tinggi dari 10 V diperkirakan akan terjadi banyak kesalahan dalam nilai pengukuran tahanan.
6. Mengecek penghubung atau penjepit pada elektroda utama dan elektroda bantu dengan mensetting *range switch* ke 2000 Ω dan tekan tombol “PRESS TO TEST”. Jika tahanan elektroda utama terlalu tinggi atau menunjukkan simbol “...” yang berkedip maka perlu dicek penghubung atau penjepit pada elektroda utama.
7. Melakukan pengukuran. Mensetting *range switch* ke posisi yang diinginkan dan tekan tombol “PRESS TO TEST” selama beberapa detik.
8. Mencatat nilai ukur tahanan yang muncul dari Digital *Earth Tester*.
9. Mengembalikan posisi tombol “PRESS TO TEST” ke posisi awal.
10. Melakukan pengujian tahanan untuk kedalaman elektroda utama yang berbeda dengan Langkah 3,7, 8,9.
11. Tahapan yang sama untuk kondisi tanah yang berbeda.

2.5.2. Posisi Elektroda Bantu dalam Pengukuran

Dalam setiap pengukuran diinginkan hasil pengukuran yang presisi. Apa artinya sebuah data bila tidak mendekati kebenaran. Salah satu faktor yang mempengaruhi ketelitian dalam pengukuran tahanan pentanahan ini adalah letak elektroda bantu yang digunakan dalam pengukuran.

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang presisi adalah dengan meletakkan elektroda bantu- arus Z cukup jauh dari elektroda yang diukur tahanannya, X, sehingga elektroda bantu-tegangan Y berada diluar daerah yang disebut daerah resistansi efektif dari kedua elektroda (elektroda pentanahan dan elektroda bantu-arus) . Sebaliknya, bila diperoleh hasil pengukuran yang relative sama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9, maka elektoda Y berada diluar daerah resistasi efektif dan hasilnya presisi. Dalam artian bahwa inilah tahanan elektroda X yang paling tepat.

2.5.3. Faktor – Faktor yang Menentukan Tahanan Pentanahan

Tahanan pentanahan suatu elektroda tergantung pada tiga faktor:

1. Tahanan elektroda itu sendiri dan penghantar yang menghubungkan ke peralatan yang ditanahkan.
2. Tahanan kontak antara elektroda dengan tanah.
3. Tahanan dari massa tanah sekeliling elektroda.

2.5.4. Menghitung Tahanan Pentanahan

Persamaan-persamaan untuk tahanan tanah dari berbagai sistem elektroda cukup rumit, dan dalam beberapa hal dapat dinyatakan dengan pendekatan- pendekatan. Semua pernyataan dalam persamaan-persamaan itu diperoleh dari hubungan $R = \frac{\rho L}{A}$ dan didasarkan pada asumsi bahwa tahanan tanah seragam pada seluruh volume tanah, kendati hal ini tidak mungkin atau sangat jarang ada.

2.5.5. Nilai Tahanan Pentanahan yang Baik

Idealnya suatu pentanahan mempunyai nilai tahanan 0 (nol) Ohm. Adapun standar mengenai ambang batas nilai tahanan pentanahan berdasarkan pada SPLN 3 : 1978 mengenai Pentanahan Jaring Tegangan Rendah PLN dan Pentanahan Instalansi serta PLN Buku 1 Kriteria Desain Engineering Konstruksi Jaringan Distribusi dan PUIL 2000 (3.13.2.10 Hal. 68) merekomendasikan bahwa nilai tahanan pentanahan tidak boleh lebih dari 5 Ohm. Adapun untuk daerah yang tahanan jenis tanahnya sangat tinggi, tahanan pembumian total seluruh sistem boleh mencapai 10 Ohm.

Badan IEC (*International Electrotechnical Standardization*) juga menyatakan bahwa untuk meyakinkan impedansi sistem ke tanah besarnya kurang dari 25 Ohm maka fasilitas dengan peralatan yang sensitif nilai tahanan pentanahannya harus 5 Ohm atau kurang. Industri telekomunikasi telah menggunakan nilai 5 Ohm atau kurang sebagai nilai tahanan pentanahan dan sambungan. Tujuan nilai tahanan pentanahan adalah untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang serendah mungkin yang bisa dipertimbangkan baik secara ekonomis dan secara fisik[4].

III. METODE

1.1 Alat dan Bahan

Untuk memperlancar proses penelitian, maka dibutuhkan beberapa alat dan bahan. Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Alat

Berikut ini merupakan alat-alat yang dipergunakan dalam proses pembuatan tugas akhir dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1
Peralatan yang digunakan.

No	Nama Alat	Jumlah
1	<i>Earth Tester</i>	1 Buah
2	Palu	1 Buah
3	<i>Roll Meter</i>	1 Buah

2. Bahan

Adapun bahan-bahan yang dipergunakan dalam proses pembuatan tugas akhir dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2
Bahan yang digunakan.

No	Nama Bahan	Jumlah
1	<i>Grounding rod</i>	2 Buah
2	<i>Paralell Connector</i>	1 Buah

a. Metode Penelitian

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, ada beberapa metode yang digunakan, yaitu:

- Studi literatur.
- Metode penelitian.
- Metode interview.

b. Jenis Data

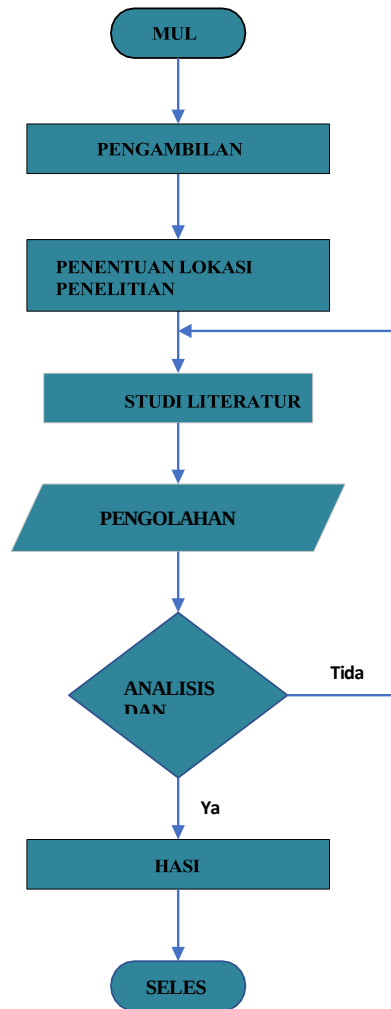
- Data Primer.
- Data Sekunder.

c. Teknik Pengambilan Data

Teknik yang digunakan dalam pengambilan data, untuk penelitian ini adalah:

- Observasi.
- Wawancara
- Studi Pustaka

d. Diagram Alir Peneliti



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Pengukuran tahanan yang dilakukan pada 3 kondisi jenis tanah yaitu:

1. Kondisi tanah rawa
2. Kondisi tanah pasir
3. Kondisi tanah liat

Dari hasil pengukuran pada 3 kondisi tanah diatas telah diperoleh data sebagai berikut:

1. Tahanan pentanahan elektroda tunggal yang ditanam di tanah dengan kedalaman 20 cm – 100 cm.
2. Tahanan pentanahan elektroda ganda yang ditanam di tanah dengan kedalam 20 cm – 100 cm.

4.1.1 Gambaran Umum dan Karakteristik Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini pengukuran tahanan tanah dilakukan pada 3 kondisi jenis tanah yaitu kondisi tanah rawa, kondisi tanah pasir dan kondisi tanah liat.

Lokasi penelitian tersebut terletak di beberapa tempat yaitu:

1. Jenis Tanah Rawa
2. Jenis Tanah Pasir
3. Jenis Tanah Liat

Pengukuran jenis tanah liat dilakukan di daerah Gunung Nona, Jl. Propinsi.

4.2 Pengukuran Tahanan Pentanahan dengan menggunakan Elektroda Tunggal yang Ditanam di Beberapa Jenis Tanah dengan Kedalaman Bervariasi.

4.2.1 Rangkaian Pengukuran Tahanan dengan Elektroda Tunggal.

Setelah dilakukan pengukuran, maka didapatkan data hasil pengukuran sesuai dengan yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

4.2.2 Data Pengukuran Pentanahan Tunggal

Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan nilai tahanan dari elektroda batang tunggal yang ditanam pada beberapa jenis tanah dengan kedalaman tanam yang bervariasi.

Dari pengukuran yang dilakukan, didapatkan nilai tahanan pentanahan dari elektroda batang tunggal yang ditanam pada kondisi tanah rawa, tanah pasir, dan tanah liat pada beberapa variasi kedalaman tanam yang ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3
Hasil Pengukuran Nilai Tahanan pada beberapa macam kondisi jenis tanah.

No	Kondisi Tanah	Jarak Elektroda Bantu (m)	Tahanan (Ω)				
			20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm
1	Rawa	5	88	55	43	31	27
2	Pasir	5	590	377	273	220	185
3	Liat	5	311	191	144	108	92

4.2.3. Data Perhitungan Nilai Tahanan Pentanahan Elektroda Tunggal

Selain hasil pengukuran, dapat dilakukan perhitungan terhadap nilai tahanan pentanahan dengan elektroda batang tunggal yang ditanam pada kondisi tanah rawa, tanah pasir, dan tanah liat pada kedalaman yang bervariasi. Contoh perhitungan tahanan pentanahan menggunakan elektroda batang tunggal diambil perhitungan pada kedalaman 20 cm dan 100 cm. Untuk mendapatkan nilai perhitungan tahanan pentanahan elektroda batang tunggal yang ditanam pada ketiga jenis tanah dilakukan perhitungan dengan hasil sebagai terlihat pada tabel berikut:

Tabel 4
Hasil Perhitungan Nilai Tahanan pada beberapa macam kondisi jenis tanah.

No	Kondisi Tanah	Jarak Elektroda Bantu (m)	Tahanan (Ω)				
			20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm
1	Rawa	5	85,99	51,45	37,54	28,74	24,89
2	Pasir	5	573,49	343,1	250,52	198,8	166,2
3	Liat	5	286,72	171,5	125,2	99,4	83,1

4.2.4. Perbandingan Hasil Pengukuran dan Perhitungan Pada Jenis Tanah Rawa, Pasir, Liat

Tabel. 5

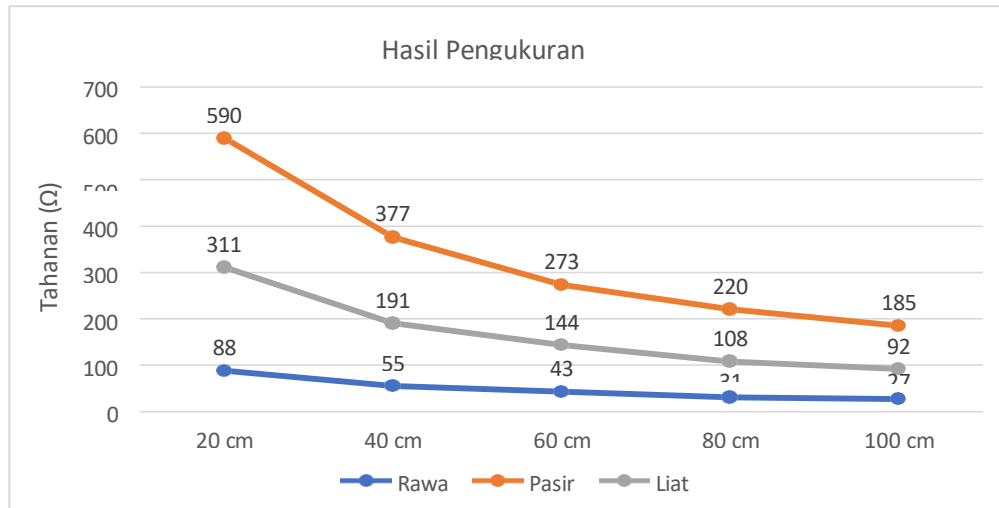
Hasil Pengukuran dan Perhitungan Nilai Tahanan pada variasi kondisi jenis tanah.

No.	Kondisi Tanah	Kedalaman Tanam (cm)	Nilai Perhitungan (Ω)	Nilai Pengukuran (Ω)	Perbandingan (%)
1	Rawa	20	85,99	88	1,32
2		40	51,45	55	3,63
3		60	37,54	43	6,28
4		80	28,74	31	3,85
5		100	24,89	27	4,56
1	Pasir	20	573,49	590	1,4
2		40	343,1	377	4,65
3		60	250,52	273	4,36
4		80	198,8	220	5,17
5		100	166,2	185	5,34
1	Liat	20	286,72	311	4,12
2		40	171,5	191	5,31
3		60	125,2	144	6,85
4		80	99,4	108	4,03
5		100	83,1	92	5,09

Dari Tabel 5 diatas yang mana merupakan tabel nilai hasil ukur tahanan pentanahan elektroda batang tunggal pada beberapa jenis tanah dengan beberapa variasi kedalaman tanam yang diukur menggunakan alat ukur *Earth Tester* dapat dilihat bahwa nilai tahanan pentanahan yang paling besar didapat pada pengukuran nilai tahanan pentanahan dengan kondisi jenis tanah pasir pada jarak kedalaman tanam 20 cm dengan nilai tahanan pentanahan yang didapat sebesar 590 Ω . Sementara itu pada kedalaman tanam yang sama yaitu 20 cm, pada kondisi jenis tanah liat didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 311 Ω , dan pada kondisi jenis tanah rawa didapatkan nilai tahanan pentanahan yang lebih rendah dibandingkan keduanya yaitu 88 Ω .

Dari Tabel 4.1 diatas juga dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dengan nilai tahanan pentanahan yang terkecil didapat pada hasil pengukuran dengan kondisi jenis tanah rawa dengan kedalaman tanam 100 cm dengan nilai tahanan pentanahan yang didapat sebesar 27 Ω . Sementara itu nilai tahanan terendah pada kedua kondisi jenis tanah lainnya juga didapat pada kedalaman tanam yang sama yaitu 100 cm dimana pada kondisi jenis tanah liat didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 92 Ω , pada kondisi jenis tanah pasir didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 185 Ω .

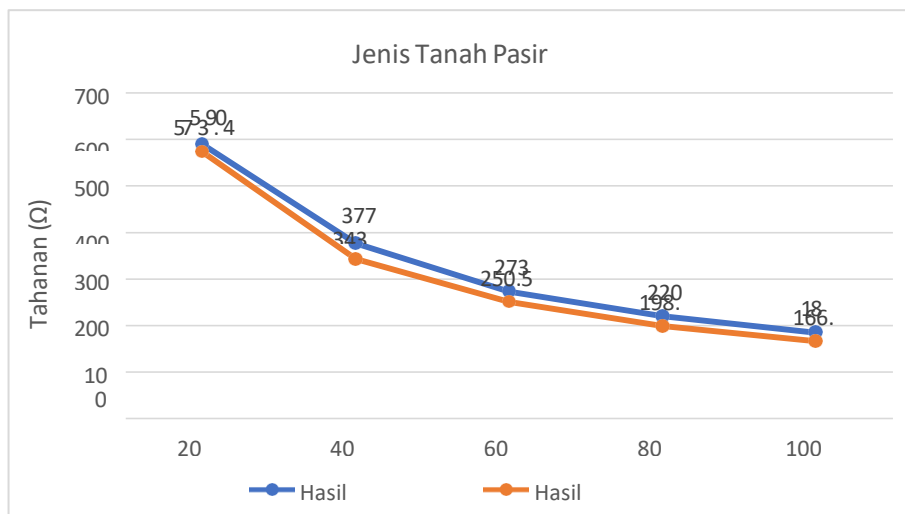
Sehingga diketahui bahwa hasil pengukuran pada kondisi jenis tanah rawa adalah kondisi media tanah dengan hasil pengukuran nilai tahanan pentanahan yang paling kecil pada setiap kedalaman tanam elektroda batang dibandingkan dengan dua jenis tanah yang lainnya yaitu tanah pasir dan tanah rawa. Hal tersebut diketahui disebabkan oleh kondisi tanah yang mana masing-masing kondisi jenis tanah memiliki struktur maupun karakteristik yang berbeda yang nantinya menentukan harga tahanan jenis tanah.



Gambar 1. Perbandingan Hasil Pengukuran dan Perhitungan Pada Jenis Tanah Rawa

Dari Gambar 1 diatas ditunjukkan grafik perbandingan antara hasil pengukuran dan hasil perhitungan nilai tahanan pentanahan elektroda batang tunggal pada kondisi jenis tanah rawa dengan beberapa variasi kedalaman tanam. Pada kedalaman tanam elektroda sedalam 20 cm didapatkan nilai tahanan pentanahan dengan nilai yang paling besar pada kedua hasil, yaitu pada hasil pengukuran didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 88 Ω dan pada hasil perhitungan didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 85,99 Ω .

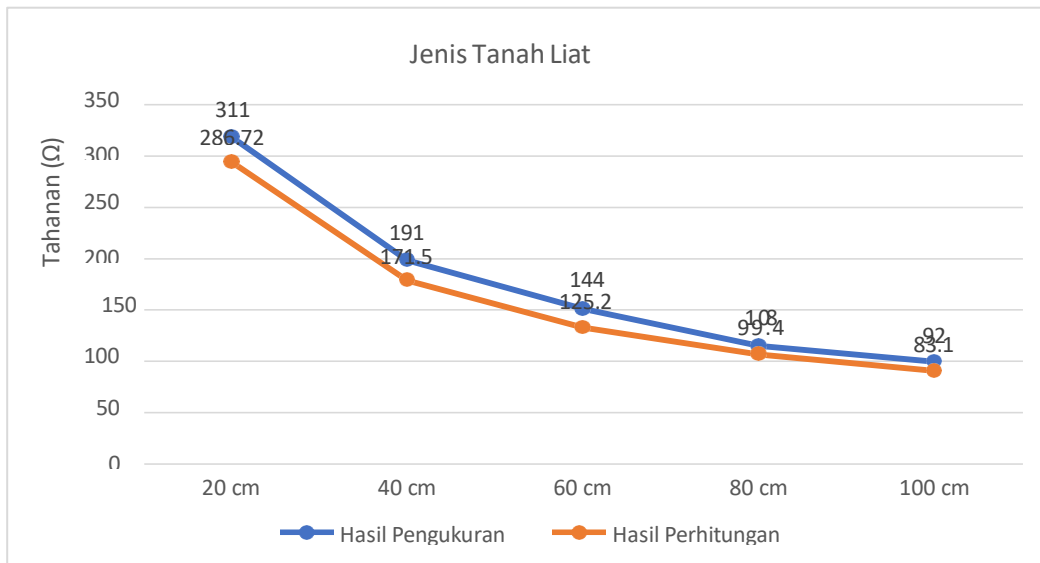
Kemudian pada setiap kenaikan jarak kedalaman tanam sebesar 20 cm pada nilai pengukuran dan perhitungan berikutnya terjadi penurunan nilai tahanan pentanahan dengan nilai rata-rata pada pengukuran sebesar 15,25 Ω . Sedangkan pada perhitungan diketahui penurunan nilai tahanan pentanahan dengan rata-rata sebesar 15,275 Ω . Dan pada kedalaman tanam elektroda batang 100 cm didapatkan nilai tahanan pentanahan terkecil pada hasil pengukuran maupun perhitungan. Dimana pada hasil pengukuran didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 27 Ω , sedangkan pada hasil perhitungan didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 24,89 Ω . Sementara itu dari hasil pengukuran dan perhitungan diketahui memiliki perbedaan nilai tahanan pada tiap kedalaman penanaman yang sama dengan rata-rata sebesar 3,178 Ω .



Gambar 2. Perbandingan Hasil Pengukuran dan Perhitungan Pada Jenis Tanah Pasir

Dari Gambar 2 diatas ditunjukkan grafik perbandingan antara hasil pengukuran dan hasil perhitungan nilai tahanan pentanahan elektroda batang tunggal pada kondisi jenis tanah pasir dengan

beberapa variasi kedalaman tanam. Pada kedalaman tanam elektroda sedalam 20 cm didapatkan nilai tahanan pentanahan dengan nilai yang paling besar pada kedua hasil, yaitu pada hasil pengukuran dan perhitungan diketahui memiliki perbedaan nilai tahanan pada tiap kedalaman penanaman yang sama dengan pengukuran didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 590 Ω dan pada hasil perhitungan didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 573,49 Ω . Kemudian pada setiap kenaikan jarak kedalaman tanam sebesar 20 cm pada nilai pengukuran dan perhitungan berikutnya terjadi penurunan nilai tahanan pentanahan dengan nilai rata-rata pada pengukuran sebesar 101,25 Ω . Sedangkan pada perhitungan diketahui penurunan nilai tahanan pentanahan dengan rata-rata sebesar 101,82 Ω . Dan pada kedalaman tanam elektroda batang 100 cm didapatkan nilai tahanan pentanahan terkecil pada hasil pengukuran maupun perhitungan. Dimana pada hasil pengukuran didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 185 Ω , sedangkan pada hasil perhitungan didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 166,2 Ω . Sementara itu dari hasil rata-rata sebesar 22,6 Ω .



Gambar 3 Perbandingan Hasil Pengukuran dan Perhitungan Pada Jenis Tanah Liat

Dari Gambar 3 diatas ditunjukkan grafik perbandingan antara hasil pengukuran dan hasil perhitungan nilai tahanan pentanahan elektroda batang tunggal pada kondisi jenis tanah liat dengan beberapa variasi kedalaman tanam. Pada kedalaman tanam elektroda sedalam 20 cm didapatkan nilai tahanan pentanahan dengan nilai yang paling besar pada kedua hasil, yaitu pada hasil pengukuran didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 311 Ω dan hasil perhitungan didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 286,72 Ω .

Kemudian pada setiap kenaikan jarak kedalaman tanam sebesar 20 cm pada nilai pengukuran dan perhitungan berikutnya terjadi penurunan nilai tahanan pentanahan dengan nilai rata-rata pada hasil pengukuran sebesar 54,75 Ω . Sedangkan pada perhitungan diketahui penurunan nilai tahanan pentanahan dengan rata-rata sebesar 50,9 Ω . Dan pada kedalaman tanam elektroda batang 100 cm didapatkan nilai tahanan pentanahan terkecil pada hasil pengukuran maupun perhitungan. Dimana pada hasil pengukuran didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 92 Ω , sedangkan pada hasil perhitungan didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 83,1 Ω .

Sementara itu dari hasil pengukuran dan perhitungan diketahui memiliki perbedaan nilai tahanan pada tiap kedalaman penanaman yang sama dengan rata-rata sebesar 15,91 Ω .

4.3. Pengukuran Tahanan Pentanahan dengan Elektroda Ganda Yang Ditanam di Beberapa Jenis Tanah dengan Kedalaman Bervariasi.

4.3.1. Rangkaian Pengukuran Tahanan dengan Elektroda Ganda

Pada penelitian ini, untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan penulis melakukan pengukuran dengan menggunakan bantuan alat ukur tahanan pentanahan *Earth Tester*, dan dengan elektroda batang utama tunggal dan elektroda batang bantu yang ditanam.

Setelah dilakukan pengukuran, maka didapatkan data hasil pengukuran sesuai dengan yang adapada

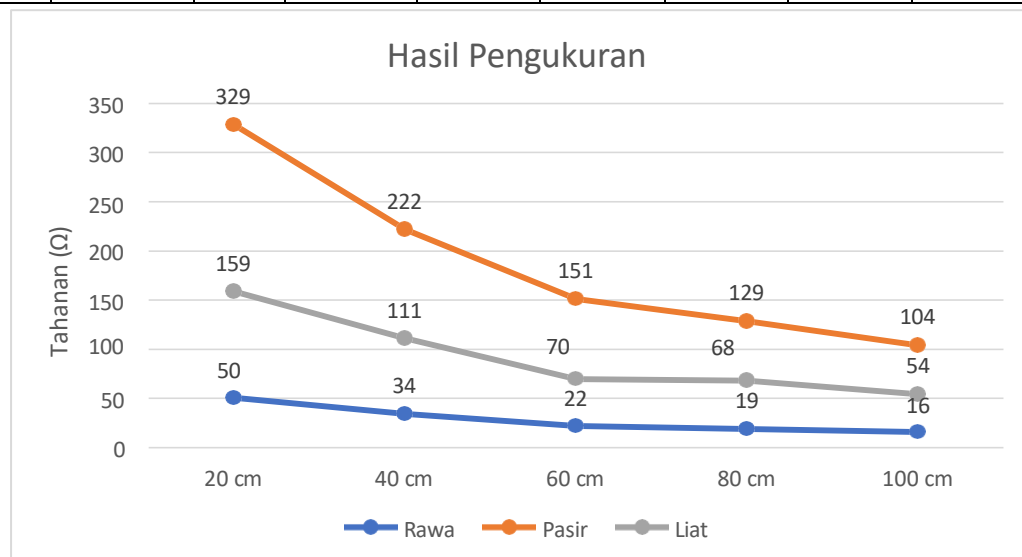
Tabel 4.4. pada Pengukuran Pentahanan Ganda

Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan nilai tahanan dari elektroda batang ganda yang ditanam pada beberapa jenis tanah dengan kedalaman tanam yang bervariasi.

Dari pengukuran yang dilakukan, didapatkan nilai tahanan pentanahan dari elektroda batang ganda yang ditanam pada kondisi tanah rawa, tanah pasir, dan tanah liat pada beberapa variasi kedalaman tanam yang ditunjukkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6
Hasil Pengukuran Nilai Tahanan pada beberapa macam
kondisi jenis tanah menggunakan elektroda ganda.

No	Kondisi Tanah	S (m)	Jarak Elektroda Bantu (m)	Tahanan (Ω)				
				20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm
1	Rawa	0,6	5	50	34	22	19	16
2	Pasir	0,6	5	329	222	151	129	104
3	Liat	0,6	5	159	111	70	68	54



Gambar 4. Hasil Pengukuran Nilai Tahanan pada kondisi jenis tanah rawa, tanah pasir dan tanah liat menggunakan elektroda batang ganda

Dari Gambar 4 diperlihatkan grafik dari hasil pengukuran tahanan pentanahan elektroda batang ganda pada kondisi jenis tanah rawa, tanah pasir, dan tanah liat dengan kedalaman tanam yang bervariasi. Pada gambar tersebut, dapat dilihat bahwa data dari hasil pengukuran nilai tahanan pentanahan yang didapat ditunjukkan dengan kondisi grafik menurun. Sehingga diketahui bahwa semakin dalam jarak penanaman elektroda batang maka semakin rendah nilai tahanan pentanahan yang didapat, yang mana hal tersebut terjadi pada ketiga jenis tanah (tanah rawa, tanah pasir, dan tanah liat). Secara garis besar, hal ini dapat disebabkan karena semakin dalam penanaman elektroda, tahanan tanah dan tahanan jenis tanah akan menurun karena semakin dekat dengan air tanah yang berpengaruh dengan kelembaban yang nantinya berpengaruh terhadap konduktivitas. Oleh sebab itu kedalaman penanaman elektroda menjadi salah satu faktor yang sangat berpengaruh pada hasil pengukuran tahanan pentanahan.

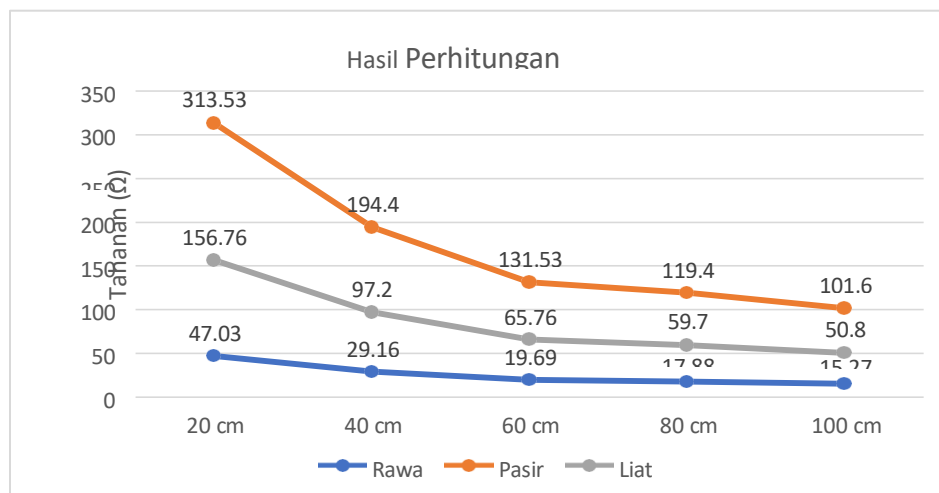
4.3.2. Data Perhitungan Nilai Tahanan Pentanahan Elektroda Ganda.

Selain hasil pengukuran, dapat dilakukan perhitungan terhadap nilai tahanan pentanahan dengan elektroda batang ganda yang ditanam secara paralel pada kondisi tanah rawa, tanah pasir, dan tanah liat pada kedalaman yang bervariasi, Contoh perhitungan tahanan pentanahan menggunakan

elektroda batang ganda diambil perhitungan pada kedalaman 20 cm dan 100 cm. Untuk mendapatkan data perhitungan nilai tahanan pentanahan elektroda batang ganda pada beberapa jenis tanah dilakukan perhitungan dengan hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 7
Hasil Perhitungan Nilai Tahanan pada beberapa macam kondisi jenis tanah menggunakan elektroda ganda.

No	Kondisi Tanah	S (m)	Jarak Elektroda Bantu (m)	Tahanan (Ω)				
				20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm
1	Rawa	0,6	5	47,03	29,16	19,69	17,88	15,27
2	Pasir	0,6	5	313,53	194,4	131,53	119,4	101,6
3	Liat	0,6	5	156,76	97,2	65,76	59,7	50,8



Gambar 5. Hasil Perhitungan Nilai Tahanan pada kondisi jenis tanah rawa, tanah pasir dan tanah liat menggunakan elektroda batang ganda.

Dari data hasil perhitungan nilai tahanan pentanahan elektroda batang ganda pada kondisi jenis tanah rawa, tanah pasir, dan tanah liat yang telah ditunjukkan pada sebelumnya, kemudian dibuatkan grafik seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.5 diatas. Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa data dari hasil perhitungan menunjukkan grafik menurun. Dimana nilai tahanan hasil perhitungan yang paling besar didapat dari hasil perhitungan pada kondisi jenis tanah pasir dengan jarak kedalaman tanam 20 cm dengan hasil perhitungan nilai tahanan yang didapat sebesar 313,53 Ω . Kemudian untuk kondisi jenis tanah liat dan rawa pada kedalaman tanam yang sama yaitu 20 cm, kondisi jenis tanah liat mendapatkan hasil perhitungan nilai tahanan pentanahan sebesar 156,76 Ω dan kondisi jenis tanah rawa mendapatkan hasil perhitungan nilai tahanan yang paling rendah pada jarak kedalaman tanam yang sama yaitu 47,03 Ω .

Seperti yang dapat dilihat pada gambar dimana grafik menunjukkan penurunan nilai tahanan pentanahan. Dimana dapat dilihat bahwa titik terendah dari grafik merupakan hasil dari perhitungan nilai tahanan pentanahan pada kondisi jenis tanah rawa pada kedalaman tanam 100 cm dengan nilai tahanan pentanahan sebesar 15,27 Ω . Sementara pada kondisi jenis tanah liat dan pasir, nilai hasil perhitungan yang paling terendah juga didapat pada variabel kedalaman tanam yang sama yaitu 100 cm. Dimana pada kondisi jenis tanah liat didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 50,8 Ω dan pada kondisi jenis tanah pasir didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 101,6 Ω . Hal ini menunjukkan bahwa setiap kenaikan variabel jarak kedalaman tanam elektroda batang mengakibatkan penurunan nilai tahanan pentanahan pada setiap kondisi jenis tanah. Perbedaan pada hasil perhitungan nilai tahanan pentanahan pada ketiga kondisi jenis tanah meskipun dengan variabel kedalaman tanam yang sama diketahui disebabkan oleh kondisi jenis tanah yang memiliki struktur

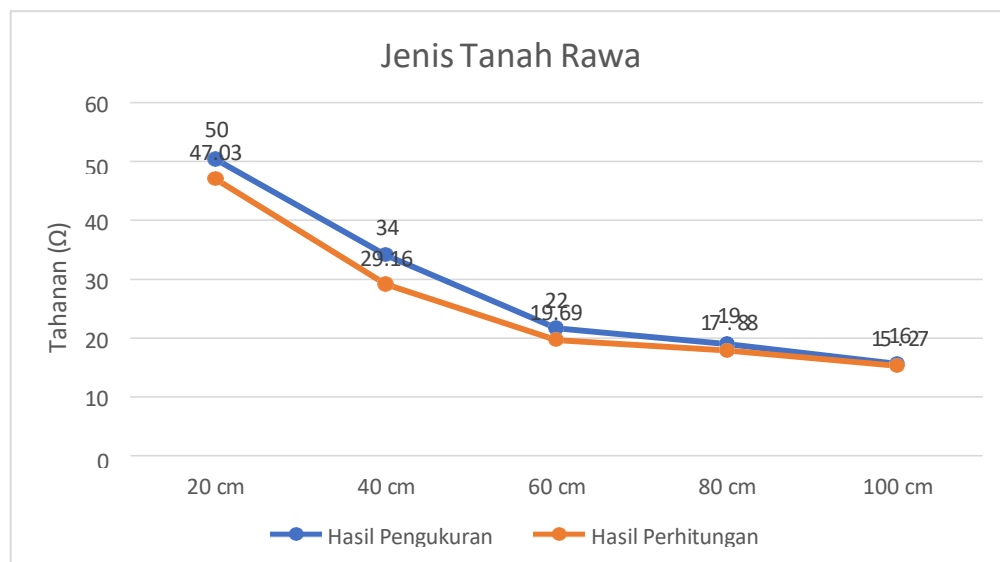
maupun karakteristik yang berbeda sehingga setiap kondisi jenis tanah memiliki nilai tahanan jenis yang berbeda pula. Sementara perbedaan nilai tahanan pentanahan pada tiap kenaikan variable kedalaman tanam elektroda meskipun pada kondisi jenis tanah yang sama disebabkan karena semakin dalam penanaman elektroda tahanan pentanahan dan tahanan jenis tanah akan menurun karena semakin dekat dengan air tanah yang berpengaruh dengan kelembaban yang nantinya berpengaruh terhadap konduktivitas.

Berdasarkan rumus juga terlihat bahwa tahanan tanah sebanding dengan tahanan jenis dan berbanding terbalik dengan kedalaman penanaman elektroda.

4.3.3. Perbandingan Hasil Pengukuran dan Perhitungan Pada Jenis Tanah Rawa, Pasir dan Liat.

Tabel 8
Hasil Pengukuran dan Perhitungan Nilai Tahanan pada variasi kondisi jenis tanah.

No.	Kondisi Tanah	Kedalaman Tanam (cm)	Nilai Perhitungan (Ω)	Nilai Pengukuran (Ω)	Perbandingan (%)
1	Rawa	20	47,03	50	3,39
2		40	29,16	34	7,72
3		60	19,69	22	4,88
4		80	17,88	19	3,06
5		100	15,27	16	1,26
1	Pasir	20	313,53	329	2,33
2		40	194,4	222	6,53
3		60	131,53	151	6,9
4		80	119,4	129	3,69
5		100	101,6	104	1,08
1	Liat	20	156,76	159	0,63
2		40	97,2	111	6,75
3		60	65,76	70	2,78
4		80	59,7	68	6,34
5		100	50,8	54	3,43



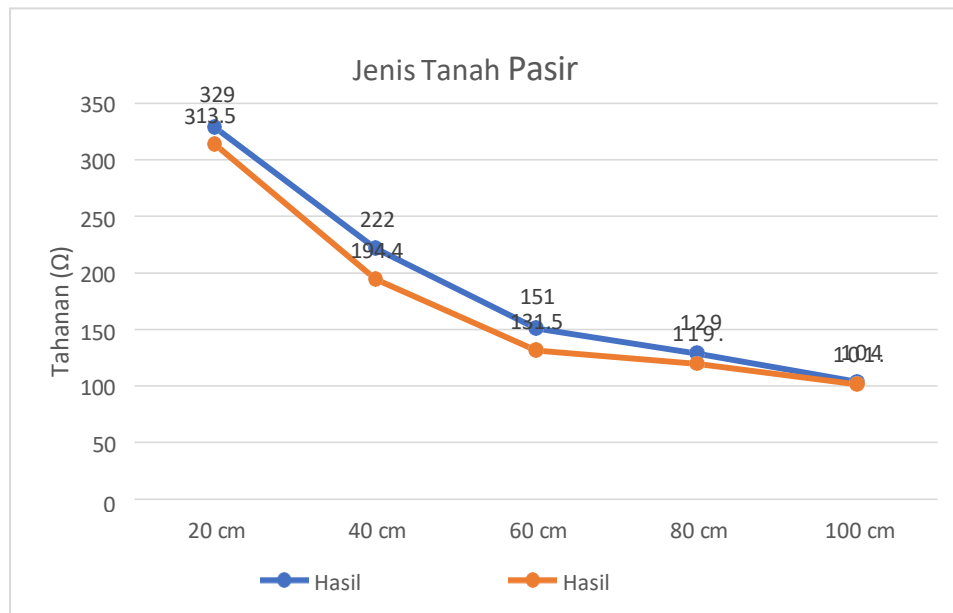
Gambar 6. Perbandingan Hasil Pengukuran dan Perhitungan Pada Jenis Tanah Rawa.

Dari Gambar 6 diatas ditunjukan grafik perbandingan antara hasil pengukuran dan hasil perhitungan nilai tahanan pentanahan elektroda batang ganda pada kondisi jenis tanah rawa dengan beberapa variasi kedalaman tanam. Dimana tampak hasil nilai tahanan pentanahan yang cukup berbeda, meski begitu pada kedua nilai tahanan pentanahan baik pada hasil pengukuran maupun hasil perhitungan sama-sama menunjukkan penurunan nilai tahanan pentanahan setiap terjadi kenaikan jarak kedalaman tanam dari elektroda batang. Pada kedalaman tanam elektroda sedalam 20 cm didapatkan nilai tahanan pentanahan dengan nilai yang paling besar pada kedua hasil, yaitu pada

hasil pengukuran didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar $50\ \Omega$ dan pada hasil perhitungan didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar $47,03\ \Omega$.

Kemudian pada setiap kenaikan jarak kedalaman tanam sebesar 20 cm pada nilai pengukuran dan perhitungan berikutnya terjadi penurunan nilai tahanan pentanahan dengan nilai rata-rata pada pengukuran sebesar $8,5\ \Omega$. Sedangkan pada perhitungan diketahui penurunan nilai tahanan pentanahan dengan rata-rata sebesar $7,94\ \Omega$. Dan pada kedalaman tanam elektroda batang 100 cm didapatkan nilai tahanan pentanahan terkecil pada hasil pengukuran maupun perhitungan.

Dimana pada hasil pengukuran didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar $16\ \Omega$, sedangkan pada hasil perhitungan didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar $15,27\ \Omega$. Sementara itu dari hasil pengukuran dan perhitungan diketahui memiliki perbedaan nilai tahanan pada tiap kedalaman penanaman yang sama dengan rata-rata sebesar $2,344\ \Omega$.



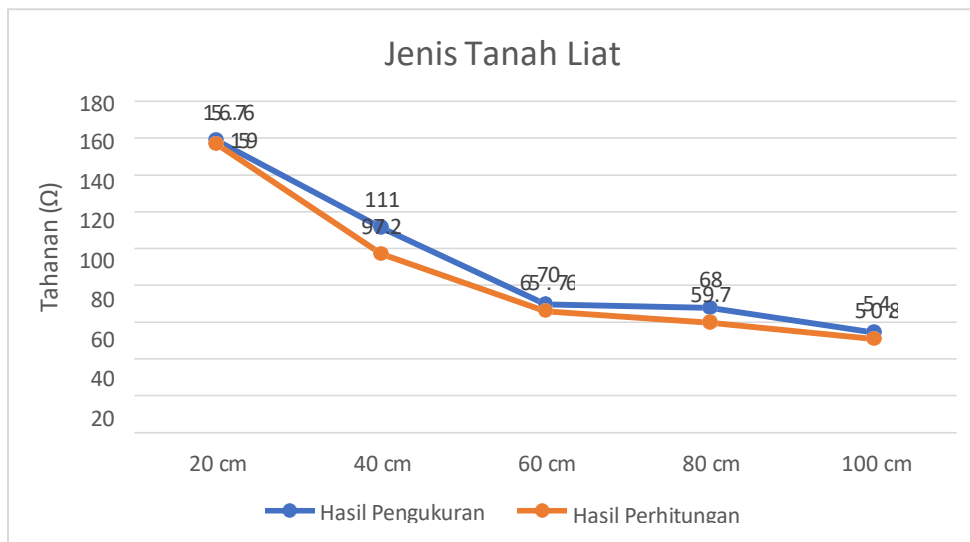
Gambar 7. Perbandingan Hasil Pengukuran dan Perhitungan Pada Jenis Tanah Pasir.

Dari Gambar 7 diatas ditunjukkan grafik perbandingan antara hasil pengukuran dan hasil perhitungan nilai tahanan pentanahan elektroda batang ganda pada kondisi jenis tanah pasir dengan beberapa variasi kedalaman tanam. Dimana tampak hasil nilai tahanan pentanahan yang cukup berbeda, meski begitu pada kedua nilai tahanan pentanahan baik pada hasil pengukuran maupun hasil perhitungan sama-sama menunjukkan penurunan nilai tahanan pentanahan setiap terjadi kenaikan jarak kedalaman tanam dari elektroda batang.

Pada kedalaman tanam elektroda sedalam 20 cm didapatkan nilai tahanan pentanahan dengan nilai yang paling besar pada kedua hasil, yaitu pada hasil pengukuran didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar $329\ \Omega$ dan pada hasil perhitungan didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar $313,53\ \Omega$.

Kemudian pada setiap kenaikan jarak kedalaman tanam sebesar 20 cm pada nilai pengukuran dan perhitungan berikutnya terjadi penurunan nilai tahanan pentanahan dengan nilai rata-rata pada pengukuran sebesar $56,25\ \Omega$. Sedangkan pada perhitungan diketahui penurunan nilai tahanan pentanahan dengan rata-rata sebesar $52,98\ \Omega$. Dan pada kedalaman tanam elektroda batang 100 cm didapatkan nilai tahanan pentanahan terkecil pada hasil pengukuran maupun perhitungan. Dimana pada hasil pengukuran didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar $104\ \Omega$, sedangkan pada hasil perhitungan didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar $101,6\ \Omega$.

Sementara itu dari hasil pengukuran dan perhitungan diketahui memiliki perbedaan nilai tahanan pada tiap kedalaman penanaman yang sama dengan rata-rata sebesar $14,6\ \Omega$.



Gambar 8. Perbandingan Hasil Pengukuran dan Perhitungan Pada Jenis Tanah Liat.

Dari Gambar 8 diatas ditunjukkan grafik perbandingan antara hasil pengukuran dan hasil perhitungan nilai tahanan pentanahan elektroda batang ganda pada kondisi jenis tanah liat dengan beberapa variasi kedalaman tanam. Dimana tampak hasil nilai tahanan pentanahan yang cukup berbeda, meski begitu pada kedua nilai tahanan pentanahan baik pada hasil pengukuran maupun hasil perhitungan sama-sama menunjukkan penurunan nilai tahanan pentanahan setiap terjadi kenaikan jarak kedalaman tanam dari elektroda batang. Pada kedalaman tanam elektroda sedalam 20 cm didapatkan nilai tahanan pentanahan dengan nilai yang paling besar pada kedua hasil, yaitu pada hasil pengukuran didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 159 Ω dan hasil perhitungan didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 156,76 Ω .

Kemudian pada setiap kenaikan jarak kedalaman tanam sebesar 20 cm pada nilai pengukuran dan perhitungan berikutnya terjadi penurunan nilai tahanan pentanahan dengan nilai rata-rata pada hasil pengukuran sebesar 26,25 Ω . Sedangkan pada perhitungan diketahui penurunan nilai tahanan pentanahan dengan rata-rata sebesar 26,49 Ω . Dan pada kedalaman tanam elektroda batang 100 cm didapatkan nilai tahanan pentanahan terkecil pada hasil pengukuran maupun perhitungan. Dimana pada hasil pengukuran didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 54 Ω , sedangkan pada hasil perhitungan didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 50,8 Ω .

Sementara itu dari hasil pengukuran dan perhitungan diketahui memiliki perbedaan nilai tahanan pada tiap kedalaman penanaman yang sama dengan rata-rata sebesar 6,3 Ω .

V. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan dan Saran , sebagai berikut:

1. Dari ketiga jenis tanah yaitu jenis tanah rawa, tanah pasir, dan tanah liat. Didapatkan nilai tahanan pentanahan yang terendah pada jenis tanah rawa, dikarenakan tanah rawa memiliki kelembaban dan kandungan air yang lebih tinggi dibandingkan jenis tanah liat dan tanah pasir, sehingga jenis tanah rawa sangat baik untuk dijadikan sebagai media penghantar pentanahan. Dari hasil tersebut diketahui bahwa kondisi jenis tanah mempengaruhi nilai tahanan pentanahan. Sehingga dari hasil tersebut diketahui bahwa kondisi jenis tanah mempengaruhi nilai tahanan pentanahan.
2. Jarak kedalaman suatu elektroda berpengaruh pada nilai tahanan pentanahan. Dimana semakin dalam penanaman suatu elektroda, tahanan tanah dan tahanan jenis tanah akan semakin rendah karena semakin dekat dengan air tanah yang berpengaruh dengan kelembaban yang nantinya berpengaruh terhadap konduktivitas.
3. Untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang baik, perlu diperhatikan kedalaman penanaman elektroda tersebut, sebaiknya elektroda ditanamkan lebih dalam sampai mendapatkan

nilai tahanan pentanahan mendekati 5 ohm (sesuai standar PUIL 2000, yang digantikan dengan PUIL 2011 sejak ditetapkan SNI Tahun 2014). Selain faktor kedalaman, penggunaan elektroda yang lebih banyak akan mempengaruhi nilai tahanan pentanahan yang akan dihasilkan dan mendapatkan nilai tahanan yang kecil.

Idealnya suatu pentanahan mempunyai nilai tahanan 0 (nol) Ohm. Adapun standar mengenai ambang batas nilai tahanan pentanahan berdasarkan pada SPLN 3 : 1978 mengenai Pentanahan Jaring Tegangan Rendah PLN dan Pentanahan Instalansi serta PLN Buku 1 Kriteria Desain Engineering Konstruksi Jaringan Distribusi dan PUIL 2000 (3.13.2.10 Hal. 68) merekomendasikan bahwa nilai tahanan pentanahan tidak boleh lebih dari 5 Ohm.

- 5 Pengukuran dan analisis bisa dikembangkan dengan metode kondisi tanah dan jenis elektroda yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ari Kusmanto. 2013. *Sistem Pentanahan*.
<https://arikusmanto.blogspot.com/2013/09/pentanahan.html>
- [2] DevA, S. 2014. *Analisa Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan Dengan Menggunakan Elektroda Batang Pada Beberapa Jenis Tanah (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya)*.
<http://eprints.polsri.ac.id/418/3/BAB%20II.pdf>
- [3] Gamari Sr, R. I. C. H. A. R. D. 2014. *Pengujian Dan Analisa Tahanan Elektroda Pentanahan Pada Gedung Pt. Pln (Persero) Pembangunan Jalan Demang Lebar Daun Palembang (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya)*
<http://eprints.polsri.ac.id/383/>
- [4] Ponadi, A. 2014. *Analisis Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang (Rod) Jenis Crom Tembaga, Aluminium, Besi, Dengan Media Tanah Pasir Lumpur Dan Tanah Liat. Mustek Anim Ha*, 3(2), 166-185.
<http://ejournal.unmus.ac.id/index.php/mustek/article/view/193/136>
- [5] Sugiharto, A. 2019. *Pentanahan untuk Perlindungan Peralatan dan Bangunan Gedung. Swara Patra*, 9(2), 34-41.
<http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/swarapatra/article/view/215>
- [6] IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) std. 81 – 198
(Sumber: <https://docplayer.info/>)
- [7] PUIL 2011 (SNI 0225:2011).