

Perbandingan Perbaikan Sistem Pentanahan Instalasi Listrik Dengan Menggunakan Bentonit Teraktivasi Dan Sistem Pentanahan Arang-Garam (Sigarang)

Ibnu Muhammad Nur¹, Itmi Hidayat Kurniawan², Winarso³

Program Studi S1 Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Makalah

Dikirim, 27 Januari 2021
Direvisi, 2 Maret 2021
Diterima, 2 Juni 2021

Kata Kunci:

Perbaikan pentanahan
Arang-garam (SIGARANG)
Bentonit aktivasi

INTISARI

Sistem pentanahan pada sistem tenaga listrik bertujuan untuk meminimalkan tegangan lebih akibat adanya petir atau sistem switching. Sistem pentanahan yang baik adalah sistem pentanahan yang memiliki resistansi tanah yang kecil. Tujuan dari penelitian adalah membandingkan pentanahan mana yang paling rendah resistansi tanahnya. Penelitian tahanan tanah ini dilakukan di dua lokasi dengan struktur jenis tanah yang berbeda yaitu di struktur tanah kering dan struktur tanah sawah. Metode perbaikan tahanan tanah dengan cara menambahkan media arang-garam (SIGARANG) dan media bentonit aktivasi. Elektroda yang digunakan adalah *single rod* dan *triple rod*. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai tahanan tanah di lokasi tanah kering tanpa perbaikan menghasilkan nilai rata-rata 58,7 Ω untuk *single rod* dan 19,6 Ω untuk *triple rod*, dengan metode arang-garam menghasilkan nilai rata-rata 38,6 Ω dan 17,6 Ω untuk *single rod* dan *triple rod*, menggunakan bentonit aktivasi menghasilkan nilai rata-rata 40,1 Ω dan 18,3 Ω untuk *single rod* dan *triple rod*. Pada lokasi tanah sawah nilai tahanan tanah tanpa perbaikan menghasilkan nilai rata-rata 11,6 Ω untuk *single rod* dan 4,2 Ω untuk *triple rod*., dengan metode SIGARANG menghasilkan nilai rata-rata 8,4 Ω dan 4,1 Ω untuk *single rod* dan *triple rod*. Menggunakan bentonit aktivasi menghasilkan nilai rata-rata 9,3 Ω dan 4,1 Ω untuk *single rod* dan *triple rod*. Hasil akhir dari penelitian ini adalah bahwa sistem pentanahan menggunakan garam-arang nilai resistansi lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan bentonit aktivasi dan pentanahan tanpa perbaikan dengan persentase yaitu 64,7%-72,4% .

ABSTRACT

The grounding system in the electric power system aims to minimize overvoltage due to lightning or the switching system. A good grounding system is a grounding system that has a small soil resistance. The aim of the study was to compare which grounding had the lowest soil resistance. This soil resistance study was conducted in two locations with different soil types, namely dry soil and paddy soil structures. The method of improving soil resistance by adding charcoal-salt media (SIGARANG) and activated bentonite media. The electrodes used are *single rod* and *triple rod*. Based on the research results, it is found that the value of soil resistance in dry soil locations without improvement produces an average value of 58.7 Ω for *single rod* and 19.6 Ω for *triple rod*, with the charcoal-salt method yields an average value of 38.6 Ω and 17, 6 Ω for *single rod* and *triple rod*, using activated bentonite yields an average value of 40.1 Ω and 18.3 Ω for *single rod* and *triple rod*. At paddy field locations, the soil resistance value without improvement results in an average value of 11.6 Ω for *single rod* and 4.2 Ω for *triple rod*., With the SIGARANG method it produces an average value of 8.4 Ω and 4.1 Ω for *single rod* and *triple rod*. Using activated bentonite yields an average value of 9.3 Ω and 4.1 Ω for *single rod* and *triple rod*. The final result of this study is that the grounding system using charcoal-salt resistance value is

Keyword:

Repairing grounding system
charcoal-salt (SIGARANG),
activated bentonite

smaller than using activated bentonite and grounding without improvement with a percentage of 64.7% -72.4%.

Korespondensi Penulis:

Ibnu Muhammad Nur
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto
JL. Raya Dukuhwaluh, Purwokerto, 53182
Email: ibnu2424@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Sistem pentanahan yang baik adalah sistem pentanahan yang memiliki resistansi tanah yang kecil. Semakin kecil nilai resistansi dari grounding tersebut maka kualitas grounding semakin baik, karena arus gangguan listrik akan lebih mudah mengalir ke tanah melalui tempat yang memiliki hambatan sekecil mungkin. Nilai standar yang sering dipakai adalah maksimal 5 Ohm dilakukan dengan menggunakan alat ukur *earth tester* dan daerah yang resistansi resistansi jenis tanahnya sangat tinggi, resistansi pembumian total seluruh sistem boleh mencapai 10 Ohm [1].

Resistivitas pada tanah dapat dipengaruhi oleh beberapa penyebab seperti jenis tanah itu sendiri, komposisi kimia pada tanah, kelembaban udara, konsentrasi garam yang terlarut dalam air pada tanah, temperatur pada tanah, kepadatan dan tekanan tanah. Dengan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi resistivitas tanah maka dengan perkembangan teknologi saat ini ditemukan beberapa metode untuk perbaikan sistem pentanahan yang berguna untuk menurunkan nilai resistansi pada tanah.

Alternatif yang pertama adalah dengan sistem pentanahan yang dimodifikasi dengan campuran arang dan garam diharapkan akan memperbaiki sistem pentanahan instalasi listrik. Alternatif yang kedua adalah dengan sistem pentanahan yang dimodifikasi dengan pemberian bentonit yang telah teraktivasi yang diharapkan dapat memperbaiki sistem pentanahan instalasi listrik.

SIGARANG (Sistem *grounding* arang-garam) adalah suatu sistem pentanahan menggunakan arang dan garam. Penelitian dilakukan dengan cara melakukan perhitungan terhadap data resistivitas tanah yang telah diberikan perlakuan fisik berupa penambahan air, garam dan arang yang bertujuan untuk mencari nilai resistivitas yang rendah dari tanah tersebut. Penelitian karakteristik tanah ini dilakukan dengan penambahan air, arang dan larutan garam dan mengikuti beberapa langkah [2].

Menurunkan tahanan pentanahan dengan cara menambahkan bentonit kedalam tanah, tetapi sebelum digunakan bentonit terlebih dahulu diaktivasi. Aktivasi bentonit ini berfungsi untuk memurnikan bentonit dari pengotornya. Lalu untuk meningkatkan daya serap dilakukan modifikasi pada bentonit dengan cara pilarisasi. Bentonit terpillar memiliki kestabilan termal, luas permukaan yang besar, dan sifat menyerap secara mikro atau meso. Aktivasi bentonit dilakukan dengan menjadikan bentonite terpillar ferri oksida (Fe_2O_3). Bentonit yang telah teraktivasi ditanam bersama batang elektroda [3].

Menurunkan tahanan pentanahan dengan cara lain adalah menggunakan banyak elektroda. melakukan Penelitian terkait Pengaruh Panjang Elektroda Sangkar Delta pada Nilai Resistansi Pentanahan di Lokasi Sempit. Penelitian ini menggunakan metode yaitu elektroda sangkar delta dengan sisi 1 meter, dengan tiga batang dan enam batang penyusun 0,5 m, 1 m, dan 1,5 m (diameter 10 mm) mengelilingi satu elektroda batang silinder pejal dengan panjang 1,5 meter. [4]

Pada ketiga penelitian yang sudah pernah dilakukan yang terdiri dari penelitian perbaikan sistem pentanahan menggunakan bentonit teraktivasi, perbaikan sistem pentanahan menggunakan arang-garam dan perbaikan sistem pentanahan menggunakan sangkar delta. Maka dapat di ketahui masing-masing penelitian tersebut dapat menurunkan nilai resistansi pentanahan. Penelitian menggunakan bentonit teraktivasi menurunkan nilai resistansi 79,44%-85,07%, menggunakan arang-garam menurunkan nilai resistansi 65%-75%, dan menggunakan metode batang penyusun sangkar delta menurunkan nilai resistansi 44,44%.

Pada sistem pentanahan di tanah sekitar Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto pada saat pengukuran waktu praktikum mata kuliah instalasi listrik Oktober 2019, didapatkan nilai resistansi pentanahan yang cukup tinggi yaitu 70 Ω pada satu batang elektroda, pada 2 batang elektroda yang

diparalel didapatkan nilai resistansi yaitu 40Ω . Dapat disimpulkan bahwa resistansi tanah tadi sangat jauh dari nilai standar yang ditetapkan pada PUIL 2000 yaitu sebesar 5Ω .

Berdasarkan data terukur tersebut, dapat dilakukan untuk memperbaiki nilai tahanan pentanahan. Pada penelitian ini dilakukan dengan menerapkan sistem pentanahan menggunakan bentonit teraktivasi dan sistem pentanahan arang-garam (SIGARANG). Dalam melakukan perbaikan sistem pentanahan tersebut ditambahkan juga yaitu dengan *single rod* dan *triple rod* (rod delta).

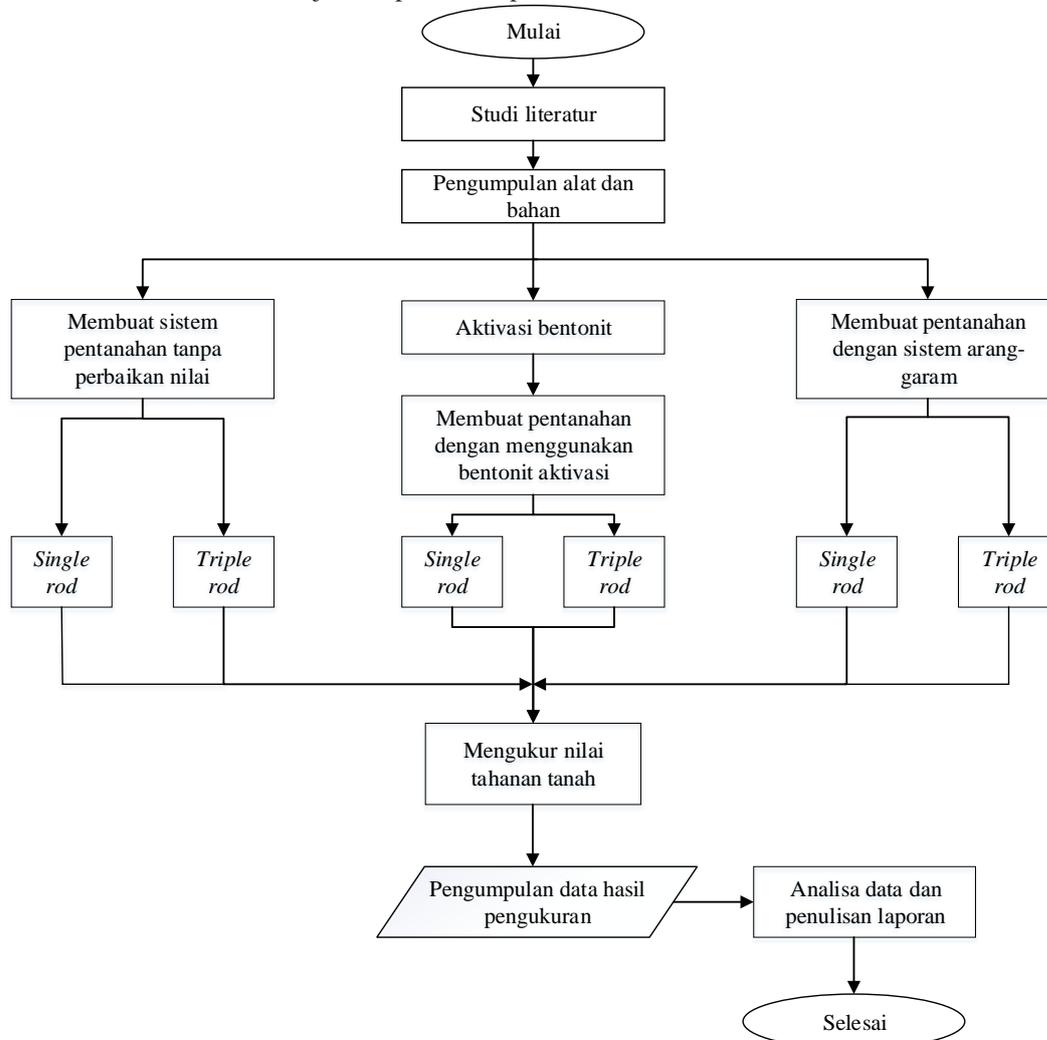
2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Untuk alat dan bahan dalam penelitian tugas akhir tentang Perbandingan Perbaikan Sistem Pentanahan Instalasi Listrik dengan Menggunakan Bentonit Teraktivasi dan Sistem Pentanahan Arang-Garam (SIGARANG). Untuk alat yang digunakan meliputi Laptop / *computer*, avo meter, *earth resistance tester* (satu set alat pengukuran), timbangan, lemari asam, oven, toples kaca, labu ukur dan capit buaya. Sedangkan untuk bahan yang digunakan meliputi Batang elektroda diameter 10 mm, kawat atau kabel penghantar, bentonite, arang, garam, H_2SO_4 (asam sulfat), $FeCl_3$ (ferri klorida) dan pipa galvania.

2.2. Alur Penelitian

Dalam melakukan pembuatan perbaikan sistem pentanahan pada tugas akhir ini penulis membuat rancangan jadwal pelaksanaan kegiatan, supaya penulis mampu memaksimalkan waktu agar lebih efisien dan efektif. Untuk melihat secara jelas dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.3. Aktivasi Bentonit

Berikut adalah tahapan untuk pengaktifasian bentonit:

- a. Merendam bentonit 1 kg bentonitn dalam 2 liter larutan H_2SO_4 selama 24 jam.



Gambar 2 Proses perendaman menggunakan H_2SO_4
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

- b. Mendektansi yaitu memisahkan larutan dan endapan bentonit.
- c. Mengeringkan endapan bentonit didalam oven dengan menggunakan suhu $60^\circ C$.



Gambar 3 Pengeringan dengan suhu 60°
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

- d. Menghaluskan bentonit yang telah kering.
- e. Merendam kembali bentonit yang telah kering dengan larutan pemisahanya yaitu larutan $FeCl_3$ selama 24 jam.



Gambar 4 Perendaman menggunakan $FeCl_3$
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

- f. Mendektansi kembali.
- g. Mencuci endapan dengan aquades sampai kandungan kloritnya hilang.
- h. Mengeringkan kembali dengan dimasukkan ke dalam oven dengan suhu $60^\circ C$.



Gambar 5 Bentonit yang telah kering
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

- i. Menghaluskan bentonit yang telah kering dan dipanaskan pada suhu 120°C.

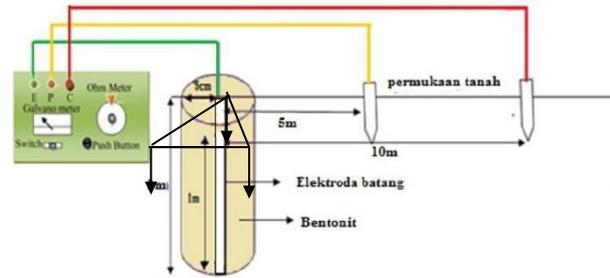
2.4. Pengujian Tahanan Tanah

a. Sistem Pentanahan Menggunakan bentonit

- 1) Membuat lubang pentanahan sebanyak 1 buah lubang untuk rod utama dan 3 buah lubang untuk rod delta.
- 2) Memasukan pipa galvania pada lubang utama, dan menanam batang elektroda sepanjang 1 meter pada pipa tersebut.
- 3) Menanam elektroda penyusun atau sangkar disekeliling elektroda utama dengan panjang sisi 1 meter berbentuk segitiga sama sisi dengan ukuran panjang elektroda masing-masing 1 meter.
- 4) Memberikan bentonit yang telah teraktivasi pada elektroda utama sebanyak 2 kg pada minggu pertama dan seterusnya 1 kg pada setiap 10 hari.
- 5) Menguji menggunakan alat ukur *earth resistance tester* model 4105. Alat ukur ini dihubungkan dengan elektroda utama dan dengan menggunakan metode 3 titik yaitu dengan menggunakan 2 elektroda bantu yang mana elektroda bantu pertama berjarak 5 meter dari elektroda utama, dan elektroda bantu kedua berjarak 10 meter dari elektroda utama.
- 6) Pengukuran dilaksanakan 30 hari, dimana setiap 10 hari 1 kg bentonit ditambahkan ke dalam lubang pentanahan elektroda utama.

b. Sistem Pentanahan Arang-Garam (SIGARANG)

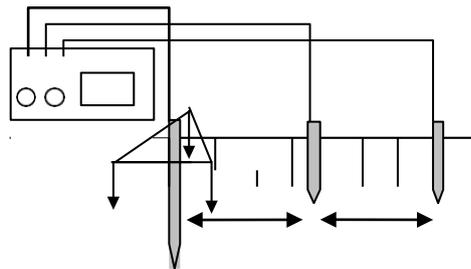
- 1) Membuat lubang pentanahan sebanyak 1 buah lubang untuk rod utama dan 3 buah lubang untuk rod delta.
- 2) Memasukan pipa galvania pada lubang utama, dan menanam batang elektroda sepanjang 1 meter pada pipa tersebut.
- 3) Menanam elektroda penyusun atau sangkar disekeliling elektroda utama dengan panjang sisi 1 meter berbentuk segitiga sama sisi dengan ukuran panjang elektroda masing-masing 1 meter.
- 4) Memberikan arang, air, dan garam dengan komposisi 1kg arang dan 0,5 kg garam setiap 10 hari pada elektroda utama.
- 5) Menguji menggunakan alat ukur *earth resistance tester* model 4105. Alat ukur ini dihubungkan dengan elektroda utama dan dengan menggunakan metode 3 titik yaitu dengan menggunakan 2 elektroda bantu yang mana elektroda bantu pertama berjarak 5 meter dari elektroda utama, dan elektroda bantu kedua berjarak 10 meter dari elektroda utama.
- 6) Pengujian dilakukan selama 30 hari.



Gambar 6 Skematik pengujian sistem perbaikan pentanahan

c. Sistem Pentanahan Tanpa Perbaikan

- 1) Membuat lubang pentanahan sebanyak 1 buah lubang untuk rod utama dan 3 buah lubang untuk rod delta.
- 2) Menanam batang elektroda sepanjang 1 meter pada pipa tersebut.
- 3) Menanam elektroda penyusun atau sangkar disekeliling elektroda utama dengan panjang sisi 1 meter berbentuk segitiga sama sisi dengan ukuran panjang elektroda 1,0 m, 1,0m, 1,0 m.
- 4) Menguji menggunakan alat ukur *earth resistance tester* model 4105. Alat ukur ini dihubungkan dengan elektroda utama dan dengan menggunakan metode 3 titik yaitu dengan menggunakan 2 elektroda bantu yang mana elektroda bantu pertama berjarak 5 meter dari elektroda utama, dan elektroda bantu kedua berjarak 10 meter dari elektroda utama.
- 5) Pengujian dilakukan selama 30 hari.



Gambar 7 Skematik pengujian pentanahan tanpa perbaikan

2.5. Desain Sistem

Penelitian ini dilakukan pada dua lokasi berbeda dengan desain sistem seperti berikut:



Gambar 8 Desain lokasi pertama
(Sumber: Dokumentasi pribadi)



Gambar 9 Desain lokasi kedua
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Pengukuran pada penelitian ini meliputi 2 tempat dan memiliki jenis kondisi tanah yaitu:

- Pada Gambar 8 bertempat di belakang Fakultas Teknik dan Sains (FTS) Universitas Muhammadiyah Purwokerto (UMP) yang memiliki kondisi jenis tanah yaitu tanah kering dan berbatu.
- Pada Gambar 9 bertempat di Techno Park Universitas Muhammadiyah Purwokerto yang memiliki kondisi jenis tanah yaitu tanah padas (tanah persawahan).

Peralatan pengukuran yang digunakan dalam proses pengukuran pada penelitian adalah KYORITSU *Digital Earth Resistance Tester*. Alat ini memiliki fungsi menampilkan nilai tahanan tanah yang terukur dan spesifikasi teknis pada alat ini, yaitu:

- Memiliki jumlah terminal 3 buah yaitu E (hijau), P (kuning) dan C (merah).
- Range pengukuran atau batas ukur untuk tahanan tanah yaitu 0 sampai 20 Ω , 0 sampai 200 Ω dan 0 sampai 2000 Ω .



Gambar 10 Kyoritsu 4105
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

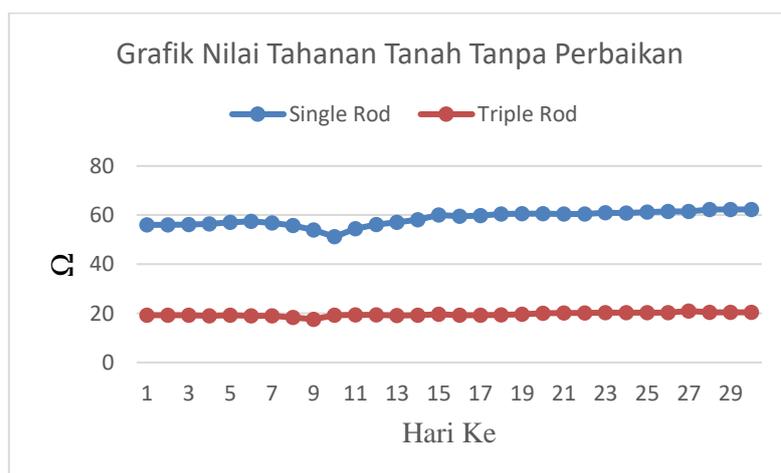
3.1. Pentanahan Tanpa Perbaikan

Pada penelitian ini sistem pentanahan dilakukan dengan pentanahan tanpa adanya perbaikan pada lokasi pertama di tanah belakang Fakultas Teknik dan Sains (FTS) Universitas Muhammadiyah Purwokerto (UMP) dan lokasi kedua di tanah *Techno Park* Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Pengukuran dengan menggunakan alat Kyoritsu *digital earth resistance tester* dengan jarak antar probe 5 meter. Pengukuran dilakukan di hari ke 1 tanggal 16 November 2020 sampai hari ke 30 pada tanggal 15 Desember 2020. Pengukuran dilakukan pada pukul 08.00-10.00 WIB.

Tabel 1. Nilai pentanahan lokasi pertama pada tanah FTS UMP

Hari Ke	Tanpa Perbaikan		Hari Ke	Tanpa Perbaikan	
	Single Rod	Triple Rod		Single Rod	Triple Rod
1.	56 Ω	19,2 Ω	16.	59,5 Ω	19,2 Ω
2.	56 Ω	19,2 Ω	17.	59,8 Ω	19,2 Ω
3.	56,1 Ω	19,2 Ω	18.	60,5 Ω	19,4 Ω
4.	56,4 Ω	19 Ω	19.	60,6 Ω	19,6 Ω
5.	57 Ω	19,3 Ω	20.	60,6 Ω	20 Ω
6.	57,3 Ω	19 Ω	21.	60,4 Ω	20,1 Ω
7.	56,8 Ω	19 Ω	22.	60,3 Ω	20,2 Ω
8.	55,8 Ω	18,3 Ω	23.	61 Ω	20,3 Ω
9.	54 Ω	17,6 Ω	24.	60,8 Ω	20,3 Ω
10.	51,2 Ω	19,2 Ω	25.	61,2 Ω	20,3 Ω
11.	54,5 Ω	19,4 Ω	26.	61,5 Ω	20,3 Ω
12.	56,2 Ω	19,4 Ω	27.	61,5 Ω	21 Ω
13.	57 Ω	19,1 Ω	28.	62,2 Ω	20,4 Ω
14.	58,1 Ω	19,3 Ω	29.	62,3 Ω	20,4 Ω
15.	60 Ω	19,6 Ω	30.	62,3 Ω	20,4 Ω

Pada Tabel 1 dinyatakan bahwa nilai tahanan tanah pada lokasi pertama yang bertempat pada belakang Fakultas Teknik dan Sains (FTS) Universitas Muhammadiyah Purwokerto (UMP), nilai yang dihasilkan cukup fluktuatif yang dapat dilihat pada grafik Gambar 11.



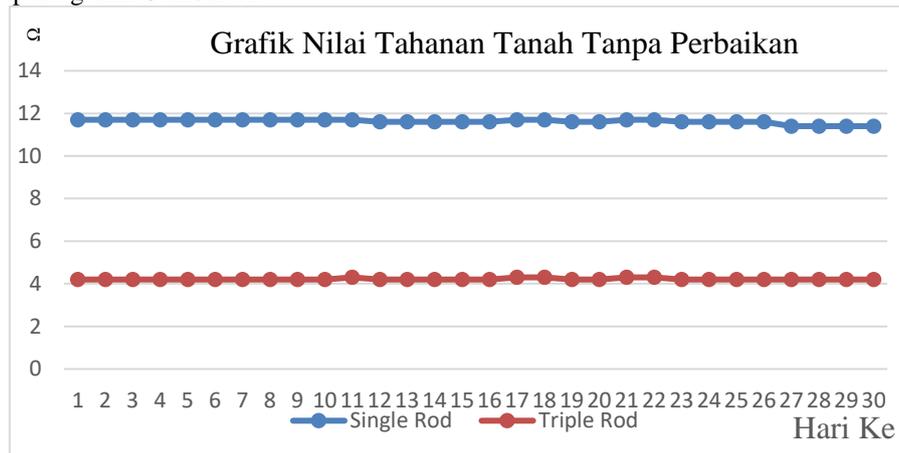
Gambar 11. Grafik nilai tahanan tanah lokasi pertama tanah FTS UMP

Tabel 2. Nilai pentanahan lokasi kedua tanah Techno Park UMP

Hari Ke	Tanpa Perbaikan		Hari Ke	Tanpa Perbaikan	
	Single Rod	Triple Rod		Single Rod	Triple Rod
1.	11,7 Ω	4,2 Ω	16.	11,6 Ω	4,2 Ω
2.	11,7 Ω	4,2 Ω	17.	11,7 Ω	4,3 Ω
3.	11,7 Ω	4,2 Ω	18.	11,7 Ω	4,3 Ω
4.	11,7 Ω	4,2 Ω	19.	11,6 Ω	4,2 Ω
5.	11,7 Ω	4,2 Ω	20.	11,6 Ω	4,2 Ω
6.	11,7 Ω	4,2 Ω	21.	11,7 Ω	4,3 Ω
7.	11,7 Ω	4,2 Ω	22.	11,7 Ω	4,3 Ω
8.	11,7 Ω	4,2 Ω	23.	11,6 Ω	4,2 Ω
9.	11,7 Ω	4,2 Ω	24.	11,6 Ω	4,2 Ω

Hari Ke	Tanpa Perbaikan		Hari Ke	Tanpa Perbaikan	
	Single Rod	Triple Rod		Single Rod	Triple Rod
10.	11,7 Ω	4,2 Ω	25.	11,6 Ω	4,2 Ω
11.	11,7 Ω	4,3 Ω	26.	11,6 Ω	4,2 Ω
12.	11,6 Ω	4,2 Ω	27.	11,4 Ω	4,2 Ω
13.	11,6 Ω	4,2 Ω	28.	11,4 Ω	4,2 Ω
14.	11,6 Ω	4,2 Ω	29.	11,4 Ω	4,2 Ω
15.	11,6 Ω	4,2 Ω	30.	11,4 Ω	4,2 Ω

Pada Tabel 2. dinyatakan bahwa nilai tahanan tanah pada lokasi kedua yang berlokasi di *Techno Park* Universitas Muhammadiyah Purwokerto (UMP), menunjukkan nilai yang dihasilkan tidak terlalu fluktuatif dapat dilihat pada grafik Gambar 12.



Gambar 12. Grafik nilai tahanan tanah lokasi kedua *techno park* UMP

Pada hasil penelitian diketahui bahwa nilai tahanan tanah tanpa adanya perbaikan hasilnya mengalami kenaikan dari hari pertama hingga hari ke tiga puluh. Ini disebabkan karena adanya cuaca yang mempengaruhi kelembaban tanah. Dari hasil tersebut dapat dilihat untuk lokasi pertama sangat fluktuatif dan cenderung naik dari hari ke hari karena tanah pada lokasi pertama merupakan jenis tanah kering dan berbatu sehingga tekstur tanah di dalamnya tidak ada air saat cuaca panas dan basah ketika cuaca hujan. Nilai pentanahan tanpa perbaikan mendapatkan kenaikan nilai 10% untuk *single rod* dan 5,9% untuk *triple rod*. Berikut ini perhitungan rata-rata nilai tahanan tanahnya, yaitu :

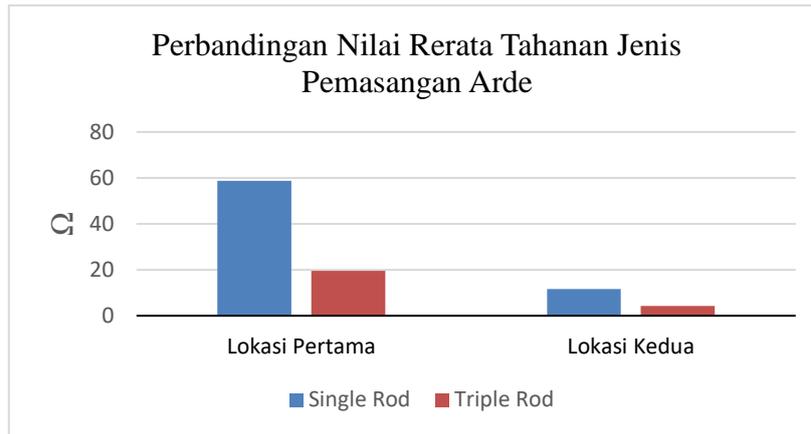
1. *Single rod*

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\sum \text{total nilai tahanan}}{\sum \text{hari}} \\ \text{Rata-rata} &= \frac{1757,1}{30} \\ &= 58,7 \Omega \end{aligned}$$

2. *Triple rod*

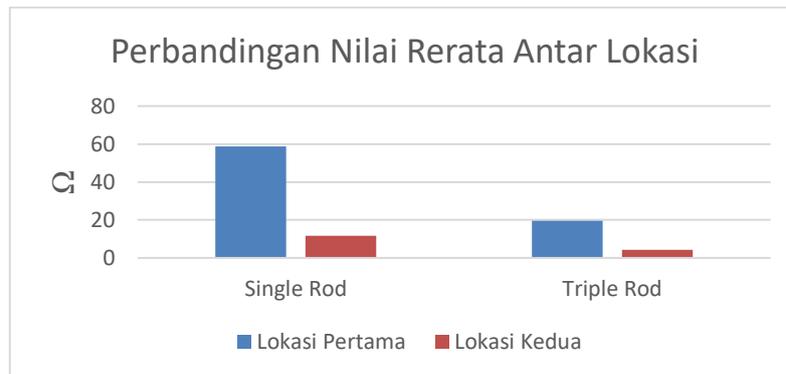
$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{\sum \text{total nilai tahanan}}{\sum \text{hari}} \\ \text{Rata-rata} &= \frac{586,9}{30} \\ &= 19,6 \Omega \end{aligned}$$

Pada hasil penelitian di lokasi kedua diketahui bahwa nilai tahanan tanah tanpa perbaikan mengalami penurunan pada *single rod* dan pada *triple rod* nilainya fluktuatif bahkan cenderung *flat* nilainya dari hari pertama sampai hari ke tiga puluh. Ini disebabkan karena adanya kondisi tanah yang merupakan tanah wadas atau tanah persawahan yang memiliki tekstur tanah yang lembab dan berair, itu yang membuat nilai tahanan tanah tidak terlalu mengalami penurunan dan kenaikan yang tajam bahkan cenderung sama nilai tahanan tanah dari hari ke-1 sampai hari ke-30 pada *triple rod*. Nilai persentase penurunan pada *single rod* yaitu 2,6% dan pada *triple rod* yaitu 0% (tidak ada penurunan). Dapat diartikan bahwa dengan kondisi jenis tanah persawahan yang berair maka nilai tahanan dari hari ke-1 sampai ke-30 nilainya sama saja walaupun mengalami penurunan hanya kurang dari 3%.



Gambar 13. Grafik perbandingan nilai rerata tahanan kedua lokasi

Dari Gambar 13 diperlihatkan grafik nilai rerata tahanan tanah kedua lokasi, dari lokasi pertama perbandingan antara *single rod* dan *triple rod* yaitu $19,1 \Omega$ dan pada lokasi kedua perbandingan antara *single rod* dan *triple rod* yaitu $7,4 \Omega$. Jika di persentase maka untuk lokasi pertama perbandingannya adalah 33,4% dan untuk lokasi kedua adalah 36,2%.

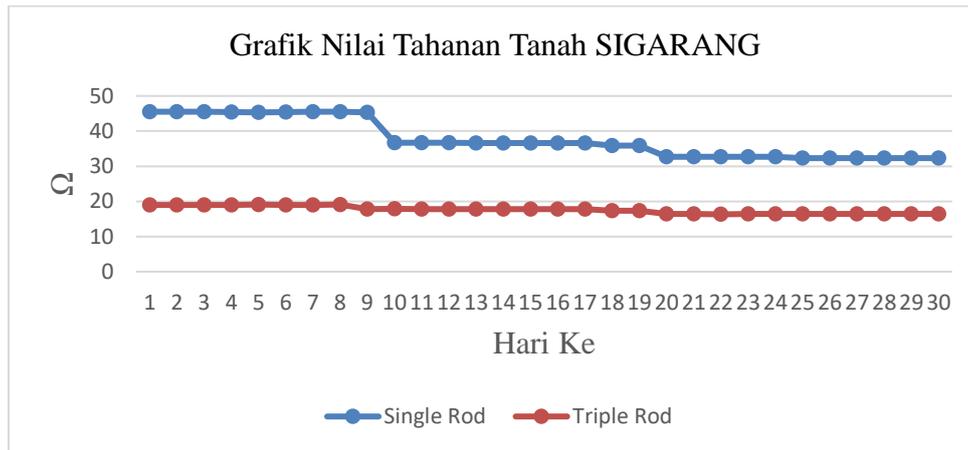


Gambar 14 Grafik nilai rerata tahanan antar lokasi

Pada Gambar 14 memperlihatkan perbandingan nilai untuk elektroda *single rod* dan *triple rod* antar kedua lokasi. Untuk *single rod* memiliki selisih $47,11 \Omega$ dan untuk *triple rod* memiliki selisih $15,4 \Omega$. Untuk persentase nilai *single rod* pada antar lokasi adalah 19,8% dan untuk *triple rod* pada antar lokasi adalah sebesar 21%.

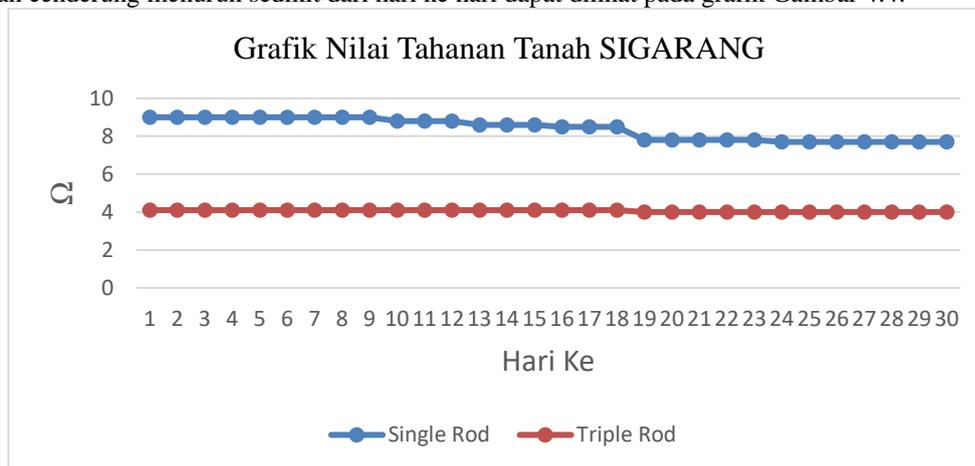
3.2. Sistem Pentanahan Arang-Garam (SIGARANG)

Pada penelitian ini sistem pentanahan dilakukan dengan menggunakan pentanahan arang-garam pada lokasi pertama di tanah belakang Fakultas Teknik dan Sains (FTS) dan lokasi kedua di tanah *Techno Park* Universitas Muhammadiyah Purwokerto (UMP). Pengukuran dengan menggunakan alat Kyoritsu digital earth resistance tester dengan jarak antar probe 5 meter. Pengukuran dilakukan mulai 16 November 2020 sampai 15 Desember 2020. Pengukuran dilakukan pada pukul 08.00-10.00 WIB. Pada Gambar 15 menunjukkan bahwa nilai tahanan tanah menggunakan sistem arang-garam (SIGARANG) pada lokasi pertama bertempat di belakang Fakultas Teknik Sains (FTS) Universitas Muhammadiyah Purwokerto (UMP), menunjukkan nilai yang cenderung menurun.



Gambar 15 Grafik nilai tahanan tanah SIGARANG lokasi pertama tanah FTS UMP

Pada Gambar 16. menunjukkan bahwa nilai tahanan tanah SIGARANG (sistem pentanahan arang-garam) pada lokasi kedua bertempat di *Techno Park* Universitas Muhammadiyah Purwokerto (UMP), nilai tahanan yang dihasilkan cenderung menurun sedikit dari hari ke hari dapat dilihat pada grafik Gambar 4.4.



Gambar 16. Nilai tahanan tanah SIGARANG lokasi kedua *techno park* UMP

Hasil penelitian pada lokasi pertama menggunakan metode perbaikan arang-garam mengalami penurunan dari hari pertama sampai hari ke tiga puluh. Itu dikarenakan setiap 10 hari ditambahkan garam-arang dengan perbandingan garam dan arang yaitu 2:1 dengan spesifiknya 1kg garam dan 0,5 kg arang. Dengan adanya penambahan tersebut pada elektroda utamanya (*single rod*) menyebabkan adanya penurunan nilai tahanan yang cukup signifikan, akan tetapi pada *triple rod* tidak mengalami penurunan yang signifikan. Persentase total nilai penurunan dari hari pertama hingga hari ke tiga puluh adalah seperti berikut:

1. *Single rod*

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Kondisi Awal} - \text{Kondisi Akhir}}{\text{Kondisi Awal}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase} = \frac{45,5 - 32,3}{45,5} \times 100\% = 29\%$$

2. *Triple rod*

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Kondisi Awal} - \text{Kondisi Akhir}}{\text{Kondisi Awal}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase} = \frac{19 - 16,4}{19} \times 100\% = 13,7\%$$

Hasil penelitian pada lokasi kedua dengan metode perbaikan menggunakan arang-garam menunjukkan nilai tahanan tanah mengalami penurunan pada *single rod* yang cukup signifikan akan tetapi pada *triple rod* hanya mengalami penurunan satu kali. Sama halnya pada lokasi pertama di lokasi kedua menggunakan sistem

setiap 10 hari ditambahkan garam dan arang. Dengan perbandingan 2:1 atau 1 kg garam dan 0,5 kg arang. Penambahan dilakukan pada hari ke 10, 20, dan 30.

Tabel 3. Total nilai rata-rata tahanan SIGARANG lokasi pertama tanah FTS UMP

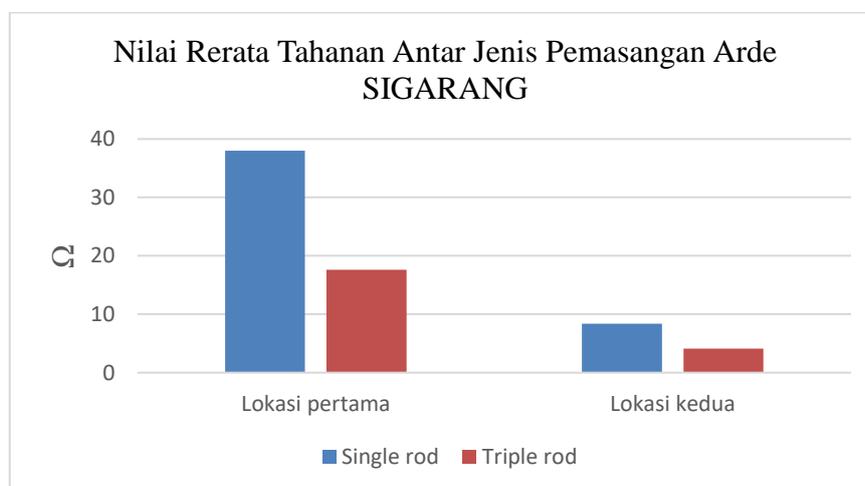
Hari Ke	Single rod (Ω)	Triple rod (Ω)
1-10	45,5	18,8
11-20	36,1	17,6
21-30	32,5	16,4
Rata-rata	38	17,6

Tabel 4. Total nilai rata-rata tahanan SIGARANG lokasi kedua tanah *Techno Park UMP*

Hari Ke	Single rod (Ω)	Triple rod (Ω)
1-10	8,9	4,1
11-20	8,5	4,1
21-30	8,7	4
Rata-rata	8,4	4,1

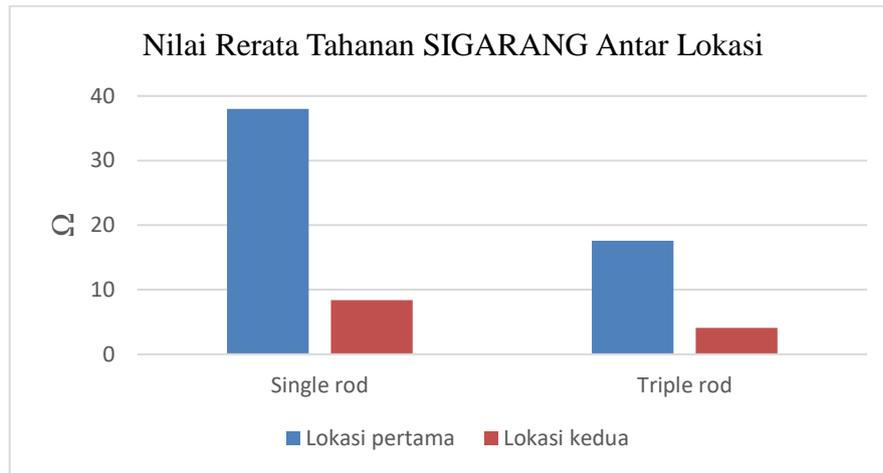
Tabel 5. Perbandingan nilai rerata tahanan antar jenis pemasangan arde SIGARANG

Tempat	Single Rod Nilai Rerata Tahanan (Ω)	Triple Rod Nilai Rerata Tahanan (Ω)
Lokasi Pertama	38	17,6
Lokasi Kedua	8,4	4,1



Gambar. 17 Grafik nilai rerata tahanan antar jenis pemasangan arde SIGARANG

Gambar 17 memperlihatkan grafik nilai rerata tahanan kedua elektrode, terlihat bahwa antara *single rod* dan *triple rod* nilainya amat jauh berbeda. Dari lokasi pertama perbandingan selisih nilai tahanan antara *single rod* dan *triple rod* yaitu 20,4 Ω dan pada lokasi kedua perbandingan selisih nilai tahanan antara *single rod* dan *triple rod* yaitu 4,3 Ω . Jika di persentase maka untuk lokasi pertama perbandingannya adalah 46,3% dan untuk lokasi kedua adalah 48,8%.

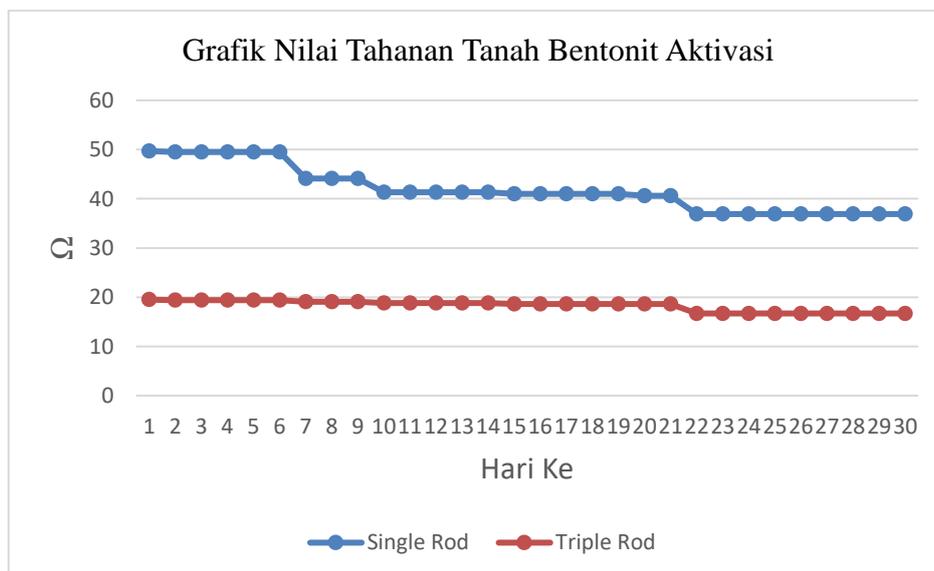


Gambar 18 Grafik nilai rerata tahanan SIGARANG antar lokasi

Gambar 18, memperlihatkan perbandingan nilai tahanan SIGARANG *single rod* dan *triple rod* antar lokasi. Untuk *single rod* memiliki selisih nilai tahanan 29,6 Ω dan untuk *triple rod* memiliki selisih nilai tahanan 13,5 Ω. Untuk persentase nilai *single rod* pada antar lokasi adalah 22,1% dan untuk *triple rod* pada antar lokasi adalah sebesar 23,3%.

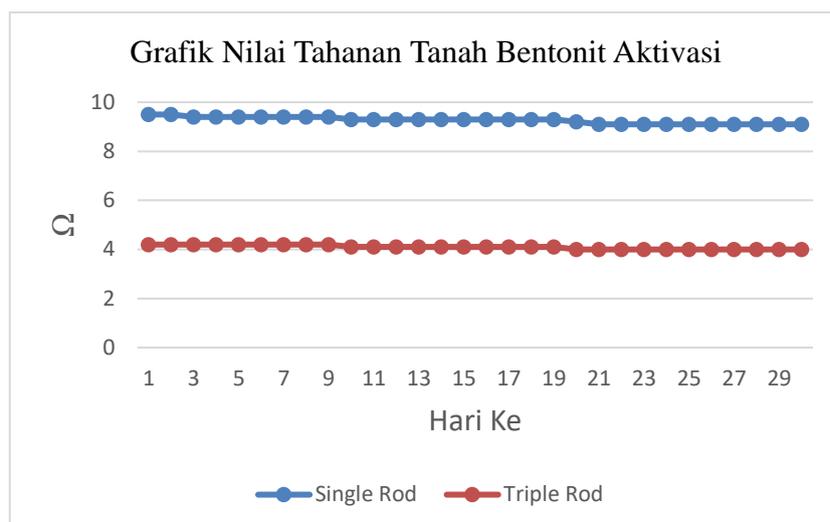
3.3. Sistem Pentanahan Menggunakan Bentonit Aktivasi

Pada penelitian ini sistem pentanahan dilakukan dengan menggunakan bentonit aktivasi pada lokasi pertama di tanah belakang Fakultas Teknik dan Sains (FTS) dan lokasi kedua di tanah *Techno Park* Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Pengukuran dengan menggunakan alat Kyoritsu *digital earth resistance tester* dengan jarak antar probe 5 meter. Pengukuran dilakukan mulai tanggal 16 November 2020 sampai 15 Desember 2020. Pengukuran dilakukan pada pukul 08.00-10.00 WIB. Pada Gambar 19, menunjukkan bahwa nilai tahanan tanah menggunakan bentonit aktivasi pada lokasi pertama bertempat di belakang gedung Fakultas Teknik dan Sains (FTS) Universitas Muhammadiyah Purwokerto (UMP), menunjukkan nilai tahanan tanah mengalami penurunan pada *single rod*.



Gambar 19 Nilai tahanan tanah bentonit aktivasi

Pada Gambar 20, menunjukkan bahwa nilai tahanan tanah menggunakan bentonit aktivasi pada *Techno Park* Universitas Muhammadiyah Purwokerto (UMP), menunjukkan nilai tahanan tanah tersebut mengalami sedikit penurunan.



Gambar 20 Nilai tahanan tanah bentonit aktivasi lokasi kedua *techno park* UMP

Pada hasil penelitian lokasi pertama menggunakan bentonit aktivasi mengalami penurunan dari hari pertama hingga hari ke tiga puluh, dikarenakan di setiap 10 hari diberi penambahan bentonit aktivasi yaitu sebesar 1 kg di elektroda utamanya. Untuk mengetahui berapa nilai rata-ratanya per 10 hari, ditampilkan pada Tabel 6 dan Tabel 7

Tabel 6. Rata-rata nilai tahanan *single rod*

Hari ke	Nilai Tahanan (Ω)	Hari ke	Nilai Tahanan (Ω)	Hari ke	Nilai Tahanan (Ω)
1	49,7	11	41,3	21	40,6
2	49,5	12	41,3	22	36,9
3	49,5	13	41,3	23	36,9
4	49,5	14	41,3	24	36,9
5	49,5	15	41	25	36,9
6	49,5	16	41	26	36,9
7	44,1	17	41	27	36,9
8	44,1	18	41	28	36,9
9	44,1	19	41	29	36,9
10	41,3	20	40,6	30	36,9
Rata-rata= 47,1		Rata-rata= 41		Rata-rata= 32,3	

Tabel 7. Rata-rata nilai tahanan *triple rod*

Hari ke	Nilai Tahanan (Ω)	Hari ke	Nilai Tahanan (Ω)	Hari ke	Nilai Tahanan (Ω)
1	19,5	11	18,8	21	18,6
2	19,4	12	18,8	22	16,7
3	19,4	13	18,8	23	16,7
4	19,4	14	18,8	24	16,7
5	19,4	15	18,6	25	16,7
6	19,4	16	18,6	26	16,7
7	19,1	17	18,6	27	16,7
8	19,1	18	18,6	28	16,7
9	19,1	19	18,6	29	16,7
10	18,8	20	18,6	30	16,7
Rata-rata= 19,3		Rata-rata= 18,7		Rata-rata= 16,9	

Untuk persentase total nilai penurunan dari hari pertama hingga hari ke tiga puluh adalah seperti berikut:

1. *Single rod*

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Kondisi Awal}-\text{Kondisi Akhir}}{\text{Kondisi Awal}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase} &= \frac{49,7-36,9}{49,7} \times 100\% \\ &= 25,8\% \end{aligned}$$

2. *Triple rod*

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Kondisi Awal}-\text{Kondisi Akhir}}{\text{Kondisi Awal}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase} &= \frac{19,5-16,7}{19,5} \times 100\% \\ &= 14,4\% \end{aligned}$$

Untuk mengetahui nilai perbandingan nilai rata-rata antar elektrode maka harus diketahui dulu total nilai rata-ratanya, dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9

Tabel 8. Total nilai rata-rata tahanan bentonit aktivasi lokasi pertama FTS UMP

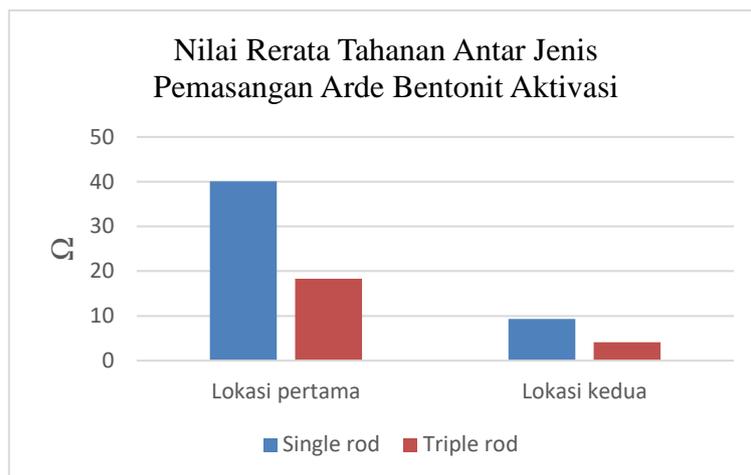
Hari Ke	<i>Single rod</i> (Ω)	<i>Triple rod</i> (Ω)
1-10	47,1	19,3
11-20	41	18,7
21-30	32,3	16,9
Rata-rata	40,1	18,3

Tabel 9. Total nilai rata-rata tahanan bentonit aktivasi lokasi kedua tanah *techno park UMP*

Hari Ke	<i>Single rod</i> (Ω)	<i>Triple rod</i> (Ω)
1-10	9,4	4,2
11-20	9,3	4,1
21-30	9,1	4
Rata-rata	9,3	4,1

Tabel 10. Perbandingan nilai rerata tahanan antar jenis elektrode dengan bentonit aktivasi

Tempat	<i>Single Rod</i> Nilai Rerata Tahanan (Ω)	<i>Triple Rod</i> Nilai Rerata Tahanan (Ω)
Lokasi Pertama	40,1	18,3
Lokasi Kedua	9,3	4,1

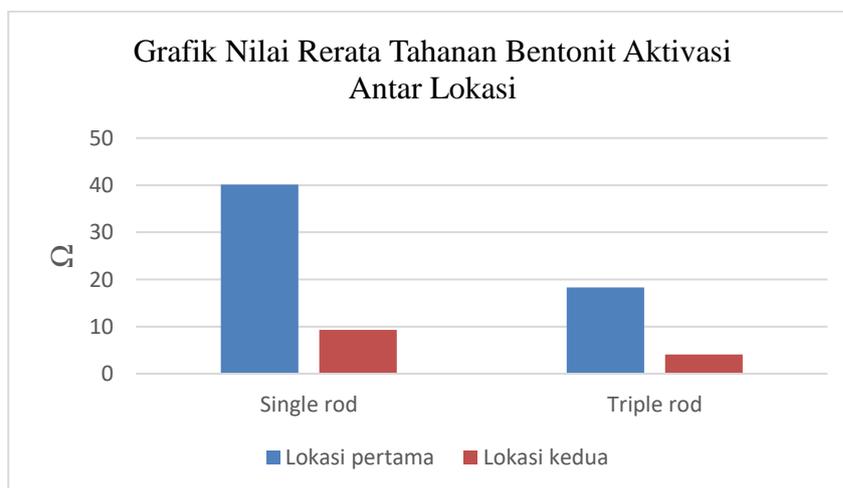


Gambar 21. Grafik nilai rerata tahanan antar jenis pemasangan arde bentonit aktivasi

Gambar 21, memperlihatkan grafik nilai rerata tahanan kedua jenis elektrode, dari grafik tersebut terlihat bahwa antara *single rod* dan *triple rod* nilainya amat jauh berbeda. Dari lokasi pertama perbandingan selisih nilai tahanan antara *single rod* dan *triple rod* yaitu 21,8 Ω dan pada lokasi kedua perbandingan selisih nilai tahanan antara *single rod* dan *triple rod* yaitu 5,2 Ω . Jika di persentase maka untuk lokasi pertama perbandingannya adalah 45,6% dan untuk lokasi kedua adalah 44,1%. Untuk perbandingan nilai tahanan tanah antar lokasi dapat di lihat pada tabel 11.

Tabel 11. Nilai rerata tahanan bentonit aktivasi antar lokasi

Jenis Sistem Rod	Lokasi Pertama Nilai Rerata Tahanan (Ω)	Lokasi Kedua Nilai Rerata Tahanan (Ω)
<i>Single Rod</i>	40,1	9,3
<i>Triple Rod</i>	18,3	4,1



Gambar 22 Grafik nilai rerata tahanan bentonit aktivasi antar lokasi

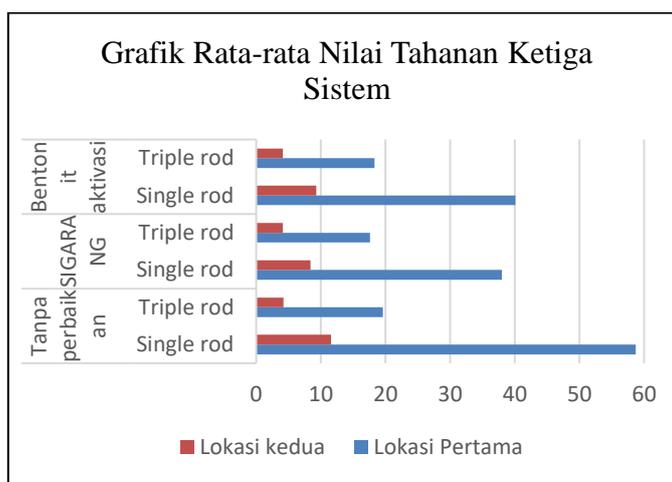
Gambar 22 memperlihatkan perbandingan nilai tahanan bentonit aktivasi *single rod* dan *triple rod* antar lokasi. Bahwasanya lokasi sangat mempengaruhi nilai tahanan tanah. Untuk *single rod* memiliki selisih nilai tahanan 30,8 Ω dan untuk *triple rod* memiliki selisih nilai tahanan 14,2 Ω . Untuk persentase nilai *single rod* pada antar lokasi adalah 23,2% dan untuk *triple rod* pada antar lokasi adalah sebesar 22,4%.

3.4. Perbandingan Ketiga Sistem Pentanahan

Untuk melihat perbandingan ketiga sistem pentanahan yaitu pentanahan tanpa perbaikan, menggunakan garam-arang, dan bentonit aktivasi, memerlukan total rata-rata nilai dari ketiga sistem pentanahan tersebut. Rata-rata nilai pentanahan ditampilkan pada Tabel 212

Tabel 12. Nilai rata-rata ketiga sistem pentanahan

Tempat	Tanpa perbaikan		SIGARANG		Bentonit aktivasi	
	<i>Single rod</i>	<i>Triple rod</i>	<i>Single rod</i>	<i>Triple rod</i>	<i>Single rod</i>	<i>Triple rod</i>
Lokasi Pertama	58,7	19,6	38	17,6	40,1	18,3
Lokasi kedua	11,6	4,2	8,4	4,1	9,3	4,1



Gambar 23 Grafik nilai rata-rata nilai tahanan ketiga sistem

3.5. Analisa Stastistik

Untuk analisa statistiknya disini membandingkan nilai tahanan tanah murni dengan sistem perbaikan pentanahan pada kedua lokasi. Dari lokasi pertama maupun kedua sistem perbaikan pentanahan yang terbaik adalah menggunakan sistem garam-arang. Dan untuk perbandingannya menggunakan metode eksperimen pentanahan *single rod* tanpa perbaikan dengan sistem pentanahan *single rod* menggunakan garam-arang. Uji statistik menggunakan dua sampel berpasangan dengan satu populasi yang sama dengan taraf kepercayaan 95%, maka alpha yang diperoleh adalah $5\% = 0,05$. Hipotesis yang akan diuji adalah pada lokasi pertama dan kedua dengan elektrode *single rod* tanpa perbaikan dan dengan perbaikan garam-arang

- a. Untuk hasilnya pada lokasi pertama adalah sebagai berikut:

$$H_0 = (\mu_1 - \mu_2) = 0 \text{ (Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara tanpa perbaikan dengan sesudah perbaikan)}$$

$$H_1 = (\mu_1 - \mu_2) \neq 0 \text{ (Terdapat perbedaan yang signifikan antara tanpa perbaikan dengan sesudah perbaikan)}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left\{ \sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n} \right\}}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{29} \left\{ 14793,42 - \frac{(626)^2}{30} \right\}}$$

$$s = 7,72$$

$$t = \frac{\frac{\sum D}{n}}{\frac{s}{\sqrt{n}}}, \quad t = \frac{\frac{626}{30}}{\frac{7,72}{\sqrt{30}}} \quad t = 14,80$$

$$t_{\text{tabel}} = t(0,05;29) = 2,045$$

Penentuan nilai aturan penolakan H_0 yaitu H_0 ditolak dengan ketentuan jika $|t\text{-hitung}| > t\text{-tabel}$. Keputusan dari hipotesis pada kasus sampel lokasi pertama adalah sebagai berikut:

$$|t\text{-hitung}| = |14,80| = 14,80$$

$$t\text{-tabel} = 2,045$$

$$|t\text{-hitung}| > t\text{-tabel}, \text{ maka tolak } H_0$$

Dapat disimpulkan karena H_0 , maka terima H_1 yang artinya terdapat perbedaan nilai statistika yang signifikan pada pentanahan tanpa perbaikan dengan perbaikan tahanan tanah menggunakan sistem garam-arang pada lokasi pertama.

b. Untuk hasil pada lokasi kedua adalah sebagai berikut:

$H_0 = (\mu_1 - \mu_2) = 0$ (Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara tanpa perbaikan dengan sesudah perbaikan)

$H_1 = (\mu_1 - \mu_2) \neq 0$ (Terdapat perbedaan yang signifikan antara tanpa perbaikan dengan sesudah perbaikan)

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left\{ \sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n} \right\}}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{29} \left\{ 321,49 - \frac{(97,1)^2}{30} \right\}}, \quad s = 0,5$$

$$t = \frac{\frac{\sum D}{n}}{\frac{s}{\sqrt{n}}}, \quad t = \frac{\frac{97,1}{30}}{\frac{0,5}{\sqrt{30}}}$$

$$t = \frac{3,24}{0,09} = 36$$

$$t_{\text{tabel}} = t(0,05;29) = 2,045$$

Penentuan nilai aturan penolakan H_0 yaitu H_0 ditolak dengan ketentuan jika $|t\text{-hitung}| > t\text{-tabel}$. Keputusan dari hipotesis pada kasus sampel lokasi pertama adalah sebagai berikut:

$$|t\text{-hitung}| = |36| = 36$$

$$t\text{-tabel} = 2,045$$

$$|t\text{-hitung}| > t\text{-tabel}, \text{ maka tolak } H_0$$

Dapat disimpulkan karena H_0 , maka terima H_1 yang artinya terdapat perbedaan nilai statistika yang signifikan pada pentanahan tanpa perbaikan dengan perbaikan tahanan tanah menggunakan sistem garam-arang pada lokasi pertama.

4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa perbaikan pentanahan menggunakan sistem pentanahan arang-garam memiliki persentase pada lokasi pertama yaitu 46,3% dan 48% antara single rod dan triple rod dan juga memiliki selisih 20,4 Ω dan 4,3 Ω . Sedangangkan untuk antar lokasi memiliki persentase 22,1% untuk single rod dan 23,3% untuk triple rod dan untuk selisihnya yaitu 29,6 Ω single rod 13,5 Ω triple rod.
2. Pentanahan menggunakan bentonit aktivasi memiliki persentase pada lokasi pertama yaitu 45,6% dan 44,1% antara single rod dan triple rod dan juga memiliki selisih 21,8 Ω dan 5,2 Ω . Sedangangkan untuk antar lokasi memiliki persentase 23,2% untuk single rod dan 22,4% untuk triple rod dan untuk selisihnya yaitu 30,8 Ω single rod 14,2 Ω triple rod.
3. Berdasarkan ketiga sistem pentanahan (tanpa perbaikan, arang-garam, dan bentonit aktivasi) yang memiliki nilai rata-rata tahanan terkecil pada kedua lokasi adalah pentanahan menggunakan sistem arang-garam.
4. Berdasarkan analisis statistika diketahui bahwa pentanahan sebelum adanya perbaikan dan sesudah adanya perbaikan sistem pentanahan dengan sistem garam-arang memiliki perbedaan nilai yang signifikan baik pada lokasi pertama dan lokasi kedua.
5. Dari hasil penelitian bahwa lokasi kedua memiliki nilai tahanan yang lebih kecil dibandingkan dengan lokasi pertama itu dikarenakan lokasi kedua memiliki tanah yang berjenis tanah wadas (sawah) yang memiliki sifat tanah itu lembab dan berair sehingga dapat menghasilkan tahanan yang kecil dan sesuai standar dari PUIL 2000.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Bartien, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000," *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2000, no. Puil, pp. 1–133, 2000.
- [2] Z. Abidin, "Karakteristik Batang Pentanahan Sistem Arang-Garam (Sigarang) Sebagai Upaya Perbaikan Sistem Pentanahan," *J. ECOTIPE*, vol. 4, no. 1, pp. 12–16, 2017, doi: 10.33019/ecotipe.v4i1.13.
- [3] D. Andini, Y. Martin, and H. Gusmedi, "Perbaikan Tahanan Pentanahan dengan Menggunakan Bentonit Teraktivasi," *J. Electrician*, vol. 10, pp. 45–53, 2016.
- [4] H. Stephanus, "Pengaruh Panjang Elektrode Sangkar Delta pada Nilai Resistans Pentanahan di Lokasi Sempit," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 2, 2016, doi: 10.22146/jnteti.v5i2.237.

