



Studi Tahanan Pentanahan Menggunakan Campuran Arang dan Garam Dalam Menurunkan Nilai Tahanan Tanah

The study of ground resistance using mixture of charcoal and salt in decreasing the value of ground resistance

Rian Dwi Nur Cahyo^{a,1}, Yuni Rahmawati^{a,2*}, Ariprihata^{a,3}

^aJurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang

¹ dwicahyorian2@gmail.com; ² yuni.rahmawati.ft@um.ac.id*; ³ aripriharta.ft@um.ac.id

* penulis yang sesuai (corresponding author)

Abstrak. Salah satu upaya dalam menurunkan nilai tahanan tanah adalah dengan cara menambahkan arang dan garam. Kedua bahan ini ditanam bersamaan dengan elektroda di dalam tanah. Karena sifat arang adalah higroskopis dan garam yang memiliki kandungan mineral yang tinggi, maka perpaduan arang dan garam dapat menurunkan tahanan tanah dengan baik. Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan arang dan garam dalam menurunkan nilai tahanan tanah. Campuran arang dan garam ini diuji pada tanah lempung, berpasir dan lempung bercampur pasir. Pada pengujian ini didapat hasil pada campuran 10% arang dengan 90% garam yang dapat menurunkan tahanan tanah dengan baik pada ketiga jenis tanah yang berbeda. Pada tanah jenis lempung bercampur pasir didapatkan penurunan nilai tahanan tanah menjadi 10,7 Ω dari sebelum penambahan yaitu sebesar 32,0 Ω , pada jenis tanah lempung didapatkan 8,5 Ω dari sebelum penambahan sebesar 42,7 Ω , dan pada jenis tanah berpasir didapatkan hasil sebelum penambahan yaitu sebesar 40,5 Ω .

Kata Kunci: tahanan pentanahan, tahanan jenis tanah, arang, garam.

Abstract. One of the means in decreasing the ground resistance is by adding charcoal and salt. Both of these materials are planted along with the electrode under the ground. Because of the higroscopical properties of charcoal and the high mineral content of salt, therefore the combination of charcoal and salt can decrease the ground resistance well. The purpose of this study is to analyze the effect of charcoal and salt addition in decreasing the ground resistance. The charcoal and salt mixture was tested on clay, sandy, and mixture of clay and sandy soil. The results showed that the mix of 10% charcoal with 90% salt can decrease the ground resistance well on the three types of different soils. On the clay and sand soil mixture, the decrease of ground resistance become 10,7 Ω from before the addition which was 32 Ω , on the clay soil the result was 8,5 Ω than before addition which was 42,7 Ω , and on the sandy soil the result was 12,7 Ω compared to before the addition which was 40,5 Ω .

Keywords: Ground resistance, Soil variant resistance, charcoal, salt.

1 Pendahuluan

Sistem pentanahan adalah sistem proteksi yang berfungsi sebagai pengaman sistem instalasi listrik dari adanya gangguan arus dan tegangan lebih. Pada sistem pentanahan yang paling utama diperhatikan adalah nilai tahanan pentanahannya. Semakin kecil nilai tahanan pentanahan maka semakin baik pula sistem pentanahannya, namun apabila terdapat nilai tahanan tanahnya masih tinggi perlu adanya upaya untuk menurunkan nilai tahananannya.

Dalam PUIL 2000 [2] dijelaskan bahwa upaya menurunkan nilai tahanan tanah dapat dilakukan beberapa cara yaitu dengan memperdalam panjang batang elektroda, menambah diameter batang elektroda. Jika tahanan tanahnya tinggi, menurut Andini [3] pada penelitiannya untuk

memperkecil tahanan pentanahan yaitu dengan cara memodifikasi tanah dengan cara menambahkan suatu zat aditif ke dalam tanah.

Zat aditif yang umum digunakan antara lain zeolit, gypsum, bentonite. Namun mengingat harga bentonite terbilang mahal untuk sebagian orang maka perlu adanya bahan lain yang lebih murah dan tentu mampu menurunkan nilai tahanan dengan baik. Dalam penelitian ini mencoba campuran arang dan garam dalam menurunkan nilai tahanan tanah di mana arang dan garam dipilih sebagai bahan pada penelitian ini.

Pada penelitian ini media tanah yang diuji adalah tanah jenis berpasir, lempung, dan lempung bercampur pasir. Di mana pada buku Hadiyatmo [1] tanah jenis pasir memiliki tekstur berongga dan berpori sehingga tidak dapat menyimpan air dengan baik dan tanah lempung pun belum tentu terdiri dari partikel lempung saja. Oleh karena itu dapat mempengaruhi nilai tahanan tanah sehingga diperlukan tindakan untuk menurunkan nilai tahanan tanah.

1.1 Garam

Garam dalam ilmu kimia, adalah senyawa ionik yang terdiri dari ion positif (kation) dan ion negatif (anion) yang dilambangkan dengan rumus kimia yaitu NaCl [4]. Garam merupakan suatu zat elektrolit yang dapat menghantarkan arus listrik sehingga dapat meningkatkan daya hantar ke dalam tanah dengan baik [9]. Selain itu garam memiliki sifat yang dapat mengikat tanah sehingga dapat mengubah tekstur tanah menjadi lebih padat.

1.2 Arang

Arang adalah residu hitam yang berasal dari sisa pembakaran kayu pada tumbuh-tumbuhan. Arang memiliki tekstur yang berongga sehingga arang memiliki sifat higroskopis [4]. Sifat higroskopis adalah kemampuan suatu benda yang memiliki daya serap tinggi. Kandungan paling banyak dalam arang kayu adalah karbon yaitu sebesar 25,04 %. Menurut Opara [4] karbon aktif pada arang berperan sebagai agen untuk meningkatkan konduktivitas dari suatu tanah.

1.3 Tahanan jenis tanah

Tahanan pembumian adalah hambatan yang dialami oleh arus ketika mengalir ke tanah. Arus ini mengalir menuju tanah melalui elektroda pembumian yang ditanam atau ditancapkan ke dalam tanah pada kedalaman tertentu [12]. PUIL 2000 mendefinisikan tahanan pembumian sebagai jumlah tahanan elektroda pembumian dan tahanan penghantar pembumian. Tahanan ini terdiri dari tahanan yang disebabkan penghantar logam dan tanah. Tahanan yang ditimbulkan pada penghantar sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Menurut Andini [3] tahanan yang paling besar adalah tahanan yang ditimbulkan oleh tanah. Dalam sistem pembumian jenis tanah sangat mempengaruhi baik atau buruk sistem tersebut, hal ini dikarenakan tidak semua jenis tanah memiliki nilai resistansi yang baik. Nilai resistansi pada tanah dapat dipengaruhi oleh struktur dan kandungan tanah tersebut. Letak geografis suatu daerah juga dapat mempengaruhi struktur dan kandungan tanah. Beberapa tahanan jenis tanah dicantumkan dalam PUIL 200 [2] dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Nilai Tahanan Jenis Tanah

No.	Jenis Tanah	Nilai Resistansi (Ω m)
1	Tanah Rawa	40

Studi Tahanan Pentanahan Menggunakan Campuran Arang dan Garam dalam Menurunkan Nilai Tahanan Tanah 3

2	Tanah Pertanian	100
3	Pasir Basah	200
4	Tanah Berpasir	300
5	Tanah Kering	1000
6	Tanah Berbatu	3000

Nilai tahanan tanah dan tahanan jenis tanah dapat diketahui menggunakan rumus sebagai berikut [6]:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \quad (1)$$

$$\rho = 2\pi l R \quad (2)$$

- l = Panjang elektroda (cm)
- R = Tahanan tanah (Ω)
- ρ = Tahanan jenis tanah (Ω -cm)

2 Metode Penelitian

Langkah-langkah pada penelitian dalam penurunan tahanan tanah dengan pengaruh penambahan arang dan garam meliputi:

- Mempersiapkan media tanah pengujian, pada penelitian ini diukur pada kedalaman 100 cm dan dengan diameter lubang 9 cm agar dapat dengan mudah menghitung volume lubang pengujian. Volume lubang dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut [5]:

$$V = \pi r^2 t \quad (3)$$

- Setelah volume lubang uji diketahui kemudian mengitung banyaknya garam dan arang yang dibutuhkan dengan rumus sebagai berikut [5]:

$$\text{massa jenis} = \frac{M}{V} \quad (4)$$

$$M = \text{massa jenis} \times V \quad (5)$$

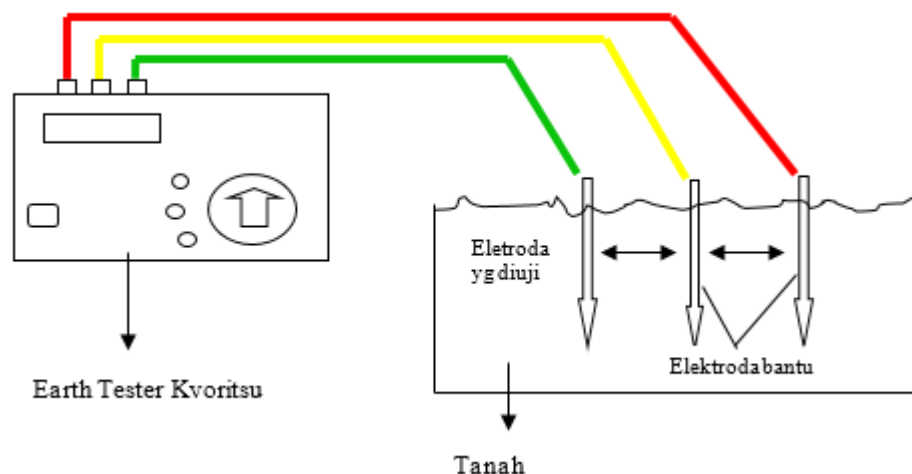
- Massa jenis = Massa jenis benda (kg/m^3)
- M = Massa benda (kg)
- V = Volume (cm^3)

- Mempersiapkan elektroda, elektroda yang digunakan adalah jenis elektroda batang (*rod*). Batang elektroda yang digunakan terbuat dari besi baja silinder dilapisi tembaga dengan diameter 15 mm [2].
- Mempersiapkan arang dan garam, arang yang digunakan adalah arang kayu yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Untuk garam yang digunakan adalah garam kasar, karena dinilai lebih ekonomis daripada garam dapur yang ada di pasaran. Tentunya memiliki kandungan zat aditif yang dapat menurunkan nilai tahanan tanah dengan baik. Selanjutnya, untuk komposisi campuran garam dan arang terbagi menjadi beberapa campuran seperti pada Tabel 2 yaitu

Tabel 2 Komposisi Campuran

No.	Komposisi	
	Arang	Garam
1	10%	90%
2	20%	80%
3	30%	70%
4	40%	60%
5	50%	50%
6	60%	40%
7	70%	30%
8	80%	20%
9	90%	10%

- Metode pengukuran pada penelitian ini menggunakan metode pengukuran 3 titik untuk mengukur nilai tahanan tanah menggunakan alat ukur digital Earth Tester.



Gambar 1 Skema Pengukuran Metode Tiga Titik

3 Hasil dan Pembahasan

Pada sub bab ini akan ditampilkan hasil dari penelitian yang dilakukan. Berdasarkan hasil penelitian, selanjutnya dilakukan analisis.

3.1 Pengukuran Arang dan Garam yang Dibutuhkan

Sebelum melakukan pengujian, ditentukan banyaknya arang dan garam dengan menghitung volume lubang. Lubang untuk penelitian ini dibentuk menyerupai tabung, dengan $r = 4,5$ cm dan $t = 100$ cm. Dengan menggunakan rumus (3) maka nilai volume lubang yang didapat adalah $6338,5 \text{ cm}^3$. Setelah mendapatkan nilai volume lubang maka dapat ditentukan pula banyaknya arang dan garam yaitu dengan menghitung menggunakan rumus (5), dengan massa jenis arang yaitu 208 kg/m^3 dan massa jenis garam 1201 kg/m^3 [13].

Diambil contoh pada komposisi 10% arang dengan 90% garam.

Arang yang dibutuhkan:

$$M \text{ arang} = \text{massa jenis} \times \text{volume}$$

$$M \text{ arang} = 0,208 \text{ g/cm}^3 \times 635,58 \text{ cm}^3$$

$$M \text{ arang} = 132,25 \text{ g}$$

Garam yang dibutuhkan:

$$M \text{ garam} = \text{massa jenis} \times \text{volume}$$

$$M \text{ garam} = 1,201 \text{ g/cm}^3 \times 5722,65 \text{ cm}^3$$

$$M \text{ garam} = 6872,9 \text{ g}$$

Tabel 3 Arang dan Garang yang Dibutuhkan Tiap Komposisi

No.	Komposisi	Arang	Garam
1	10% - 90%	132,25 gram	6872,9 gram
2	20% - 80%	264,51 gram	6109,24 gram
3	30% - 70%	396,77 gram	5345,59 gram
4	40% - 60%	529,02 gram	4581,9 gram
5	50% - 50%	661,28 gram	3818,27 gram
6	60% - 40%	793,54 gram	3054,62 gram
7	70% - 30%	925,79 gram	2290,9 gram
8	80% - 20%	1058,05 gram	1527,31 gram
9	90% - 10%	1190,31 gram	763,65 gram

Dari data Tabel 3 telah didapatkan hasil berapa banyak arang dan garam yang dibutuhkan pada lubang pengujian yang mana arang dan garam itu dimasukkan ke dalam jaring-jaring besi agar memudahkan dalam pengambilan campuran arang dan garam seperti pada Gambar 2



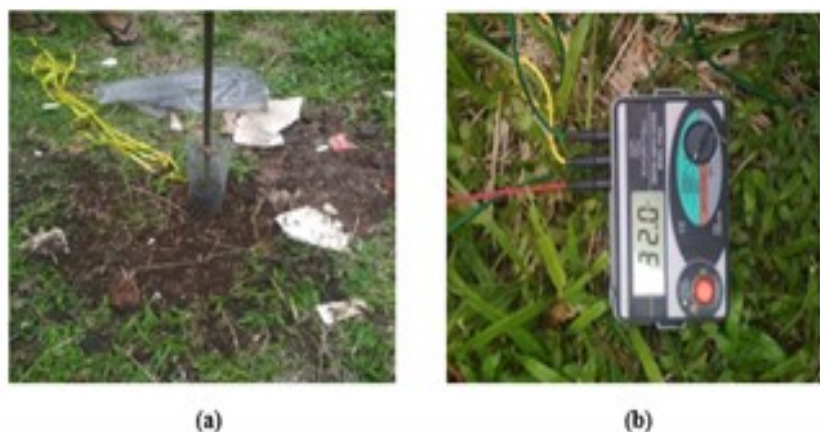
Gambar 2 Jaring Besi

3.2 Pengujian dengan Menggunakan Arang dan Garam

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan di tiga tempat berbeda dengan kondisi tanah yang berbeda pula yaitu tanah lempung bercampur pasir, tanah lempung, dan tanah berpasir. Pengujian meliputi pengukuran nilai tahanan tanah sebelum penambahan arang dan garam, serta sesudah penambahan arang dan garam.

3.2.1 Pengujian pada Tanah Lempung Bercampur Pasir

Pada penelitian ini diukur pada tiga lubang dengan kedalaman yang sama yaitu 1m. Kondisi tanah adalah lempung bercampur pasir. Keadaan tanah pada tempat ini dapat dilihat dan hasil pengukuran tahanan tanah sebelum penambahan campuran arang dan garam terlihat pada Gambar 3.

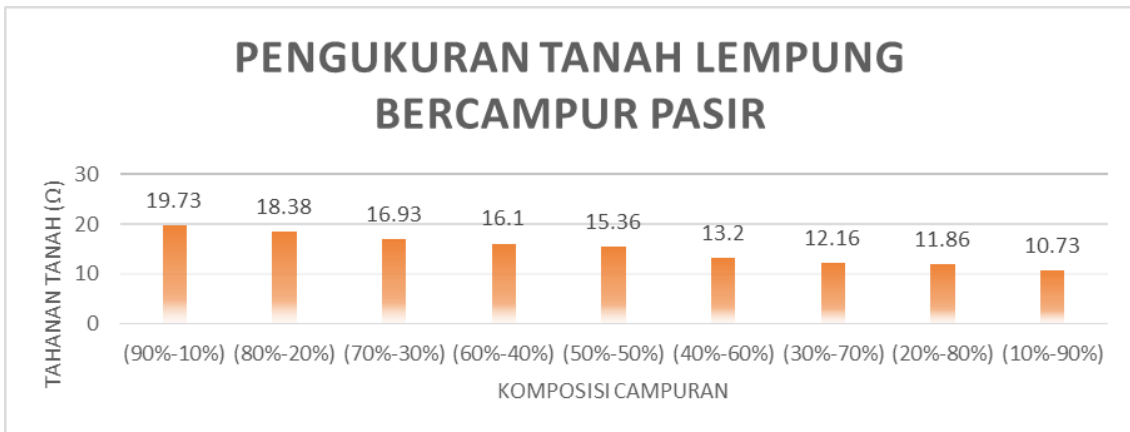


Gambar 3 (a) Kondisi lokasi penelitian,

(b) Pengukuran nilai tahanan tanah sebelum penambahan arang dan garam

Tabel 4 Hasil pengukuran pada tanah lempung bercampur pasir

No	Campuran Arang dan Garam	Percobaan			Rata-rata
		I	II	III	
1	90 % - 10 %	19,9 Ω	19,8 Ω	19,5 Ω	19,73 Ω
2	80 % - 20 %	18,4 Ω	18,4 Ω	18,3 Ω	18,38 Ω
3	70 % - 30 %	17,0 Ω	16,9 Ω	16,9 Ω	16,93 Ω
4	60 % - 40 %	16,5 Ω	16,0 Ω	15,9 Ω	16,1 Ω
5	50 % - 50 %	15,4 Ω	15,4 Ω	15,3 Ω	15,36 Ω
6	40 % - 60 %	13,3 Ω	13,2 Ω	13,1 Ω	13,2 Ω
7	30 % - 70 %	12,2 Ω	12,1 Ω	11,8 Ω	12,16 Ω
8	20 % - 80 %	11,9 Ω	11,9 Ω	11,8 Ω	11,86 Ω
9	10 % - 90 %	10,8 Ω	10,7 Ω	10,7 Ω	10,73 Ω



Gambar 4 Grafik pengukuran pada lempung bercampur pasir dengan berbagai komposisi

Pada tabel 4 menjelaskan bahwa penurunan nilai tahanan tanah dengan penambahan campuran arang dan garam dengan nilai tahanan tanah sebelum penambahan arang dan garam yaitu sebesar 32,0 Ω. Pada komposisi 10%-90% adalah hasil terbaik yaitu sebesar 10,7 Ω.

3.2.2 Pengujian pada Jenis Tanah Lempung

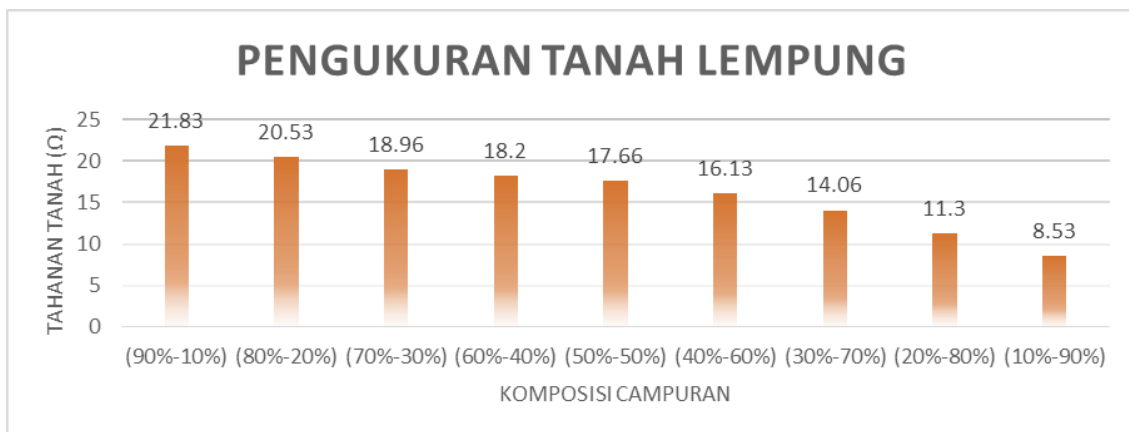
Pada penelitian ini diukur pada tiga lubang dengan kedalaman yang sama yaitu 1 m. Kondisi tanah pada area penelitian adalah tanah jenis lempung. Keadaan tanah pada tempat ini dan hasil pengukuran tahanan tanah sebelum penambahan arang dan garam ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Hasil pengukuran sebelum penambahan arang dan garam

Tabel 5 Hasil pengukuran pada tanah lempung

No	Campuran Arang dan Garam	Percobaan			Rata-rata
		I	II	III	
1	90 % - 10 %	21,8 Ω	21,9 Ω	21,8 Ω	21,83 Ω
2	80 % - 20 %	20,6 Ω	20,5 Ω	20,5 Ω	20,53 Ω
3	70 % - 30 %	19,0 Ω	19,0 Ω	18,9 Ω	18,96 Ω
4	60 % - 40 %	18,3 Ω	18,2 Ω	18,1 Ω	18,2 Ω
5	50 % - 50 %	17,7 Ω	17,6 Ω	17,7 Ω	17,66 Ω
6	40 % - 60 %	16,1 Ω	16,2 Ω	16,1 Ω	16,13 Ω
7	30 % - 70 %	14,1 Ω	14,0 Ω	14,1 Ω	14,06 Ω
8	20 % - 80 %	11,4 Ω	11,3 Ω	11,3 Ω	11,3 Ω
9	10 % - 90 %	8,5 Ω	8,4 Ω	8,5 Ω	8,53 Ω

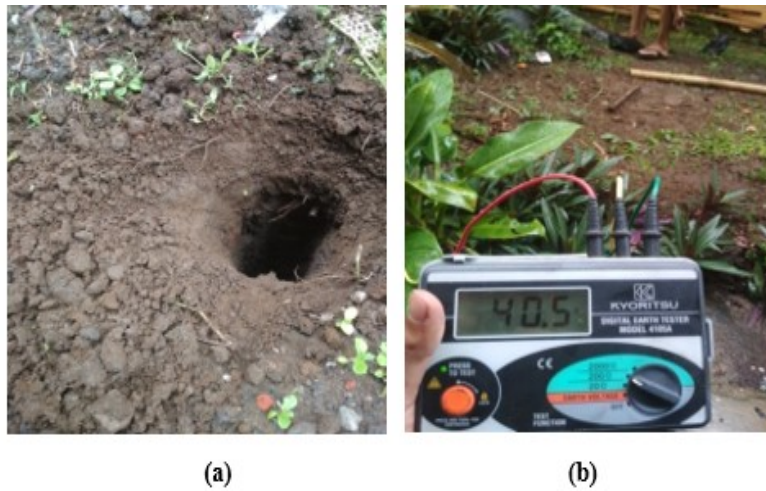


Gambar 6 Grafik pengukuran tanah lempung dengan komposisi berbeda

Pada tabel 5 dijelaskan bahwa penurunan nilai tahanan tanah dengan penambahan arang dan garam dengan nilai tahanan tanah sebelum penambahan arang dan garam yaitu sebesar 42,7 Ω. Pada komposisi 10% -90% adalah hasil terbaik yaitu sebesar 8,53 Ω.

3.2.3 Hasil Pengukuran pada Tanah Berpasir

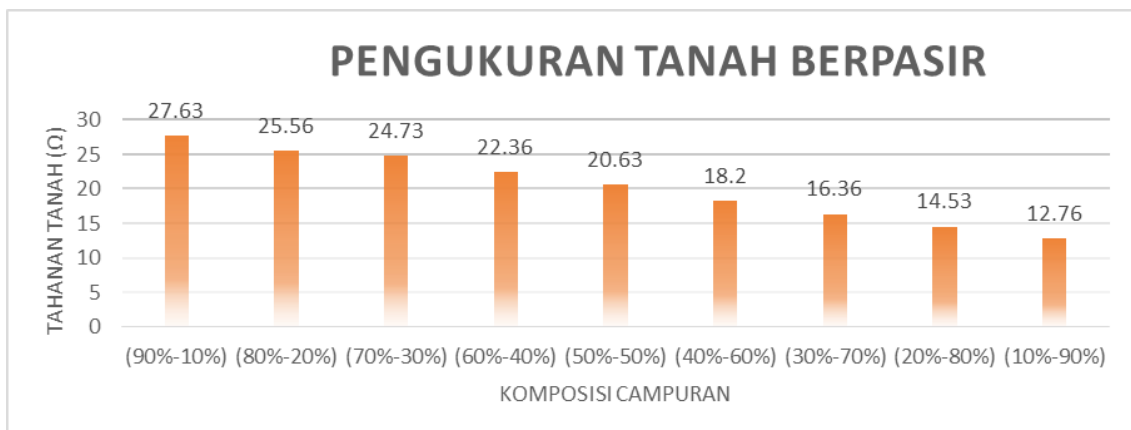
Pada penelitian ini diukur pada kedalaman yang sama yaitu 1 m pada ketiga lubang. Kondisi tanah pada area penelitian adalah tanah jenis berpasir. Keadaan tanah pada tempat dan juga hasil pengukuran tahanan tanah sebelum penambahan arang dan garam ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 (a) Kondisi lokasi penelitian, (b) Pengujian sebelum penambahan arang dan garam

Tabel 6 Hasil pengujian pada jenis tanah berpasir

No	Campuran Arang dan Garam	Percobaan			Rata-rata
		I	II	III	
1	90 % - 10 %	27,7 Ω	27,6 Ω	27,6 Ω	27,63 Ω
2	80 % - 20 %	25,5 Ω	25,5 Ω	25,4 Ω	25,56 Ω
3	70 % - 30 %	24,9 Ω	24,7 Ω	24,6 Ω	24,73 Ω
4	60 % - 40 %	22,4 Ω	22,4 Ω	22,3 Ω	22,36 Ω
5	50 % - 50 %	20,3 Ω	20,4 Ω	20,4 Ω	20,63 Ω
6	40 % - 60 %	18,3 Ω	18,2 Ω	18,1 Ω	18,2 Ω
7	30 % - 70 %	16,2 Ω	16,1 Ω	16,8 Ω	16,36 Ω
8	20 % - 80 %	14,8 Ω	14,5 Ω	14,3 Ω	14,53 Ω
9	10 % - 90 %	12,8 Ω	12,7 Ω	12,8 Ω	12,76 Ω



Gambar 8 Grafik pengukuran tanah berpasir dengan komposisi berbeda

Dari Tabel 6 terlihat bahwa penurunan nilai tahanan tanah seiring dengan perbedaan komposisi penambahan arang dan garam dengan nilai tahanan tanah sebelum penambahan arang dan garam yaitu sebesar 40,5 Ω. Pada komposisi 10% - 90% adalah hasil terbaik yaitu sebesar 12,7 Ω.

Dari hasil data pada ketiga tempat dengan kondisi tanah yang berbeda didapatkan penurunan tahanan tanah yang signifikan dengan campuran komposisi arang dan garam yang berbeda. Data yang diperoleh pada penelitian menunjukkan komposisi 10% arang – 90% garam dapat menurunkan nilai tahanan tanah paling baik. Dapat diketahui semakin banyak persentase garam yang ditambahkan maka semakin besar penurunannya. Hal ini dikarenakan sifat garam yang elektrolit, membuat tanah saling terikat dan menjadi konduktif [9]. Namun peranan arang di sini juga sebagai agen dalam penurunan tahanan tanah meski tak sedominan garam. Menurut Opara [4] arang memiliki kandungan karbon aktif yang dapat meningkatkan konduktivitas pada tanah sehingga nilai tahanan tanah turun, ditambah lagi sifat higroskopis pada arang berfungsi sebagai penjaga untuk garam, sehingga garam tidak mudah hilang dan larut pada tanah

3.3 Perhitungan Nilai Tahanan Jenis Tanah

Setelah mengetahui hasil yang telah diuji dengan beberapa komposisi didapatkan dari ketiga jenis tanah yaitu pada komposisi 10% arang – 90% garam menunjukkan hasil yang paling baik dalam menurunkan nilai tahanan tanah. Selanjutnya dihitung nilai tahanan jenis tanah sebelum dan setelah penambahan garam dengan rumus yaitu:

Diambil contoh pada jenis tanah lempung bercampur pasir:

$$\rho = 2\pi lR$$

$$\rho = 2 \times 3.14 \times 100 \text{ cm} \times 32 \Omega$$

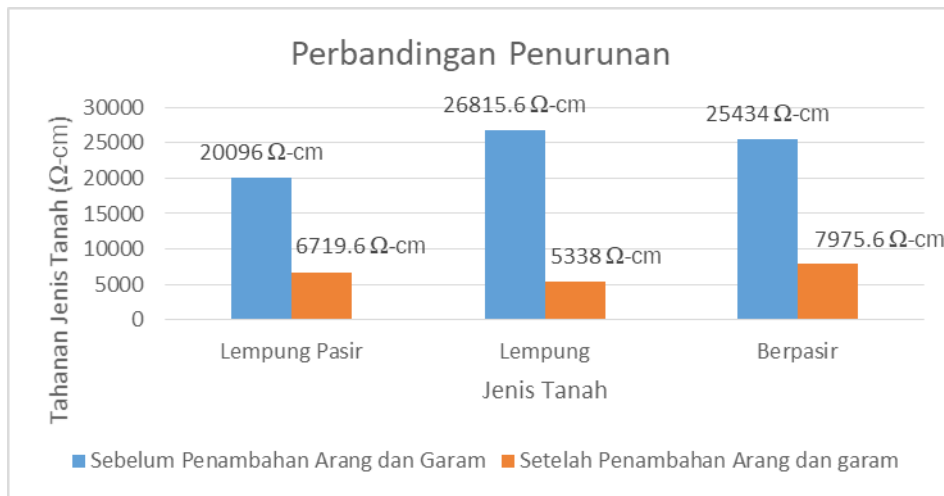
$$\rho = 20096 \Omega - \text{cm}$$

Hasil persentase penurunan nilai tahanan jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7 Persentase penurunan nilai tahanan jenis tanah

Tempat	Sebelum Penambahan Arang dan Garam	Setelah Penambahan Arang dan garam	Prsentase penurunan
Lempung Pasir	20096 Ω -cm	6719,6 Ω -cm	66,5 %
Lempung	26815,6 Ω -cm	5338 Ω -cm	80,1 %
Berpasir	25434 Ω -cm	7975,6 Ω -cm	68,64 %

Studi Tahanan Pentanahan Menggunakan Campuran Arang dan 11 Garam dalam Menurunkan Nilai Tahanan Tanah



Gambar 9 Grafik perbandingan tahanan jenis tanah sebelum dan sesudah penambahan

Dari tabel 7 didapatkan hasil yaitu nilai tahanan jenis tanah mengalami penurunan yang signifikan. Didapatkan penurunan tahanan tanah pada tiap jenis tanah berbeda-beda. Hal ini dikarenakan kondisi dan karakteristik tanah yang berbeda-beda, sehingga mempengaruhi konduktivitas listrik di dalam tanah [7]. Pada kondisi tanah jenis lempung didapatkan hasil yang paling baik. Menurut Herman dan Joetra [10] tanah jenis lempung memiliki muatan listrik negatif (anion) sehingga menarik ion positif dan garam yang membuat tanah menjadi lebih konduktif. Pada jenis tanah berpasir dan lempung bercampur pasir menunjukkan persentase penurunan, namun tak sebaik pada jenis tanah lempung. Hal ini dikarenakan jenis tanah berpasir memiliki tekstur berongga dan tidak rapat, sehingga konduktivitas pada tanah rendah [1,8]. Oleh karena itu penambahan arang dan garam sebagai solusi dalam penurunan tahanan tanah.

4 Kesimpulan

Penambahan arang dan garam dengan komposisi yang berbeda sangat mempengaruhi terhadap penurunan nilai tahanan tanah. Penambahan komposisi arang dan garam pada elektroda terbaik dalam menurunkan nilai tahanan tanah pada ketiga tempat dengan kondisi tanah yang berbeda adalah komposisi 10% arang – 90% garam. Ini dikarenakan kandungan mineral pada garam dapat berpengaruh besar pada penurunan nilai tahanan tanah.

5 Saran

Untuk mencapai nilai tahanan tanah kurang dari 5 Ω yang disarankan oleh PUIL 2000, perlu adanya penelitian yang lebih lanjut mengenai penurunan tahanan tanah dengan melihat beberapa faktor lain seperti kandungan pada zat aditif, unsur kimia tanah, temperatur, dan lain-lain.

Referensi

- [1] Hary, Hardiyatmo., *Mekanika Tanah I*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1992.
- [2] Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000), Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2000
- [3] Andini, D., Martin, Y., & Gusmedi, H., *Perbaikan Tahanan Pentanahan dengan Menggunakan Bentonit Teraktivasi*, *Electrician-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 10(1), 45-46, 2016
- [4] Opara, F.K., Nduka, O.S., Iloka, N.C., Amaizu, P.C., & Onyebuchi, M., *Comparative Deterministic Analysis of Bentonite, Pig Dung and Domestic Salt and Charcoal*

- Amalgam as Best Resistance Reducing Agent for Electrical Earthing Application*, International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 5, Issue 10, 2014
- [5] Raharjo, M. *Geometri Ruang*, PPPPTK Matematika Yogyakarta, 2009
- [6] Tagg, G.F., *Earth Resistance*, London: The Whitefriars Press Ltd., 1964
- [7] Rajagukguk, M., *Studi Pengaruh Jenis Tanah dan Kedalaman Pembumian Driven Rod Terhadap Resistansi Jenis Tanah*, Vokasi ISSN 1693-9085 Vol. 8 No. 2, 2012
- [8] Jamaaludin, Anshori, I., & Suprayitno, E.A., *Penentuan Kedalaman Elektroda Pada Tanah Pasir dan Kerikil Kering untuk Memperoleh Nilai Tahanan Pentanahan yang Baik*, JTE-U Vol.1 No. 1, 2015
- [9] Kusim, A.S., Abdullah, H., & Kutty, B.S., *Effect on Salt Content on Measurement of Soil Resistivity*, IEEE 7th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO2013), 2013
- [10] Herman, & Joetra, W., *Pengaruh Garam Dapur (NaCl) terhadap Kembang Susut Tanah Lempung*, Jurnal Momentum Vol. 17 No.1, 2015
- [11] Anggoro, B., Irman D.B., *The Characteristics of Soil which is Treated by Salt Solution and Water as the Basic of Grounding Diagnostics*, IEEE International Conference on Condition Monitoring and Diagnostics, 2012
- [12] Hutauruk, T.S., *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga, 1999
- [13] Syukri, S., *Kimia Dasar*, Bandung: Penerbit ITB, 1999
- [14] Abidin, Z. & Ghufron, A., *Analisa Perbaikan Sistem Pentanahan Instalasi Listrik di Tanah Kapur dan Padas menggunakan Metode Sigarang (Sistem Grounding Arang dan Garam)*, Jurnal Program Studi Teknik Elektro JE-Unisla, ISSN: 2502-0986, 1-5, 2005