

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN BENTONIT DAN GARAM $NaCl$ UNTUK MEREDUKSI RESISTANSI PENTANAHAN DENGAN VARIASI KEDALAMAN ELEKTRODA DAN VARIASI KONSENTRASI

Muhamad Azizul Hakim^{*)}, Abdul Syakur dan Agung Nugroho

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)E-mail : izulhakim7@gmail.com}

Abstrak

Salah satu syarat sistem pentanahan yang baik adalah jika mempunyai nilai resistansi pentanahan yang kecil. Ada beberapa aspek yang dapat memengaruhi nilai resistansi pentanahan seperti jenis tanah, kelembapan tanah, temperatur dan kedalaman tanah. Untuk mengurangi resistansi pentanahan dengan menggunakan bahan aditif berupa campuran bentonit dan garam $NaCl$. Pada penelitian ini variabel yang akan diteliti adalah perubahan nilai resistansi pentanahan pada masing-masing variasi. Pada variasi pertama diukur pengaruh kedalaman penanaman elektroda pentanahan pada kondisi sebelum dan sesudah ditambahkan bentonit terhadap nilai resistansi pentanahan. Untuk variasi kedua diukur pengaruh konsentrasi bentonit terhadap nilai resistansi pentanahan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa penambahan kedalaman penanaman elektroda dan penambahan konsentrasi bentonit dan garam dapat menurunkan nilai resistansi pentanahan. Pada kondisi tanah sesudah penambahan bentonit dan garam $NaCl$ persentase penurunan nilai resistansi pentanahan yang didapatkan sebesar 64,9 % jika dibandingkan dengan nilai resistansi pentanahan sebelum penambahan zat aditif tersebut. Resistivitas tanah yang didapatkan juga menunjukkan penurunan dari kondisi sebelum penambahan bentonit dan garam yaitu sebesar 17,109 Ω -m, turun menjadi 5,89 Ω -m setelah ditambahkan bentonit.

Kata kunci: Tahanan pentanahan, tahanan jenis tanah, bentonit dan garam.

Abstract

One of the requirements of a good grounding system is has a small earth resistance value. There are several things that influence the value of ground resistance such as soil type, moisture, temperature and soil depth. To reduce the earth resistance by using additives in the form of mixture of bentonite and $NaCl$. In this research the variables to be studied is the value of ground resistance changes in each variation. In the first variation measured the effect of grounding depth of earth electrode at the condition without and after added bentonit to the value of ground resistance. For the second variation measured the effect of bentonite concentration on ground resistance value. The measurements showed that increasing the depth of electrode and the addition of bentonite and salt concentration could decrease ground resistance value. The percentage decrease in ground resistance value obtained by 64.9% when compared with the value of ground resistance without the addition of the additive. The resistivity of the soil also showed a decrease 17,109 Ω m decreased to 5.89 Ω m after added bentonit and $NaCl$.

Keywords: Grounding resistance, Soil Resistivity, bentonite and salt.

1. Pendahuluan

Pada sistem tenaga listrik, sistem pentanahan mempunyai peranan yang penting dimana berfungsi untuk mengalirkan arus lebih dari sistem tenaga listrik ke tanah yang disebabkan karena adanya gangguan pada sistem tenaga listrik atau sambaran petir. Dengan adanya pentanahan yang baik dan efektif dapat menjamin keamanan dan keandalan salah satunya pada operasi sistem tenaga listrik Suatu sistem pentanahan dapat dikatakan baik dan memenuhi persyaratan aman apabila mempunyai nilai resistansi pentanahan yang kecil. Resistansi pentanahan untuk sebuah gedung diharapkan mempunyai nilai maksimal sebesar 5 ohm[1]. Ada beberapa aspek yang

dapat memengaruhi nilai resistansi pentanahan yaitu jenis tanah, lapisan tanah, kelembapan tanah dan temperatur[2]. Untuk memperbaiki resistansi pentanahan, hal yang dapat dilakukan adalah dengan cara memberikan *treatment* atau perlakuan khusus pada tanah sehingga nilai resistansi pentanahan akan turun. Diantara bentuk *treatment* yang dilakukan adalah dengan menambahkan zat aditif pada tanah.

Zat aditif dapat memengaruhi nilai resistansi pada tanah, tetapi tidak bisa berfungsi dengan baik dalam jangka waktu yang lama. Hal ini dikarenakan sistem pentanahan harus tetap dievaluasi setiap 6 bulan untuk mengetahui kelayakan operasi sistemnya sehingga tetap dapat dilanjutkan [1]. Zat

aditif tersebut dapat berupa, gipsum, serbuk arang, garam, zeolit, dan bentonit [3]. Bentonit merupakan salah satu zat aditif yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai resistivitas pada tanah. Bentonit ini mampu untuk menyerap air dan menahannya untuk waktu yang cukup lama [4], hal ini tentu dapat meningkatkan kelembapan tanah. Di samping itu bentonit mempunyai beberapa kandungan ion logam seperti Al (Aluminium), Fe (besi) dan Mg (magnesium). Dari sifat dan kandungannya, maka bentonit ini cocok digunakan untuk menurunkan resistivitas tanah.

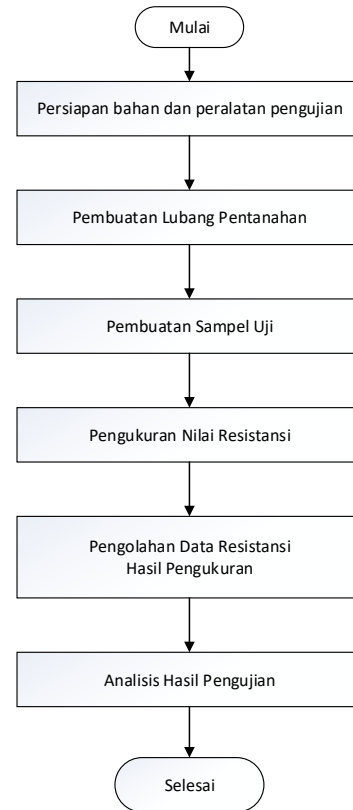
Pada penelitian ini akan menganalisis pengaruh penambahan bentonit dan garam *NaCl* terhadap perbaikan resistansi pentanahan pada tanah halaman Gedung B Teknik Elektro Universitas Diponegoro dengan variasi kedalaman penanaman elektroda dan variasi konsentrasi bahan.

Tujuan dari penelitian ini antara lain menganalisis pengaruh kedalaman penanaman elektroda sebelum dan sesudah penambahan bahan pengisi bentonit dan garam *NaCl* terhadap penurunan resistansi pentanahan, dan menganalisis pengaruh penambahan konsentrasi bentonit terhadap nilai resistansi pentanahan. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui nilai resistivitas tanah yang dihasilkan pada kondisi sebelum penambahan bentonit dan garam *NaCl* dan kondisi sesudah penambahan bentonit dan garam *NaCl*.

2. Metode

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran nilai resistansi pentanahan dengan bahan pengisi berupa bentonit dan garam *NaCl* yang dilarutkan ke dalam air. Pengujian pada bahan tersebut dilakukan dengan melakukan variasi kedalaman lubang pentanahan dan variasi konsentrasi guna melihat penurunan yang dihasilkan dari campuran kedua bahan tersebut dan mendapatkan nilai pentanahan yang lebih baik. Penggunaan variasi konsentrasi dan kedalaman penanaman elektroda dimaksudkan agar dapat diketahui variasi manakah yang dapat menghasilkan nilai resistansi pentanahan yang lebih baik atau lebih kecil. Penelitian dimulai dengan mempersiapkan bahan – bahan sebagai *soil treatment* yang nantinya akan ditambahkan ke dalam tanah dan alat berupa alat bantu penelitian dan alat pengukuran. Alat yang digunakan untuk mengukur resistansi pentanahan adalah dengan menggunakan *Digital Earth Resistance Tester Kyoritsu Model 4105 A*. Setelah mempersiapkan semua alat dan bahan penelitian dilanjutkan dengan melakukan perancangan pengujian. Pada tahap ini dilakukan pembuatan lubang pentanahan, pencampuran bahan uji, dan penanaman elektroda pentanahan. Metode pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode tiga titik dimana terdapat elektroda utama yang digunakan untuk mengukur nilai resistansi pentanahan dan dua buah elektroda bantu. Pada pengujian dilakukan di halaman samping Gedung B Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas

Diponegoro Semarang. Berikut disajikan diagram alir penelitian yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

2.1.1. Peralatan Pengujian

- | | |
|----------------|-------------------------|
| 1. Bor biopori | 5. Neraca digital |
| 2. Linggis | 6. Ember dan gayung |
| 3. Cangkul | 7. Digital Earth Tester |
| 4. Meteran | 8. Elektroda batang |

2.1.2 Bahan Uji

1. Bentonit
1. Garam *NaCl*

2.2. Perancangan Pengujian

Perancangan pengujian yang dilakukan pada penelitian ini terbagi atas 3 tahap yaitu pembuatan lubang pentanahan, pencampuran bahan dan penanaman elektroda pentanahan.

2.2.1. Pembuatan Lubang Pentanahan

Pembuatan lubang dilakukan dengan menggunakan bantuan bor biopori, cangkul dan linggis. Tanah yang digali sebanyak 4 lubang pentanahan dengan variasi kedalaman 0,3m, 0,5m, 0,7m dan 0,9m, dan diameter 10 cm. Pada

tahap pengujian nantinya masing – masing lubang akan diisi dengan variasi bahan uji yang berbeda.

2.2.2. Pencampuran Bahan Uji

Pencampuran bahan uji ini dilakukan dengan memasukkan semua bahan uji yaitu bentonite, garam NaCl dan air kedalam lubang pentanahan yang telah disiapkan. Proses ini dimaksudkan agar kandungan bahan yang akan diuji merata pada lubang pentanahan. Pada penelitian ini perbandingan konsentrasi bentonite, garam NaCl dan air yang digunakan pada adalah 1 : 0,1 : 1 atau dapat dikatakan setiap penambahan 1 kg bentonit ke dalam lubang pentanahan maka diikuti juga dengan penambahan 0,1 kg garam NaCl dan 1 kg air.

2.2.3. Penanaman Batang Elektroda Pentanahan

Setelah sampel uji selesai diaduk ke dalam lubang pentanahan yang telah dibuat, maka selanjutnya dilakukan penanaman batang elektroda pentanahan. Pada pengujian ini dikarenakan jumlah elektroda pentanahan yang terbatas, maka penanaman elektroda pentanahan dilakukan secara bergantian pada saat proses pengujian.

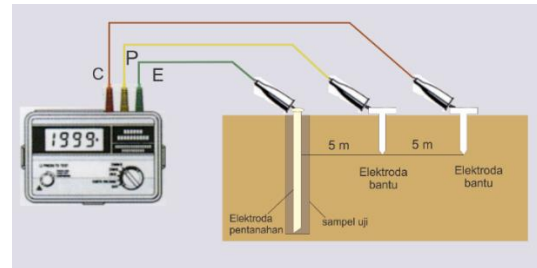
2.3. Pengukuran Resistansi Pentanahan

Langkah – langkah yang dilakukan pada proses pengukuran adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat ukur *Kyoritsu Digital Earth Tester Model 4105A*, satu elektroda pentanahan utama dan dua elektroda bantu.
2. Memasukkan elektroda utama ke dalam lubang pentanahan dengan kedalaman 30 cm.
3. Mengecek kondisi baterai dengan menghidupkan *Kyoritsu Digital Earth Tester*. Apabila pada layar tampak terdapat simbol baterai lemah atau layar menjadi gelap maka menunjukkan baterai perlu diganti. Namun apabila layar tidak terdapat simbol tersebut maka *Digital Earth Tester* dapat digunakan.
4. Menghubungkan panel berwarna hijau pada elektroda pentanahan utama yang akan di ukur, panel berwarna kuning pada elektroda bantu 1 dan panel berwarna merah pada elektroda bantu 2. Adapun rangkaian pengukuran resistansi pentanahan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :
 - Antara elektroda pentanahan utama dengan elektroda bantu 1 dan elektroda bantu 2 harus dalam satu garis lurus.
 - Jarak antara elektroda utama dan elektroda bantu 1 maupun jarak antara elektroda bantu 1 dan elektroda bantu 2 adalah 5 m – 10 m sesuai dengan aturan IEEE std. 80 tahun 2000.
5. Memutar knob alat ukur pada *range* nilai 20 Ω , 200 Ω atau 2000 Ω menyesuaikan dengan nilai resistansi pentanahan pada tanah yang diuji. Kemudian tekan dan putar ke kanan tombol *Press to test* samapai lampu indikator menyala berwarna hijau. Setelah resistansi berada pada *range* yang tepat maka selanjutnya adalah

dengan mencatat hasil nilai pengukuran resistansi pentanahan yang muncul pada layar *digital earth tester*.

6. Setelah selesai melakukan pengukuran putar kembali tombol *Press to test* ke kiri sampai lampu indikator mati dan putar knob alat ukur pada posisi *off*.
7. Mengulangi langkah 1 – 6 dengan variasi kedalaman 0,5m, 0,7m dan 90 cm.



Gambar 2. Rangkaian pengujian resistansi pentanahan dengan soil treatment bentonite dan garam

Untuk mencari nilai resistivitas tanah dapat menggunakan rumus berikut sesuai dengan *IEEE Std. 80* tahun 2000 seperti berikut [5]:

$$\rho = \frac{2\pi LR}{\ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

- ρ = Resistansi jenis tanah (Ω -m)
- R = Resistansi pentanahan terukur (Ω)
- L = kedalaman penanaman elektroda pentanahan (m)
- d = diameter elektroda pentanahan (m)

3. Hasil dan Analisa

3.1. Hasil Pengukuran Resistansi pentanahan

Prinsip pengukuran resistansi pentanahan pada dasarnya sama dengan cara pengukuran pada umumnya yaitu Resistansi (R)= Tegangan (V) / Arus (I). Hasil pengukuran hambatan akan dimasukkan dalam persamaan 2.2 sehingga didapatkan nilai resistivitas tanah. Pada pengujian ini dilakukan pengukuran resistansi pentanahan dengan variasi kedalaman pada kondisi sebelum penambahan bentonit dan sesudah penambahan bentonit dengan variasi kedalaman penambahan sampel uji bentonit. Pada pengujian yang kedua dilakukan variasi penambahan konsentrasi bentonit pada kedalaman tetap yaitu 0,5 m.

3.1.1. Pengukuran Resistansi pentanahan Sebelum Penambahan Bentonit

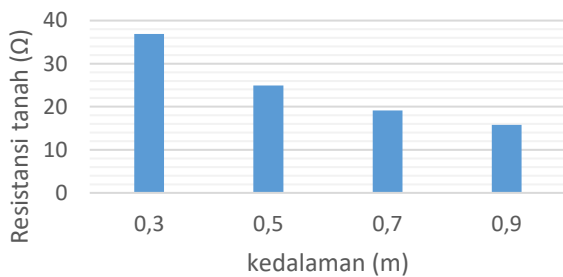
Pengukuran resistansi pentanahan dilakukan pada tanah tanpa perlakuan atau sebelum dicampur dengan bentonit. Pengujian ini dilakukan mengganti kedalaman penanaman elektroda dengan 4 variasi berbeda yaitu 0,3m, 0,5m, 0,7m dan 0,9m. Pada masing-masing kedalaman dilakukan tiga kali pengukuran resistansi pentanahan pada waktu yang

berbeda dan didapatkan nilai resistansi rata-rata dari tiga pengukuran tersebut.

Adapun data hasil pengukuran resistansi pentanahan sbelum penambahan bentonit dapat dilihat pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Data hasil pengujian resistansi pentanahan sebelum penambahan bentonite

Kedalaman penanaman elektroda (m)	R pengukuran (Ω)			R rata-rata (Ω)
	I	II	III	
0,3	36,8	36,4	37,4	36,86
0,5	25,2	24,0	25,5	24,90
0,7	19,1	19,0	19,2	19,13
0,9	16,0	16,3	15,1	15,80



Gambar 3. Grafik hubungan kedalaman elektroda dengan resistansi pentanahan

Dari gambar 3 di atas dapat dilihat bahwa nilai resistansi pentanahan semakin kecil pada setiap penambahan kedalaman elektroda. Hal ini sesuai dengan teori pada sub-bab 2.4 poin nomor 5 dimana penambahan kedalaman elektroda rod akan semakin mengurangi nilai resistansi pentanahan[6]. Penurunan nilai resistansi disebabkan karena adanya kontak elektroda dengan tanah, semakin dalam elektroda yang ditanamkan ke dalam tanah maka semakin panjang pula bagian elektroda yang kontak dengan tanah sehingga konduktivitasnya akan meningkat. Sehingga hubungan antara kedalaman penanaman elektroda pentanahan dengan resistansi pentanahan adalah berbanding terbalik dimana semakin dalam elektroda yang ditanam maka resistansi pentanahannya akan semakin kecil.

3.1.2. Pengukuran Resistansi pentanahan Sesudah Penambahan Bentonit

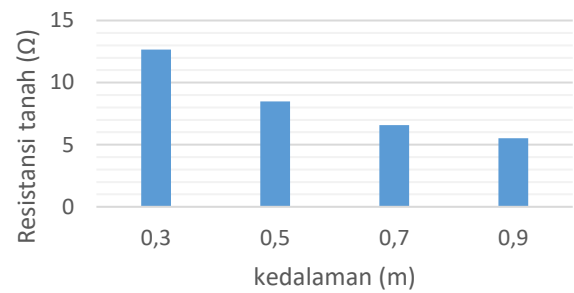
Pada pengukuran resistansi pentanahan dengan penambahan bentonit bahan campuran yang digunakan adalah berupa bentonit, garam dan air dengan perbandingan konsentrasi sebesar 1 : 0,1 : 1. Pengujian ini dilakukan dengan memvariasikan penambahan konsentrasi bahan uji dengan 4 kedalaman berbeda yaitu 0,3 m, 0,5 m, 0,7 m dan 0,9 m. Pada masing-masing kedalaman dilakukan tiga kali pengukuran resistansi pentanahan pada

waktu yang berbeda dan didapatkan nilai resistansi rata-rata dari tiga pengukuran tersebut.

Adapun data hasil pengukuran resistansi pentanahan sesudah penambahan bentonit dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Data hasil pengujian resistansi pentanahan sesudah penambahan bentonite

Kedalaman penambahan bentonit dan garam (m)	R pengukuran (Ω)			R rata-rata (Ω)
	I	II	III	
0,3	12,2	12,7	13,1	12,67
0,5	8,4	8,7	8,4	8,48
0,7	6,8	6,6	6,4	6,76
0,9	5,8	5,4	5,4	5,51



Gambar 4. Grafik hubungan kedalaman elektroda dengan resistansi pentanahan

Dari gambar 4 di atas dapat dilihat bahwa nilai resistansi pentanahan akan semakin kecil pada setiap penambahan kedalaman penanaman elektroda pentanahan sesuai dengan teori yang sudah dijelaskan pada sub-bab 3.1.1 dimana penambahan kedalaman elektroda rod akan semakin mengurangi nilai resistansi pentanahan [6]. Sehingga hubungan antara kedalaman penambahan sampel uji bentonit dengan resistansi pentanahan adalah berbanding terbalik dimana semakin dalam penambahan bahan uji yang digunakan maka resistansi pentanahannya akan semakin kecil.

Pada masing-masing variasi kedalaman untuk variasi penambahan bentonit dan garam *NaCl* dapat dilihat bahwa nilai resistansi pentanahannya lebih kecil dibandingkan dengan tanah tanpa penambahan kedua bahan tersebut. Penambahan bentonit pada tanah membuat kandungan air pada tanah akan lebih baik dan bertahan lebih lama[7]. Penambahan garam *NaCl* dan air mengakibatkan terbentuknya larutan elektrolit yang mempunyai sifat mudah menghantarkan arus listrik dalam bentuk leburan maupun larutan. Sehingga dengan kelebihan sifat dari kedua bahan tersebut dapat menghasilkan penurunan nilai resistansi pentanahan yang lebih baik daripada tanpa menambahkan kedua bahan tersebut.

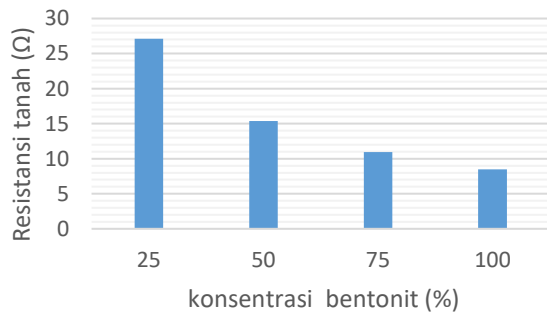
3.1.3. Pengukuran Resistansi pentanahan Dengan Variasi Konsentrasi Bentonit (L=0,5 m)

Pada percobaan ini dilakukan penambahan bentonit pada variasi konsentrasi penambahan mulai dari 25 %, 50 %, 75 % dan 100 % pada kedalaman penanaman elektroda tetap yaitu 0,5 m. Pengukuran resistansi pentanahan dengan variasi penambahan konsentrasi ini menggunakan perbandingan konsentrasi bentonit, garam dan air 1 : 0,1 : 1. Pengujian Pada masing-masing variasi dilakukan tiga kali pengukuran resistansi pentanahan pada waktu yang berbeda dan didapatkan nilai resistansi rata-rata dari tiga pengukuran tersebut.

Data hasil pengukuran resistansi pentanahan sesudah penambahan bentonit dapat dilihat pada tabel 3 berikut :

Tabel 3. Data hasil pengujian sampel bentonite dengan variasi konsentrasi

Konsentrasi sampel bentonit	R pengukuran (Ω)			R rata-rata (Ω)
	I	II	III	
25%	22,2	22,4	22,5	22,4
50%	16,0	15,0	15,1	15,4
75%	11,3	10,2	11,4	10,9
100%	8,4	8,7	8,4	8,5



Gambar 5. Grafik hubungan penambahan konsentrasi bentonit dengan resistansi pentanahan pada kedalaman 0,5m

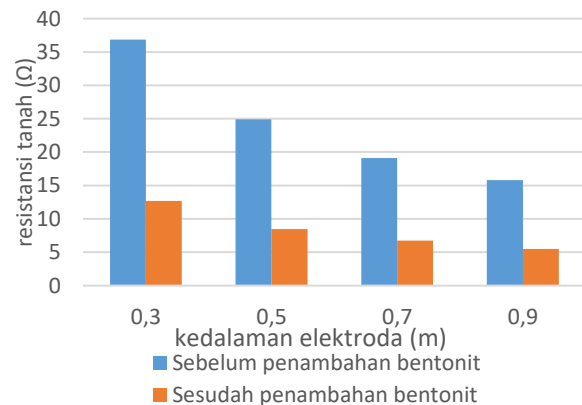
Dari gambar 5 di atas dapat dilihat bahwa nilai resistansi pentanahan semakin kecil pada setiap penambahan konsentrasi bentonit. Hal ini disebabkan karena bentonit mempunyai sifat untuk menahan kandungan air lebih lama dibandingkan tanah pada umumnya yang tanpa penambahan bentonit [7]. Sehingga tanah dengan penambahan konsentrasi bentonit lebih banyak akan menghasilkan resistansi pentanahan yang semakin kecil pula. Hubungan anantara penambahan konsentrasi bentonit dengan resistansi pentanahan adalah berbanding terbalik dimana semakin banyak penambahan konsentrasi bahan uji yang digunakan maka resistansin pentanahannya akan semakin kecil.

3.1.4. Perbandingan Nilai Resistansi pentanahan Sebelum dan Sesudah Penambahan Bentonit

Dilakukan perbandingan antara nilai resistansi pentanahan sebelum dan sesudah penambahan bentonit untuk mengetahui pengaruh penambahan bentonit terhadap nilai resistansi pentanahan pada kedalaman yang sama. Berikut adalah data resistansi pentanahan pada kondisi sebelum dan sesudah penambahan bentonit dan garam :

Tabel 4. Perbandingan resistansin pentanahan sebelum dan sesudah penambahan bentonite

Kedalaman penanaman elektroda (m)	R rata-rata (Ω)	
	Sebelum penambahan	Sesudah penambahan
0,3	36,86	12,67
0,5	24,90	8,48
0,7	19,13	6,76
0,9	15,80	5,51



Gambar 6. Perbandingan resistansi pentanahan sebelum dan sesudah penambahan bentonit

Dapat dilihat pada gambar 6 di atas merupakan grafik perbandingan resistansi pentanahan sebelum dan sesudah penambahan bentonit. Resistansi pentanahan pada kondisi sesudah penambahan bentonit memiliki nilai lebih kecil dibandingkan dengan resistansi pentanahan sebelum (tanpa) penambahan bentonit. Hal ini disebabkan karena sifat bentonit yang memiliki daya mengembang hingga delapan kali apabila dicelupkan ke dalam air, dan tetap terdispersi beberapa waktu di dalam air[7]. Sehingga kandungan air dalam tanah dengan *soil treatment* bentonit akan lebih banyak dan kandungan air teresbut akan bertahan lebih lama jika dibandingkan dengan tanah tanpa penambahan bentonit. Penambahan garam *NaCl* dan air mengakibatkan terbentuknya larutan elektrolit yang mudah menghantarkan arus listrik dalam bentuk leburan atau larutan. Sehingga percobaan yang telah dilakukan sesuai dengan teori dimana kandungan air dalam tanah dan kandungan garam merupakan salah satu faktor yang dapat menurunkan resistansi pentanahan[2].

3.2. Perhitungan Nilai Resistivitas Tanah

Resistivitas tanah adalah tahanan listrik dari resistansi pentanahan yang berbentuk kubus dengan volume 1 meter kubik [8]. Resistivitas tanah merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi resistansi pentanahan. Semakin kecil nilai resistansi jenisnya maka resistansi pentanahan akan semakin kecil dan semakin besar resistansi jenis tanah maka nilai resistansi pentanahannya pun akan semakin besar. Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahannya dapat dicari nilai tahanan jenis tanah dengan menggunakan persamaan 1.

$$\rho = \frac{2 \times \pi \times 0,9 \times 15,8}{\ln\left(\frac{8 \times 0,9}{0,015}\right) - 1}$$

$$\rho = 17,26 \Omega m$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan nilai resistivitas pentanahan pada masing-masing variasi percobaan adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Data perhitungan resistansi jenis tanah sebelum penambahan bentonite

Kedalaman penanaman elektroda (m)	R rata-rata (Ω)	Resistivitas pentanahan (Ωm)
0,3	36,8	17,043
0,5	24,9	17,048
0,7	19,1	17,083
0,9	15,8	17,260
Resistansi jenis rata-rata (Ωm)		17,109

Tabel 6. Data perhitungan resistansi jenis tanah sesudah penambahan bentonite

Kedalaman penambahan bentonit dan garam (m)	R rata-rata (Ω)	Resistivitas pentanahan (Ωm)
0,3	12,67	5,855
0,5	8,48	5,810
0,7	6,59	5,891
0,9	5,51	6,022
Resistansi jenis rata-rata (Ωm)		5,895

Berdasarkan tabel 5 dan tabel 6 di atas dapat diketahui nilai masing-masing resistansi jenis tanah. Pada kondisi sebelum penambahan bentonit mempunyai rata-rata resistansi jenis tanah sebesar 17,109 Ωm. Untuk percobaan sesudah penambahan bentonit nilai rata-rata resistansi jenis tanahnya turun menjadi 5,89 Ωm. Dapat dilihat bahwa penambahan bentonit, garam dan air dapat menurunkan

resistansi jenis tanah. Penurunan nilai ini disebabkan karena resistansi jenis tanah akan menurun pada tanah yang mempunyai kadar garam dan kandungan air yang lebih baik[2].

Tabel 7. Nilai rata-rata Resistansi jenis tanah [1]

No	Jenis tanah	Resistansi jenis tanah (Ω- m)
1.	Tanah rawa	30
2.	Tanah liat dan Tanah ladang	100
3.	Pasir basah	200
4.	Kerikil basah	500
5.	Pasir dan kerikil kering	1000
6.	Tanah berbatu	3000

Data di atas merupakan resistansi jenis dari berbagai macam jenis tanah. Nilai tahanan jenis tanah yang didapatkan pada percobaan tanpa penambahan bentonit dan garam NaCl (17,109 Ωm) dan sesudah penambahan bentonit dan garam NaCl (5,89 Ωm) jika mengacu pada tabel 7 di atas maka termasuk dalam golongan tanah rawa. Nilai tersebut tergolong rendah untuk resistivitas tanah.

3.3. Persentase Penurunan Resistansi pentanahan

Untuk mengetahui seberapa besar penurunan nilai resistansi pentanahan antara kondisi awal tanpa penambahan bentonit dan kondisi akhir dengan penambahan bentonit dapat menggunakan persamaan persentase penurunan resistansi pentanahan berikut ini :

$$Persentase\ penurunan(\%) = \left| \frac{kondisi\ akhir - kondisi\ awal}{kondisi\ awal} \right| \times 100\% \dots (2)$$

Berdasarkan data pada tabel 4 dapat kita hitung persentase penurunan resistansi pentanahan pada masing-masing variasi kedalaman dengan persamaan 2.

$$Persentase\ penurunan(\%) = \left| \frac{12,67 - 36,86}{36,86} \right| \times 100\%$$

$$Persentase\ penurunan(\%) = 65,6\%$$

Dengan cara yang sama maka didapatkan tabel seperti berikut :

Tabel 8. Persentase perubahan resistansi pentanahan pada variasi kedalaman

kedalaman elektroda	sebelum penambahan bentonite (Ω)	sesudah penambahan bentonite (Ω)	Persentase penurunan
0,3 m	36,86	12,67	65,6 %
0,5 m	24,90	8,48	65,9 %
0,7 m	19,13	6,76	64,6 %
0,9 m	15,18	5,51	63,7 %
Rata-rata persentase penurunan			64,9 %

Berdasarkan tabel 8 dapat kita ketahui bahwa persentase penurunan resistansi pentanahan pada kedalaman 0,3 m sebesar 65,6 %, pada kedalaman 0,5 m persentase penurunan resistansi pentanahan sebesar 65,9 %, pada

kedalaman 0,7 m persentase penurunan resistansi pentanahan sebesar 64,6 % dan pada kedalaman 0,9 m persentase penurunan resistansi pentanahan sebesar 63,7 %. Dari keempat data tersebut didapatkan rata-rata persentase penurunan resistansi pentanahan sebesar 64,9 %. Sehingga dapat dikatakan bahwa dengan menambahkan bentonit, garam dan air dapat menurunkan nilai resistansi pentanahan sebesar 64,9 % dari kondisi tanpa penambahan sampel tersebut.

4. Kesimpulan

Pada kondisi tanah sebelum dicampur dengan bentonit resistansi pentanahan yang didapatkan pada kedalaman 0,3m sebesar 36,86 Ω , pada kedalaman 0,5m didapatkan resistansi pentanahan sebesar 24,9 Ω , pada kedalaman 0,7m didapatkan resistansi pentanahan sebesar 19,13 Ω dan pada kedalaman 0,9m didapatkan resistansi pentanahan sebesar 15,8 Ω . Pada kondisi tanah setelah dirambahkan dengan bentonit resistansi pentanahan yang didapatkan pada kedalaman 0,3m sebesar 12,67 Ω , pada kedalaman 0,5m didapatkan resistansi pentanahan sebesar 8,48 Ω , pada kedalaman 0,7m didapatkan resistansi pentanahan sebesar 6,94 Ω dan pada kedalaman 0,9m didapatkan resistansi pentanahan sebesar 5,51 Ω . Dari hasil percobaan pengukuran resistansi pentanahan sebelum dan sesudah penambahan bentonit dan garam *NaCl* dengan variasi kedalaman, didapatkan penurunan nilai resistansi pentanahan sesudah penambahan bentonit dan garam *NaCl*. Hal ini disebabkan karena bentonit dapat menahan air karena sifat molekulnya yang dapat mengembang hingga 8 kali sehingga kandungan airnya lebih banyak dan terjaga kandungan airnya. Penambahan garam pada campuran bentonit menjadikan bentonit bersifat elektrolit sehingga daya hantarnya akan meningkat.

Pada kondisi tanah sesudah penambahan bentonit dan garam *NaCl* persentase penurunan nilai resistansi pentanahan yang didapatkan sebesar 64,9 % jika dibandingkan dengan nilai resistansi pentanahan sebelum penambahan zat aditif tersebut. Sehingga dapat dikatakan bahwa dengan menambahkan bentonit, garam dan air dapat menurunkan nilai resistansi pentanahan sebesar 64,9 % dari kondisi tanpa penambahan sampel tersebut. Resistivitas tanah yang didapatkan juga menunjukkan penurunan dari kondisi sebelum penambahan bentonit dan garam yaitu sebesar 17,109 Ω -m, turun menjadi 5,89 Ω -m setelah ditambahkan bentonit.

Referensi

- [1]. BSN, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)," vol. 2000, no. Puil, p. 562, 2000.
- [2]. T. S. Hutauruk, *Pengetahuan Netral Sistem Tenaga & Pengetahuan Peralatan*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1991.
- [3]. D. Andini, Y. Martin, and H. Gusmedi, "Perbaikan Tahanan Pentanahan dengan Menggunakan Bentonit Teraktivasi", Universitas Lampung, 2016.
- [4]. S. C. Lim, C. Gomes, M. Zainal, and A. Ab, "Characterizing of Bentonite with Chemical, Physical and Electrical Perspectives for Improvement of Electrical Grounding Systems," vol. 8, pp. 11429–11447, 2013.
- [5]. S. Committee, *IEEE Guide for Safety*, vol. 2000, no. February. 2000.
- [6]. O. El-Sayed Gouda (Ed.), *Design Parameters of Electrical Network Grounding Systems*. IGI Global, 2017.
- [7]. Badan Litbang Energi dan Sumber Daya Mineral, *Kamus Pengolahan Mineral dan Batu Bara*. Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, 2005.
- [8]. A. Syakur, "Comparative Analysis Of Grounding," no. January, Universitas Diponegoro, 2016.