

PENGARUH LIMBAH BATUBARA (*FLY ASH*) SEBAGAI *SOIL TREATMENT* PADA SISTEM PENTANAHAN ELEKTRODA BATANG

Yuliana Shinta Dewi

Progam Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : yulianadewi@mhs.unesa.ac.id

Tri Rijanto

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : tririjanto@unesa.ac.id

Abstrak

Sistem pentanahan merupakan sistem yang dapat mengamankan makhluk hidup dari sengatan listrik dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/ arus abnormal. Sistem pentanahan yang baik mempunyai nilai resistansi yang kecil. Salah satu usaha untuk menurunkan resistansi pentanahan adalah dengan perlakuan khusus pada tanah (*soil treatment*) yaitu memberikan zat tertentu kedalam tanah. Pada penelitian ini digunakan abu terbang sebagai media pada *soil treatment*.

Tujuan dari penelitian ini untuk memperoleh informasi pengaruh penambahan abu terbang terhadap nilai resistansi pentanahan elektroda batang berlapis tembaga. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dan data diolah menggunakan statistik deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan pemberian abu terbang dengan takaran 40% dari kedalaman penanaman elektroda dapat mengurangi nilai resistansi pentanahan yaitu sebesar 1,82 Ω menjadi 1,18 Ω . Untuk mencapai resistansi kurang dari 1 Ω , tanpa pemberian abu terbang membutuhkan kedalaman penanaman sebesar 12 meter, sedangkan dengan pemberian 40% abu terbang membutuhkan kedalaman sebesar 7 meter.

Kata kunci : abu terbang, resistansi pentanahan, sistem pentanahan.

Abstract

Grounding system is a system that can protect living things from electric shock and secure installation components from the danger of abnormal voltage / current. A good ground system has a small resistance value. One effort to reduce ground resistance is by special treatment to the soil (*soil treatment*) that is giving certain substances into the soil. In this study, fly ash was used as a medium in soil treatment.

The purpose of this study was to obtain information on the effect of adding fly ash to the earth resistance value of copper-coated rod electrodes. The method used in this study is an experimental method and the data is processed using descriptive statistics. The results showed the administration of fly ash with a dose of 40% of the depth of electrode implantation can reduce the value of earth resistance which is 1.82 Ω to 1.18 Ω . To achieve resistance less than 1 Ω , without the administration of fly ash requires a planting depth of 12 meters, while the provision of 40% fly ash requires a depth of 7 meters.

Keywords : fly ash, earth resistance, grounding system.

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan adanya tenaga listrik dari waktu ke waktu semakin bertambah. Setelah tahun 1990, sistem tenaga listrik memerlukan sistem pentanahan karena tegangan yang semakin tinggi dan jarak jangkauan yang semakin jauh menimbulkan potensi membahayakan manusia ataupun hewan.

Sistem pentanahan merupakan sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/ arus abnormal (Sumardjati, 2008). Semakin kecil resistansi sistem pentanahan, maka semakin baik. Di dalam PUIL 2000 resistansi pentanahan seluruh sistem tidak boleh lebih dari 5 Ohm.

Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi resistansi pentanahan, yaitu tahanan jenis tanah, bahan penghantar, kedalaman penanaman elektroda, dan lain-lain. Salah satu usaha untuk memperkecil resistansi

pentanahan adalah dengan melakukan perlakuan khusus pada tanah (*soil treatment*). Perlakuan khusus pada tanah (*soil treatment*) berpengaruh pada nilai tahanan jenis tanah, usaha ini biasanya digunakan pada tanah yang mempunyai tahanan jenis yang tinggi. Bahan yang digunakan untuk *soil treatment* dapat berupa garam, gypsum, bentonit, arang, dan lain sebagainya.

Abu terbang merupakan limbah dari pembakaran batubara yang masih kurang variatif pemanfaatannya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ruliyani (2011) abu terbang memiliki potensi untuk meningkatkan daya hantar listrik tanah. Abu terbang mengandung unsur kimia yang dapat menghantarkan listrik. Umumnya abu terbang bersifat alkali, sehingga tidak menyebabkan korosi dengan logam. Penelitian yang dilakukan oleh Manikandan (2016) menunjukkan bahwa abu terbang dengan campuran bentonit, dapat menjadi alternatif untuk menurunkan tahanan jenis tanah. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian untuk memperoleh informasi pengaruh nilai tahanan sistem pentanahan dengan menambahkan abu terbang sebagai media *soil treatment*.

KAJIAN TEORI

Sistem Pentanahan

Salah satu faktor kunci dalam setiap usaha pengamanan (perlindungan) rangkaian listrik adalah pentanahan. Sistem pentanahan digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau rangkaian listrik dengan bumi. Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik. Nilai yang sangat dominan untuk diperhatikan dari suatu sistem pentanahan adalah resistansi pentanahan suatu sistem pentanahan tersebut.

Menurut Pabla (1994) agar sistem pentanahan dapat bekerja efektif, harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut: (1) Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengaman personil dan peralatan, menggunakan rangkaian yang efektif. (2) Menggunakan elektroda pentanahan yang tahan korosi terhadap berbagai macam kondisi kimiawi tanah, untuk meyakinkan kontinuitas penampilannya sepanjang umur peralatan yang dilindungi. (3) Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung (*surge current*). (4) Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah didalam pelayanan.

Tujuan pentanahan menurut Hutauruk (1999) adalah: (1) Mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya untuk orang dalam daerah itu. (2) Untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan pada bangunan atau isinya. (3) Untuk memperbaiki penampilan (*performance*) dari sistem.

Nilai resistansi suatu sistem pentanahan diharapkan serendah mungkin. Di dalam PUIL 2000 harga tahanan atau resistansi pentanahan sistem tidak boleh lebih dari 5 Ohm. Faktor-faktor yang mempengaruhi sistem pentanahan: (1) Bentuk elektrode. (2) Jenis bahan dan ukuran elektrode. (3) Konfigurasi elektrode. (4) Kedalaman penanaman. (5) Kondisi tanah, seperti: jenis tanah, kelembapan tanah, kandungan mineral tanah dan suhu tanah.

Jenis-Jenis Elektrode Pentanahan

1. Elektrode Batang

Elektrode batang adalah elektrode yang terbuat dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke tanah. Elektrode ini banyak digunakan pada gardu induk. Secara teknis, elektrode jenis ini mudah pemasangannya dan tidak memerlukan lahan yang luas. Elektrode batang biasanya ditanam dengan kedalaman yang cukup dalam.

Sumardjati (2008) menjelaskan mengenai rumus resistansi pentanahan untuk elektrode batang tunggal yaitu:

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

Di mana :

R = Resistansi pentanahan untuk batang tunggal (Ω)

ρ = Resistivitas tanah (Ω -cm)

L = Panjang elektrode (cm)

a = Jari-jari elektrode (cm)

Resistansi pentanahan dari elektrode-elektrode batang sangat dipengaruhi oleh tahanan jenis tanah (resistivitas tanah). Satuan dari tahanan jenis tanah adalah Ω -meter. Nilai tahanan jenis tanah dapat berbeda-beda dari satu tempat dengan tempat yang lain tergantung dari sifat-sifat yang dimilikinya.

2. Elektrode Pelat

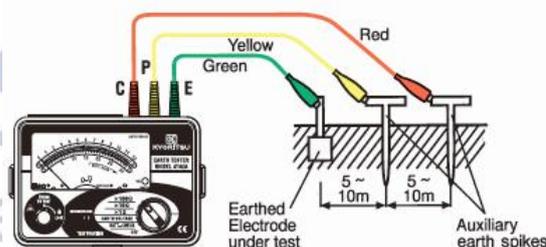
Elektrode pelat ialah elektrode dari bahan pelat logam (utuh atau berlubang) atau dari kawat kasa. Pada umumnya elektrode ini ditanam dalam. Elektrode ini digunakan bila diinginkan resistansi pentanahan yang kecil dan sulit diperoleh dengan menggunakan jenis-jenis elektrode yang lain.

3. Elektrode Pita

Elektrode pita ialah elektrode yang terbuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal.

Pengujian Resistansi Pentanahan

Pengujian resistansi pentanahan adalah pengukuran resistansi elektrode pentanahan yang dilakukan setelah pemasangan elektrode. Metode yang umum untuk mengukur resistansi pentanahan adalah metode 3 titik. Perancangan alat ukur resistansi digital ini menggunakan tiga batang elektrode yang di hubungkan ke tanah yaitu elektrode E (*Earth*), Elektrode P (*Potensial*), dan Elektrode C (*Current*). Terminal E dihubungkan dengan terminal *ground* yang akan diukur, lalu terminal P ditanam membentuk garis lurus dari terminal *earth plate* (E) sejauh 5-10 meter dan terminal C segaris lurus dengan terminal E dan P, jaraknya 5-10 meter dari terminal P seperti Gambar 1.



Gambar 1. Skema Pemasangan *Earth Tester* Metode Tiga Titik

(Sumber: www.test-equipment.com.au)

Abu Terbang (*Fly Ash*)

Abu terbang merupakan limbah padat hasil pembakaran batubara. Salah satu penghasil terbesar dari abu terbang ini adalah pembakaran batubara dalam PLTU. Abu terbang memiliki unsur-unsur kimia yang bila terlarut oleh air akan menjadi konduktor listrik yang baik. Berikut adalah tabel hasil uji material abu terbang PLTU Paiton:

Tabel 1. Hasil Uji X-Ray *Flourescence Fly Ash*

Compound	Conc (%)	Compound	Conc (%)
Al	4.60	Ni	0.02
Si	13.10	Cu	0.68
S	0.40	Sr	0.80
K	0.97	Mo	1.00
Ca	24.00	In	0.07
Ti	0.92	Ba	0.71
V	0.05	Eu	0.40
Cr	0.10	Yb	0.10
Mn	0.76	Hg	0.54
Fe	51.17		

(Sumber: Adelfani, 2018)

Tabel 1 menunjukkan bahwa abu terbang memiliki unsur-unsur kimia yang jika terlarut dalam air, dapat menjadi konduktor yang baik. Unsur-unsur kimia tersebut adalah Ca, Ba dan K. Umumnya abu terbang bersifat alkalinitas tinggi dengan variasi pH berkisar 8 samapai 12. Sifat alkalinitas yang tinggi dapat memperkecil resiko korosi pada logam.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif ialah penelitian yang analisisnya lebih fokus pada data-data berupa angka yang diolah dengan menggunakan metode statistika. Metode yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini adalah metode eksperimen (Putri, 2017).

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2019 bertempat di wilayah tanah terbuka di Penjaringan Asri Surabaya. Tempat penelitian ini dipilih karena luas lahan yang memadai dalam melakukan penelitian disebabkan dalam melakukan pengukuran nilai resistansi pentanahan peneliti menggunakan metode 3 titik. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah elektroda batang terbuat dari baja berlapis tembaga dan abu terbang. Elektroda batang dengan panjang 150 cm dan diameter 1,8 cm.

Benda uji yang kedua berupa abu terbang. Penelitian ini menggunakan abu terbang kelas C berasal dari PLTU Paiton. Abu terbang kelas C merupakan abu terbang yang memiliki kandungan CaO yang cukup tinggi. Fly ash tipe C bersifat cementitious dan pozolan. Tingginya kadar CaO dan sifat cementitious mengakibatkan jika terkena air atau kelembaban mengeras dalam waktu kurang lebih 45 menit. Ca merupakan unsur kimia yang bila diberi air dapat menjadi penghantar listrik yang baik. Bentuk fisik abu terbang ditujukan pada Gambar 2.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan suatu atribut atau suatu sifat atau nilai dari orang, objek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2007).

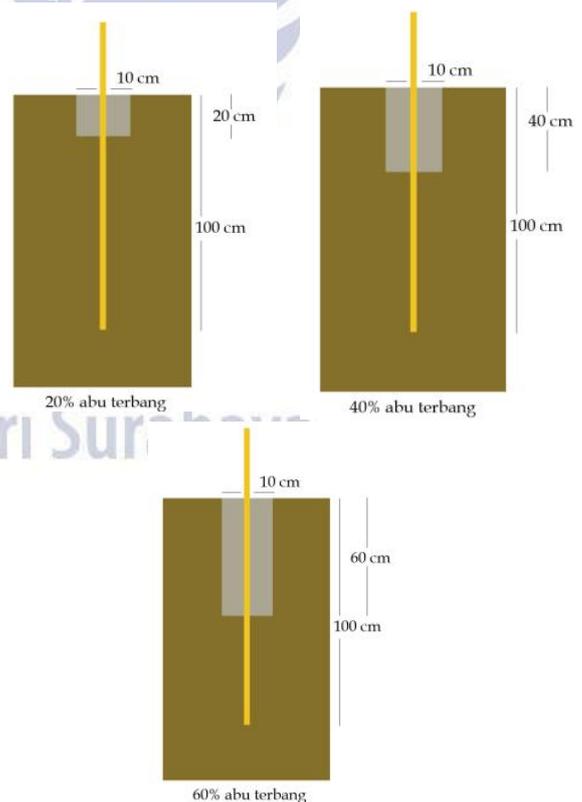


Gambar 2. *Fly Ash* Batubara
(Sumber : Wardani, 2008)

1. Variabel Bebas

Yang menjadi variabel bebas dalam penelitian ini adalah banyaknya pemberian abu terbang pada lubang pentanahan dan kedalaman penanaman elektroda batang. Definisi operasional variabel bebas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Tahap awal pengujian adalah membuat lubang pentanahan dengan kedalaman 100 cm. Setelah lubang pentanahan dibuat, pengujian pertama adalah mengukur resistansi pentanahan tanpa diberikan abu terbang. Setelah itu mengukur pentanahan yang telah diberikan abu terbang sebanyak 20%, kemudian 40%, kemudian 60%. Apabila pengujian tahap awal selesai, maka diambil data yang menunjukkan resistansi terkecil dari masing-masing percobaan. Gambar 3 menunjukkan kondisi penanaman elektroda batang pada masing-masing pentanahan.



Gambar 3 Kondisi penanaman elektroda batang pada masing-masing pentanahan

b). Tahap pengujian kedua yaitu bertujuan untuk mengetahui pengaruh kedalaman penanaman elektroda batang terhadap resistansi pentanahan. Dari data pengujian pertama didapatkan media pentanahan yang menghasilkan resistansi pentanahan paling kecil. Maka, media pentanahan tersebut digunakan untuk pengujian kedua dengan membandingkan tanpa media pentanahan. Resistansi pentanahan diukur secara bertahap dari kedalaman penanaman elektroda sebesar 20 cm, lalu 40 cm, 60 cm, 80 cm, 100 cm, dan selanjutnya 120 cm.

2. Variabel Terikat (*dependent variable*)

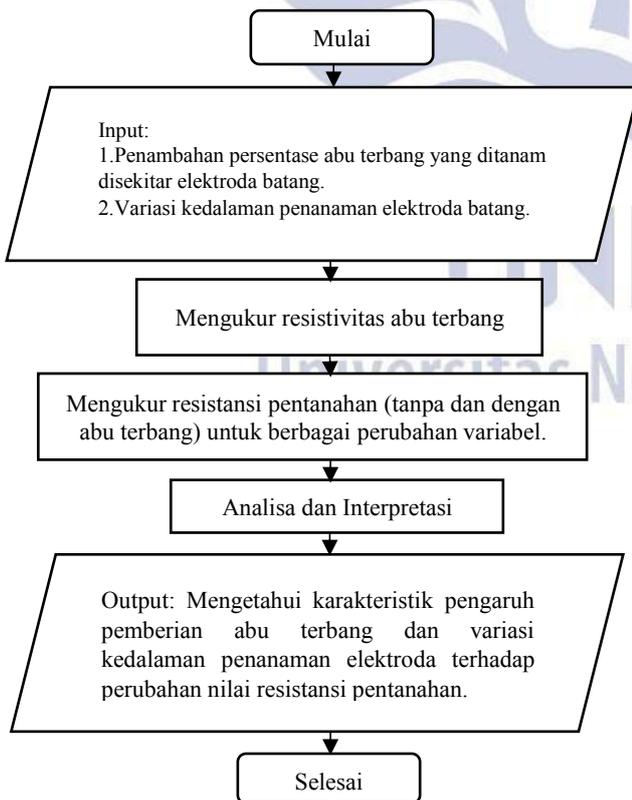
Penelitian ini melakukan pengukuran nilai resistansi pentanahan sebelum dan sesudah penambahan abu terbang, serta pengaruh kedalaman penanaman elektroda batang. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai resistansi pentanahan.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: jenis abu terbang yang digunakan sama, jenis elektroda yang digunakan adalah elektroda baja lapis tembaga, lokasi pengujian dilakukan di wilayah tanah terbuka Penjaringan Asri Surabaya, alat ukur yang digunakan adalah Eath Tester Kyoritsu 4105A Digital, rangkaian pengukuran yang digunakan adalah metode 3 titik.

Diagram Alir Penelitian

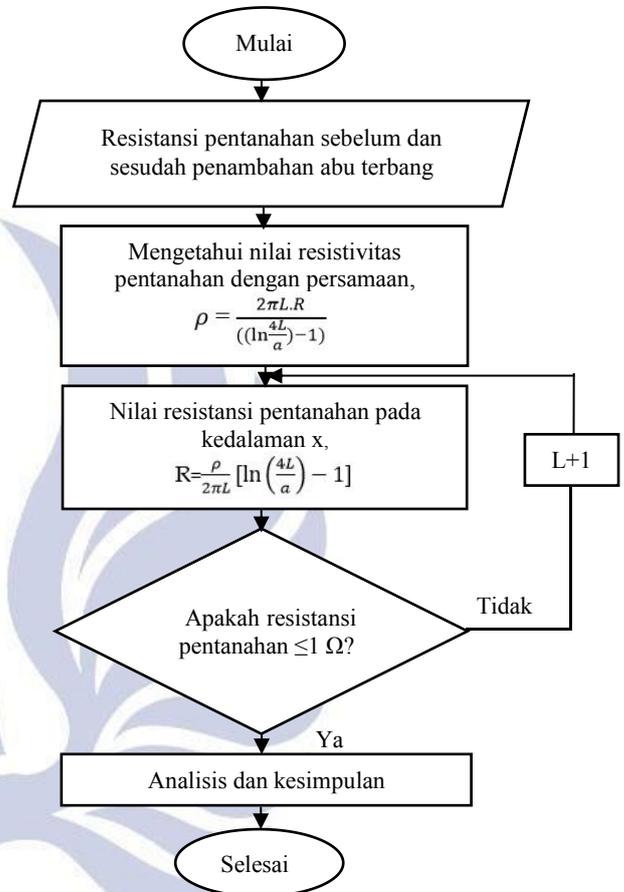
Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

Analisis Hasil Pengujian

Pada penelitian ini, analisis yang digunakan untuk mendeskripsikan hasil penelitian adalah analisis statistik. Data hasil penelitian yaitu berupa resistansi pentanahan. Selanjutnya, data yang telah didapatkan dimasukkan ke dalam rumus perhitungan untuk dibandingkan dengan hasil pengujian. Diagram dari analisa data dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain Eksperimen Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

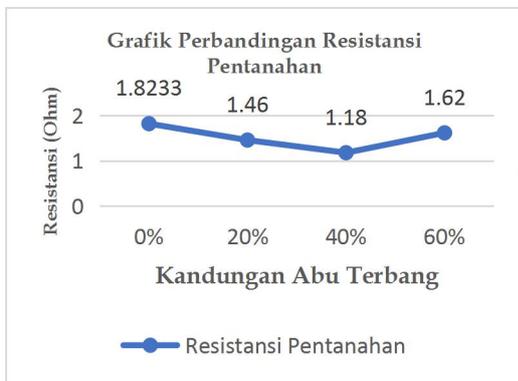
Pengaruh Penambahan Abu Terbang Disekitar Elektroda Batang

Pengukuran pertama dilaksanakan pada musim hujan. Abu terbang yang digunakan dalam kondisi kering. Kedalaman penanaman elektroda batang sebesar 100 cm. Hasil pengujian resistansi pentanahan pada pengukuran pertama dapat dilihat pada Tabel 2. Grafik perbandingan besar resistansi pentanahan dengan variasi penambahan abu terbang dapat dilihat pada Gambar 6.

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6 tampak terjadi penurunan resistansi yang signifikan ketika diberikan abu terbang sebesar 20% dan 40%. Saat pemberian abu terbang sebesar 60%, resistansi kembali naik.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Resistansi Pentanahan pada Pengujian Pertama

No	Kandungan Abu Terbang	Resistansi (Ohm)			Rerata (Ohm)
		P-1	P-2	P-3	
1	0%	1,86	1,89	1,72	1,8233
2	20%	1,43	1,69	1,26	1,46
3	40%	1,18	1,18	1,18	1,18
4	60%	1,62	1,62	1,62	1,62



Gambar 6 Grafik Pengaruh Penambahan Abu Terbang pada Resistansi Pentanahan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa dengan kedalaman 1 meter, resistansi pentanahan sudah memenuhi standar PUIL 2000 yaitu kurang dari 5 ohm. Hal ini dapat terjadi karena faktor lain yaitu perbedaan nilai resistivitas pada masing-masing lapisan tanah seperti kandungan garam serta sifat elektrolit tanah dan sebagainya.

Pengaruh Kedalaman Penanaman Elektroda Batang terhadap Resistansi Pentanahan

1. Hasil Pengukuran Resistansi Pentanahan

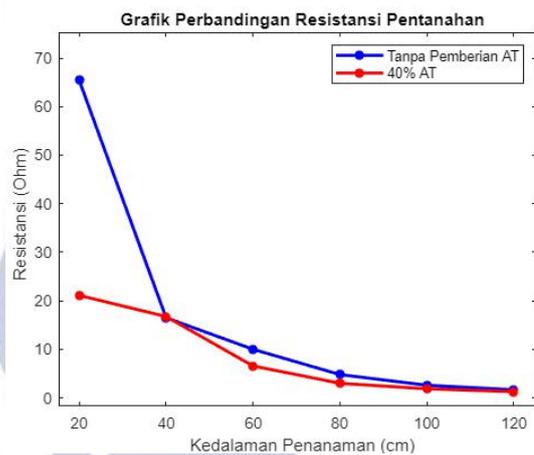
Pengukuran kedua dilaksanakan dengan memvariasikan kedalaman penanaman elektroda batang. Pengukuran kedua membandingkan nilai resistansi tanpa pemberian abu terbang dan dengan pemberian abu terbang. Abu terbang yang digunakan dalam kondisi basah. Banyaknya abu terbang yang digunakan sebesar 40% dari kedalaman penanaman elektroda batang sedalam 120 cm. Banyak abu terbang yang diberikan pada lubang penanaman berdasarkan data hasil pengukuran pertama yang menghasilkan nilai resistansi terkecil.

Hasil pengukuran resistansi pentanahan dari pengukuran kedua dapat dilihat pada Tabel 3. Grafik pengaruh kedalaman penanaman elektroda batang terhadap resistansi pentanahan dapat dilihat pada Gambar 7. Berdasarkan Gambar 7, dapat diketahui bahwa kedalaman penanaman elektroda memengaruhi resistansi pentanahan. Semakin dalam penanaman elektroda, maka semakin kecil resistansi pentanahan. Pada penanaman elektroda batang 20 cm dengan pemberian abu terbang sebesar 40% terdapat penurunan resistansi yang signifikan. Pada kedalaman

penanaman elektroda selanjutnya penurunan resistansi pentanahan relatif stabil.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Nilai Resistansi Pentanahan Berdasarkan Variasi Kedalaman Penanaman Elektroda Batang

No	Kedalaman elektroda (m)	Nilai Rt Tanpa Pemberian AT(Ohm)	Nilai Rt Pemberian AT 40% (Ohm)
		Hasil Pengukuran	Hasil Pengukuran
1	0,2	65,40	21,13
2	0,4	16,53	16,77
3	0,6	10,03	6,60
4	0,8	4,83	3,03
5	1	2,63	1,90
6	1,2	1,70	1,30



Gambar 7 Grafik Pengaruh Kedalaman Penanaman Elektroda Batang Terhadap Resistansi Pentanahan

2. Pengaruh Kedalaman Penanaman Elektroda Batang Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan Berdasarkan Analisa Perhitungan

A. Analisis Perhitungan Resistivitas Tanah

Nilai resistivitas tanah atau tahanan jenis tanah dapat diketahui dengan menggunakan data hasil pengujian resistansi pentanahan. Resistivitas atau tahanan jenis tanah dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2 sebagai berikut:

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

Dimana:

- ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-m)
- R_t = Tahanan elektroda terukur (Ohm)
- L = Panjang elektroda (m)
- a = Jari-jari penampang elektroda (m)

Parameter yang digunakan dalam perhitungan nilai resistivitas tanah berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 3. Resistivitas tanah dihitung menggunakan Persamaan 2. Hasil perhitungan resistivitas tanah dengan kedalaman penanaman elektroda batang

sedalam 20 cm tanpa *soil treatment* menggunakan Persamaan 2 adalah 29,3700 Ohm-m.

Hasil analisis perhitungan resistivitas tanah dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Resistivitas Tanah

No	Kedalaman elektroda (m)	Nilai ρ Tanpa Pemberian AT (Ohm-m)	Nilai ρ Pemberian AT 40% (Ohm-m)
1	0,2	29,37	9,49
2	0,4	11,94	12,08
3	0,6	9,56	6,38
4	0,8	5,76	3,64
5	1	3,67	2,71
6	1,2	2,79	2,14
Rata-Rata		10,51	6,07

Dari hasil perhitungan diatas berdasarkan nilai tahanan jenisnya termasuk ke dalam jenis tanah rawa. Resistivitas tanah yang kecil juga dipengaruhi oleh kondisi sekitar tanah yang terdapat pohon-pohon besar. Hal tersebut dikarenakan konsentrasi kadar air yang tinggi pada daerah akar pohon. Akar pohon berfungsi untuk menyerap unsur hara dan air dalam tanah. Agar unsur hara dan air tersebut mudah diserap maka terlebih dahulu diurai dalam bentuk ion. Ion-ion tersebut bermuatan listrik sehingga apabila diinjeksikan arus padanya, maka dengan mudah akan menghantarkan arus listrik dan mengakibatkan nilai resistivitasnya menjadi kecil. Perhitungan persentase kemampuan mereduksi menggunakan Persamaan 3 sebagai berikut:

$$\%reduksi = \frac{\rho \text{ tanpa abu t} - \rho \text{ abu t } 40\%}{\rho \text{ tanpa abu t}} \times 100\% \quad (3)$$

Dari hasil perhitungan nilai resistivitas pentanahan dapat dibuktikan bahwa pemberian abu terbang sebesar 40% dapat mereduksi resistivitas atau tahanan jenis tanah senilai 42%.

B. Analisis Perhitungan Resistansi Tanah

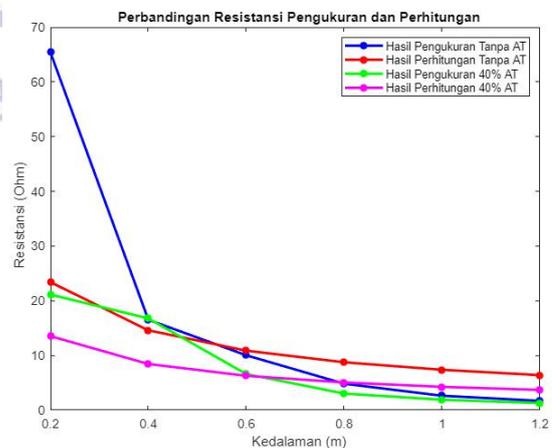
Analisis perhitungan resistansi pentanahan menggunakan persamaan 1. Nilai tahanan jenis tanah diambil dari analisis perhitungan resistivitas tanah sebelumnya. Hasil analisis perhitungan resistansi pentanahan tanpa penambahan abu terbang penanaman elektroda batang sedalam 20 cm dengan resistivitas sebesar 10,52 Ohm-m adalah 23,40 Ohm.

Hasil analisis perhitungan resistansi pentanahan serta perbandingan dengan hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5. Grafik perbandingan hasil pengukuran dengan hasil analisis perhitungan dapat dilihat pada Gambar 8.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Pengukuran dan Hasil Perhitungan

No	L (m)	Nilai Rt Tanpa pemberian abu terbang (Ohm)		Nilai Rt Pemberian Abu Terbang 40% (Ohm)	
		Hasil Pengukuran	Hasil Perhitungan	Hasil Pengukuran	Hasil Perhitungan
1	0,2	65,40	23,40	21,13	13,53
2	0,4	16,53	14,60	16,77	8,44
3	0,6	10,03	10,87	6,60	6,28
4	0,8	4,83	8,75	3,03	5,06
5	1	2,63	7,38	1,90	4,26
6	1,2	1,70	6,40	1,30	3,70

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa hasil perhitungan dengan hasil pengukuran mempunyai selisih yang besar kecuali pada kedalaman 0,6 m. Hal tersebut dikarenakan pada analisis perhitungan resistivitas setiap lapisan tanah dianggap homogen, namun fakta di lapangan menunjukkan bahwa sebagian besar tanah mempunyai resistivitas tanah yang berbeda di tiap-tiap lapisan tanah. Lahan yang digunakan untuk penelitian ini merupakan jenis tanah lempung yang disekitarnya terdapat pohon-pohon besar. Pohon-pohon besar yang ada disekitar tempat penelitian dapat memengaruhi resistivitas tanah yang mengakibatkan resistivitas tanah semakin kecil dikarenakan akar pohon di dalam tanah. Akar pohon sangat aktif dalam menyerap unsur hara dan air dari dalam tanah. Agar unsur hara dan air tersebut mudah diserap maka terlebih dahulu diurai dalam bentuk ion. Ion-ion tersebut bermuatan listrik sehingga apabila diinjeksikan arus padanya, maka dengan mudah akan menghantarkan arus listrik sehingga mengakibatkan nilai resistivitasnya menjadi kecil.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Resistansi Pentanahan Tanpa Pemberian Abu Terbang dan Pemberian Abu Terbang

3. Hasil Analisa Perhitungan Efektivitas Kedalaman Penanaman Elektroda Batang

Dari Persamaan 1, dapat dicari kedalaman yang efektif agar resistansi pentanahan bernilai sebesar 1 Ohm. Perbandingan hasil analisis perhitungan kedalaman elektroda untuk mencapai resistansi sebesar kurang dari 1 ohm dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Perhitungan Resistansi Pentanahan Kedalaman Efektif

No	L (m)	Tanpa Abu Terbang		Abu Terbang 40%	
		ρ (Ohm-m)	R(Ohm)	ρ (Ohm-m)	R(Ohm)
1	0,2	10,52	23,40	6,08	13,53
2	0,4	10,52	14,60	6,08	8,44
3	0,6	10,52	10,87	6,08	6,28
4	0,8	10,52	8,75	6,08	5,06
5	1	10,52	7,38	6,08	4,26
6	1,2	10,52	6,40	6,08	3,70
7	1,4	10,52	5,67	6,08	3,28
8	1,6	10,52	5,10	6,08	2,95
9	1,8	10,52	4,65	6,08	2,68
10	1,9	10,52	4,45	6,08	2,57
11	2	10,52	4,27	6,08	2,47
12	3	10,52	3,07	6,08	1,78
13	4	10,52	2,42	6,08	1,40
14	5	10,52	2,01	6,08	1,16
15	6	10,52	1,73	6,08	1,00
16	7	10,52	1,52	6,08	0,88
17	8	10,52	1,36	6,08	0,78
18	9	10,52	1,23	6,08	0,71
19	10	10,52	1,12	6,08	0,65
20	11	10,52	1,04	6,08	0,60
21	12	10,52	0,96	6,08	0,56
22	13	10,52	0,90	6,08	0,52

Berdasarkan hasil analisis perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 6, dapat diketahui bahwa abu terbang dapat mengurangi resistansi pentanahan. Dengan pemberian abu terbang sebagai media pentanahan didapatkan kedalaman penanaman elektroda yang lebih rendah untuk mencapai resistansi kurang dari 1 ohm yaitu sedalam 7 meter. Sedangkan tanpa pemberian abu terbang dibutuhkan kedalaman penanaman elektroda batang sedalam 12 meter untuk mencapai resistansi kurang dari 1 ohm.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan hasil penelitian telah dianalisis, maka didapatkan beberapa kesimpulan bahwa pemberian abu terbang pada tanah dapat mengurangi resistansi pentanahan dengan takaran yang sesuai, yaitu sebesar 40% dari kedalaman

penanaman elektroda. Dengan pemberian abu terbang sebesar 40% dapat mereduksi resistansi pentanahan awal sebesar 1,82 Ω menjadi 1,18 Ω sesuai dengan Tabel 2. Besar kecilnya resistansi pentanahan juga dipengaruhi kandungan elektrolit dalam tanah serta tanaman yang ada di sekitar lahan penelitian.

Untuk mencapai resistansi pentanahan kurang dari 1 ohm sesuai analisis perhitungan dengan pemberian abu terbang hanya membutuhkan kedalaman penanaman elektroda sedalam 7 meter dibandingkan dengan tanpa pemberian abu terbang yang membutuhkan penanaman sedalam 12 meter. Hasil analisis perhitungan ditunjukkan pada Tabel 6.

Saran

Penelitian selanjutnya mengenai pentanahan dengan media abu terbang sebaiknya dilakukan dengan memerhatikan saran berikut, yaitu abu terbang (*fly ash*) sebagai media pentanahan dapat dicampurkan dengan zat aditif lain untuk mendapatkan resistansi pentanahan yang lebih baik. Penelitian selanjutnya diharapkan dilakukan di berbagai macam jenis tanah. Menggunakan soil tester agar faktor-faktor lain yang memengaruhi nilai resistansi jenis tanah seperti kelembapan dan suhu tanah dapat terukur dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Adelfani, Dita. 2018. *Pengaruh Rasio W/S Terhadap Kuat Tekan Geopolymer Mortar Pada Kondisi SS/SH 12 Molar 0,5 Dan 2,5*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.

[2] Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. Jakarta.

[3] Hutaeruk, T.S. 1999. *Pengetahuan Netral Sistem Tenaga & Pengetahuan Peralatan*. Jakarta : Erlangga.

[4] Indiamart. "Copper Bonded Electrode Ground Rods,". [Online] <https://www.indiamart.com/proddetail/copper-bonded-electrode-ground-rods-14235479073>, tanggal akses: 4 Maret 2019.

[5] Manikandan, P. 2016. *Performance Analysis Of Flyash With Bentonite In Grounding Pit*. IEEE International Conference On Electrical Energy Systems: hal 58-61.

[6] Nazari, Yudhi Ahmad. 2015. *Deteksi Perakaran Kelapa Sawit Pada Lubang Biopori dengan Metode Geolistrik Resistivitas*. Ziraah. Vol. 40 (1): hal. 31-39.

[7] Pabla, As dan Abdul Hadi. 1991. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta : Erlangga.

[8] Putri, Sheren Diusti Dwi. 2017. *Rancang Bangun Sistem Pentanahan Metode ROD Menggunakan Injeksi (Bentonit dan Arang)*. Padang : Politeknik Negeri Padang.

[9] Ruliyani, Fanissa. 2011. *Sifat-Sifat Kimia Tanah di Sekitar Landfill Abu Terbang (Fly Ash) PLTU Suralaya*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

[10] Sugiyono. 2007. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.

- [11] Testequipment. "Kyoritsu 4105A 2/3 Pole Earth Resistance Tester,".[Online] <https://www.test-equipment.com.au/kyoritsu-4105a-earth-tester>, tanggal akses: 4 Maret 2019.
- [12] Wardani, Sri Prabandiyani Retno. 2008. *Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan*. Diponegoro: Universitas Diponegoro.

