

PENGARUH PENAMBAHAN BENTONIT UNTUK MEREDUKSI NILAI RESISTANSI PENTANAHAN JENIS ELEKTRODA BATANG BERLAPIS TEMBAGA DAN PIPA BAJA GALVANIS

Ramadhani Dedy Setiawan

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : ramadhanidedysetiawan49@gmail.com

Tri Rijanto

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

Abstrak

Sistem pentanahan adalah 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. Nilai resistansi pentanahan yang ditetapkan oleh PUIL 2000 maksimal sebesar 5 Ω . Usaha mereduksi nilai resistansi pentanahan salah satunya dengan memperlakukan tanah secara khusus (*soil treatment*) dengan menambahkan bentonit ke dalam tanah sebagai media pentanahan. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh informasi pengaruh penambahan bentonit terhadap nilai resistansi pentanahan elektroda batang berlapis tembaga dan pipa baja galvanis. Metode yang digunakan adalah eksperimen yaitu melakukan manipulasi terhadap variabel bebas dengan melakukan penambahan bentonit di sekitar elektroda batang berlapis tembaga dan pipa baja galvanis sehingga berpengaruh terhadap variabel terikat yaitu nilai resistansi pentanahan. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah jenis elektroda yang digunakan yaitu elektroda batang berlapis tembaga dan pipa baja galvanis, alat ukur yang digunakan adalah Earth Tester Kyoritsu 4105A Digital, rangkaian pengukuran yang digunakan adalah metode 3 titik, dan lokasi penelitian bertempat pada wilayah tanah terbuka di Sidoarjo. Hasil penelitian menunjukkan nilai resistansi pentanahan sebelum penambahan bentonit di sekeliling area elektroda pentanahan yaitu sebesar 5,43 Ω untuk elektroda batang berlapis tembaga dan 4,75 Ω untuk pipa baja galvanis. Setelah penambahan bentonit 4 kg, 6 kg, dan 8 kg nilai resistansi mengalami penurunan berturut-turut sebesar 3,75 Ω , 3,72 Ω , dan 3,69 Ω dengan rata-rata penurunan sebesar 31,48 % untuk elektroda batang berlapis tembaga dan 3,54 Ω , 3,52 Ω , dan 3,51 Ω dengan rata-rata penurunan sebesar 25,82 % untuk pipa baja galvanis.

Kata Kunci : Bentonit, Resistansi Pentanahan, Sistem Pentanahan.

Abstract

Grounding system is a conductive connection system that connects systems, equipment bodies, and installations to earth/land so that it can secure humans from electric shock, and secure installation components from danger of abnormal voltages/currents. Grounding resistance value set by PUIL 2000 is a maximum of 5 Ω . One attempt to reduce value of ground resistance is by treating soil specifically (*soil treatment*) by adding bentonite to soil as a grounding media. Purpose of this study was to obtain information effect of bentonite addition on value of ground resistance of copper plated rod electrode and galvanized steel pipes. Research method carried out was an experiment, namely manipulating independent variables by adding bentonite around copper plated rod electrode and galvanized steel pipes so that it affected dependent variable, ground resistance value. Control variables in this study are types of electrodes used are copper plated rod electrode and galvanized steel pipes, measuring instrument used is Earth Tester Kyoritsu 4105A Digital, measurement circuit used is the 3-point method, and research location is located in open land in Sidoarjo. Test results showed grounding resistance values before addition of bentonite around ground electrode area which was equal to 5.43 Ω for copper plated rod electrode and 4.75 Ω for galvanized steel pipes. After addition of 4 kg, 6 kg, and 8 kg bentonite resistance value decreased by 3.75 Ω , 3.72 Ω , and 3.69 Ω respectively with an average decrease of 31.48% for copper plated rod electrode and 3.54 Ω , 3.52 Ω , and 3.51 Ω with an average reduction of 25.82% for galvanized steel pipes.

Keywords: Bentonite, Ground Resistance, Grounding System.

PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik adalah sekumpulan pusat listrik dan gardu induk (pusat beban) yang satu sama lain dihubungkan oleh jaringan transmisi sehingga merupakan

sebuah kesatuan interkoneksi (Marsudi, 2006). Sistem tenaga listrik tidak lepas dari gangguan. Gangguan tersebut biasanya disebabkan karena hubung singkat, petir, maupun kegagalan isolasi peralatan. Gangguan tersebut dapat menurunkan stabilitas sistem, membahayakan jiwa orang, dan dapat merusak peralatan

elektronik. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu sistem pentanahan dalam suatu peralatan agar dapat mengalirkan arus gangguan ke dalam tanah. Dalam sistem pentanahan, semakin kecil nilai resistansi pentanahan maka kemampuan mengalirkan arus ke tanah semakin besar sehingga arus gangguan tidak merusak peralatan.

Usaha untuk memperkecil nilai resistansi pentanahan adalah dengan memperlakukan tanah secara khusus (*soil treatment*) dengan menambahkan bentonit yang digunakan sebagai media pentanahan di sekeliling elektroda pentanahan. Elektroda pentanahan yang digunakan adalah elektroda batang berlapis tembaga dan pipa baja galvanis.

Bentonit merupakan hasil endapan dari aktivitas vulkanik jatuhnya berukuran sangat halus yang kemudian mengalami proses pengerjaan oleh air dan terendapkan kembali pada lingkungan laut dalam (Julinawati, 2013). Menurut Ogive dalam Opara, dkk. (2014), bentonit adalah lempung penahan kelembaban yang digunakan sebagai pengurukan elektroda bumi untuk membantu menurunkan resistivitas tanah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Andini (2016), resistansi pentanahan menurun setelah dilakukan *soil treatment* dengan penambahan bentonit di sekeliling elektroda pentanahan. Penambahan dengan komposisi berturut-turut 2 kg, 3 kg, 4 kg, dan 5 kg, didapatkan hasil resistansi pentanahan yang semakin menurun seiring bertambah banyaknya penambahan komposisi bentonit di sekitar elektroda pentanahan. Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis elektroda batang atau tipe *rod*.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka peneliti berkeinginan melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan bentonit untuk mereduksi nilai resistansi pentanahan jenis elektroda batang lapis tembaga dan pipa baja galvanis dengan memberikan bentonit di sekeliling area kedua jenis elektroda berturut-turut sebanyak 4 kg, 6 kg, dan 8 kg.

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 pengamanan 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 Sistem Pentanahan

Secara singkat tujuan pentanahan dapat diformulasikan sebagai berikut (Hutauruk, 1999):

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.

Faktor yang Mempengaruhi Sistem Pentanahan

Nilai resistansi suatu sistem pentanahan diharapkan serendah mungkin. Menurut PUIL 2000 nilai resistansi pentanahan sistem maksimal adalah 5 Ω . Elektroda pentanahan yang ditanamkan ke dalam tanah diharapkan langsung memperoleh resistansi yang rendah. Beberapa faktor yang berpengaruh:

1. Bentuk elektrode
2. Jenis bahan dan ukuran elektrode
3. Konfigurasi elektrode
4. Kedalaman penanaman
5. Jenis tanah
6. *Moisture* tanah
7. Kandungan mineral tanah
8. Suhu tanah

Jenis-Jenis Elektroda Pentanahan

1. Elektrode Batang

Elektrode ini merupakan elektrode yang pertama kali digunakan dan teori-teori berawal dari elektrode jenis ini. 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.

Dalam Pabla (1994) dijelaskan mengenai rumus resistansi pentanahan untuk elektroda 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 elektroda (cm)

a = Jari-jari Elektroda (cm)

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

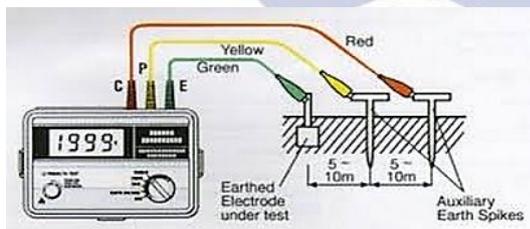
Elektrode pita ialah elektrode yang terbuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal.

Jenis Tanah

Resistivitas tanah sangat menentukan resistansi pentanahan dari elektrode- elektrode pentanahan. Resistivitas tanah diberikan dalam satuan Ω -meter. Dalam bahasan disini menggunakan satuan Ω -meter, yang merepresentasikan resistansi tanah yang diukur dari tanah yang berbentuk kubus yang bersisi 1 meter. Resistivitas tanah dapat berbeda-beda dari satu tempat dengan tempat yang lain tergantung dari sifat-sifat yang dimilikinya.

Pengujian Resistansi Pentanahan

Pengujian resistansi pantanahan adalah pengukuran resistansi elektroda pentanahan yang dilakukan setelah dilakukan pemasangan elektroda. Metode pengukuran resistansi pentanahan yang umum digunakan yaitu metode 3 titik. Perancangan alat ukur resistansi digital ini menggunakan tiga batang elektroda yang ditanahkan yaitu elektroda E (*Earth*), Elektroda P (*Potensial*), dan Elektroda 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. Pengukuran Metode 3 Titik
(Sumber : www.electricneutron.com)

Pengertian Bentonit

Bentonit adalah lempung penahan kelembaban yang digunakan sebagai pengukuran elektroda bumi untuk membantu menurunkan resistivitas tanah. Bentonit memiliki fungsi untuk menurunkan resistansi tanah apabila bentonit dicampurkan ke dalam tanah. Bentonit akan meningkatkan kelembapan tanah dan menjaga kandungan air di dalam tanah. Bentonit digunakan karena memiliki sifat:

1. Mengeras bila dicampur dengan air sehingga akan memiliki sifat yang permanen dan tidak mudah tergerus air saat hujan
2. Memiliki sifat non korosif
3. Bentonit melindungi elektroda yang ditanam dari keausan.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen (*experimental research*). Penelitian eksperimen adalah penelitian untuk mencari hubungan sebab akibat (hubungan kausal) antara dua faktor yang sengaja ditimbulkan dengan mengeliminasi atau mengurangi atau menyisihkan faktor-faktor lain yang mengganggu (Arikunto, 2010). Dalam penelitian eksperimen dilakukan manipulasi paling sedikit satu variabel, mengontrol variabel lain yang relevan dan mengobservasi efek atau pengaruhnya terhadap satu atau lebih variabel terikat.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada semester ganjil 2018/2019 bertempat di wilayah tanah terbuka di Sidoarjo. Tempat penelitian ini dipilih karena luas lahan yang memadai dalam melakukan penelitian disebabkan dalam melakukan pengukuran nilai resistansi pentanahan peneliti menggunakan metode 3 titik, selain itu adanya instrumen penelitian yang memadai karena bekerjasama dengan CV Buana Jaya Teknik yaitu sebagai jasa penangkal petir di Sidoarjo.

Objek Penelitian



Gambar 2. Elektrode Batang Berlapis Tembaga
(Sumber : www.antipetir.co.id)



Gambar 3. Pipa Baja Galvanis
(Sumber : www.isibangunan.com)



Gambar 4. Bentonit
(Sumber : www.antipetir.co.id)

Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah objek penelitian atau apa yang menjadi titik perhatian suatu penelitian (Arikunto, 2013), sedangkan menurut Sugiyono (2010), variabel adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya. Variabel yang termasuk dalam penelitian eksperimen ini adalah:

1. Variabel Bebas (*Independent variable*)

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel terikat (*dependent*), (Sugiyono, 2010) Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah perlakuan terhadap dua kelompok pengujian yaitu penambahan bentonit disekitar elektroda batang berlapis tembaga dan pipa baja galvanis. Uraian variabel bebas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian nilai resistansi pentanahan dengan penambahan bentonit menggunakan elektroda batang berlapis tembaga, nilai resistansi pentanahan diukur dimana elektroda batang ditanam sedalam 100 cm dan komposisi penambahan bentonit divariasikan berturut-turut yaitu 4 kg, 6 kg, dan 8 kg disekitar elektroda batang dengan diameter 30 cm.
- b. Pengujian nilai resistansi pentanahan dengan penambahan bentonit menggunakan elektroda pipa baja galvanis, nilai resistansi pentanahan diukur dimana elektroda batang ditanam sedalam 100 cm dan komposisi penambahan bentonit divariasikan berturut-turut yaitu 4 kg, 6 kg, dan 8 kg disekitar elektroda batang diameter 30 cm.

2. Variabel Terikat (*dependent variable*)

Variabel terikat merupakan variable yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2010). Penelitian ini melakukan pengukuran nilai resistansi pentanahan sebelum dan sesudah penambahan bentonit dengan menggunakan kedua jenis elektroda pentanahan. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai resistansi pentanahan.

3. Variabel Kontrol

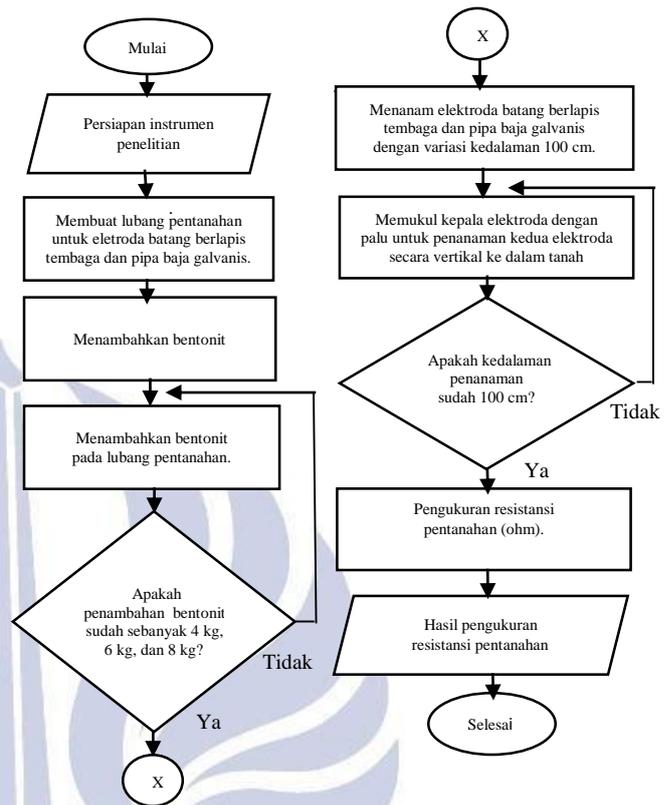
Variabel kontrol merupakan variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga hubungan variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti (Sugiyono, 2010).

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Jenis elektroda yang digunakan adalah elektroda batang berlapis tembaga dan pipa baja galvanis dengan panjang 110 cm dan berdiameter 3/4".
- b. Alat ukur yang digunakan adalah Earth Tester Kyoritsu 4105A Digital.
- c. Rangkaian pengukuran yang digunakan adalah metode 3 titik.
- d. Lokasi penelitian bertempat pada wilayah tanah terbuka di Sidoarjo.
- e. Penanaman elektroda pentanahan sedalam 100 cm

Desain Eksperimen Penelitian

Desain eksperimen penelitian dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini:



Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian ini adalah berbagai peralatan yang digunakan untuk mendapat data penelitian. Instrumen pada penelitian ini adalah:

1. *Earth Tester*, Elektroda Bantu, dan Kabel Penghubung



Gambar 5. *Earth Tester*, Elektroda Bantu, dan Kabel Penghubung (Sumber : www.arijaya.com)

2. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur diameter dan kedalaman lubang pentanahan.

3. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang bentonit yang ditentukan yaitu seberat 4 kg, 6 kg, dan 8 kg yang akan ditambahkan disekitar elektroda pentanahan.

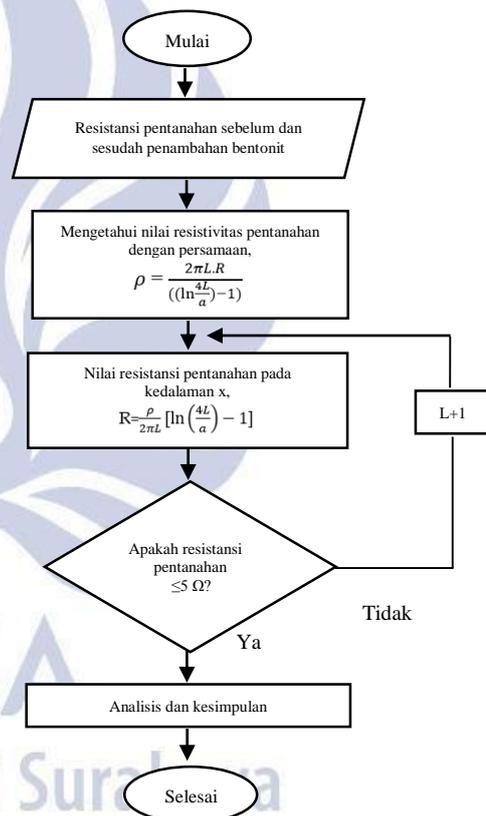
4. Palu/Martil
Palu/martil digunakan untuk memukul kepala elektroda pentanahan yang ditanam vertikal kedalam tanah.
5. Linggis
Batang yang terbuat dari logam yang berfungsi menggali tanah untuk membuat lubang pentanahan.

Prosedur Pengujian

1. Tahap Persiapan
 - a. Mempersiapkan bentonit
 - b. Mempersiapkan elektroda batang berlapis tembaga dan pipa baja galvanis.
 - c. Mempersiapkan alat ukur resistansi *Earth Tester* dan peralatan pendukung.
 - d. Mempersiapkan kabel penghantar.
 - e. Mencampurkan bentonit dengan air hingga tercampur rata
 - f. Membuat lubang pentanahan
2. Rangkaian Pengukuran Resistansi Pentanahan
Rangkaian pengukuran resistansi pentanahan menggunakan metode 3 titik dapat dilihat pada Gambar 1. Elektroda batang sebagai elektroda utama dengan dibantu dengan dua elektroda bantu.
3. Tahap Pengujian
 - a. Pengujian tanpa pemberian bentonit
 - 1) Menanam elektroda batang berlapis tembaga dan pipa baja galvanis dengan kedalaman penanaman secara vertikal ke dalam tanah sedalam 100 cm dengan diameter lubang sebesar 30 cm.
 - 2) Mengukur nilai resistansi pentanahan menggunakan metode 3 titik dengan menggunakan alat ukur *Earth Tester*.
 - b. Pengujian dengan pemberian bentonit
 - 1) Memberikan penambahan bentonit ke dalam tanah disekitar area elektroda berlapis tembaga dan pipa baja galvanis dengan variasi penambahan komposisi bentonit 4 kg, 6 kg, dan 8 kg dengan kedalaman penanaman secara vertikal ke dalam tanah 100 cm dengan diameter lubang sebesar 30 cm.
 - 2) Mengukur nilai resistansi pentanahan menggunakan metode 3 titik dengan menggunakan alat ukur *Earth Tester*.
 - 3) Hasil dari masing-masing pengujian resistansi pentanahan dicatat.
4. Akhir Pengujian
 - a. Membongkar elektroda batang setelah selesai melaksanakan penelitian
 - b. Membersihkan alat setelah selesai melaksanakan penelitian

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan analisis statistik sebagai sarana untuk mendeskripsikan hasil penelitian. Data yang diperoleh dari penelitian berupa nilai resistansi pentanahan kemudian digunakan untuk mengetahui nilai resistivitas pentanahan pada masing-masing tanah yang sudah dilakukan *soil treatment* dengan penambahan bentonit disekitar elektroda pentanahan. Nilai resistivitas pentanahan yang telah diketahui dapat digunakan untuk menghitung nilai resistansi pentanahan. Hasil dari nilai diatas kemudian dimasukkan kedalam tabel dan disajikan dalam bentuk grafik setelah itu dijelaskan dengan kalimat yang sederhana dan mudah dipahami untuk menjawab dari permasalahan yang diteliti. Berdasarkan uraian diatas, berikut adalah flowchat teknik analisis data dapat dilihat pada Gambar 7,



Gambar 7 Desain Eksperimen Penelitian.
(Sumber: Data penelitian, 2019)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Resistansi Pentanahan

1. Pengujian Pertama

Pengujian pertama dilakukan pada kedua jenis elektroda pentanahan yaitu elektroda batang berlapis tembaga dan pipa baja galvanis sebelum penambahan bentonit di sekeliling area kedua jenis elektroda. Berikut adalah hasil resistansi pentanahan pada pengujian pertama sebelum penambahan bentonit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil resistansi pentanahan pada pengujian pertama.

Jenis Elektroda Pentanahan	Resistansi Pentanahan (Ω)
Elektroda batang berlapis tembaga	5,43
pipa baja galvanis	4,75

(Sumber: Data penelitian, 2019)

2. Pengujian Kedua

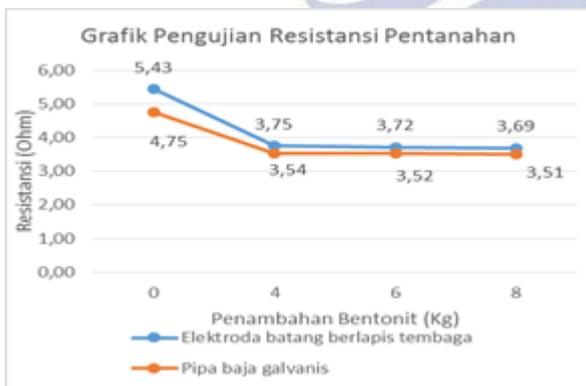
Pengujian kedua dilakukan pada kedua jenis elektroda pentanahan yaitu elektroda batang berlapis tembaga dan pipa baja galvanis setelah penambahan bentonit di sekeliling area kedua jenis elektroda. Berikut adalah hasil pengujian resistansi pentanahan pada pengujian kedua setelah penambahan bentonit dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil resistansi pentanahan pada pengujian kedua.

Jenis Elektroda Pentanahan	Resistansi Pentanahan (Ω)		
	Penambahan bentonit 4 kg	Penambahan bentonit 6 kg	Penambahan bentonit 8 kg
Elektroda batang berlapis tembaga	3,75	3,72	3,69
pipa baja galvanis	3,54	3,52	3,51

(Sumber: Data penelitian, 2019)

3. Grafik resistansi pentanahan



Gambar 8. Grafik resistansi pentanahan sebelum dan setelah ditambahkan bentonit (Sumber: Data penelitian, 2019)

Grafik resistansi pentanahan pada pengujian pertama yaitu sebelum penambahkan bentonit di sekeliling area elektroda batang berlapis tembaga dan pipa baja galvanis dan pengujian kedua yaitu setelah penambahkan bentonit di sekeliling area elektroda batang berlapis tembaga dan pipa baja galvanis

dengan penambahan berturut-turut yaitu 4 kg, 6 kg, dan 8 kg dapat dilihat pada Gambar 8.

4. Persentase penurunan nilai resistansi pentanahan

Dari hasil pengujian resistansi pentanahan didapatkan persentase penurunan nilai resistansi pentanahan dengan penambahan bentonit dapat dilihat pada tabel 3,

Tabel 3. persentase penurunan nilai resistansi pentanahan

Jenis Elektroda Pentanahan	Persentase Penurunan Nilai Resistansi Pentanahan (%)
Elektroda batang berlapis tembaga	31,48
pipa baja galvanis	25,82

(Sumber: Data penelitian, 2019)

Perhitungan Hasil Pengujian Pentanahan Perhitungan Resistivitas Tanah

Perhitungan Resistivitas Tanah Nilai resistivitas pentanahan dapat diketahui berdasarkan hasil pengujian pentanahan. Perhitungan nilai resistivitas tanah pada kedua jenis pengujian dapat diketahui dengan menggunakan rumus yang telah dipaparkan pada Gambar 7. Berikut adalah hasil perhitungan resistivitas tanah sebelum perhitungan resistivitas tanah sebelum dan setelah penambahan bentonit dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan resistivitas tanah

	Sebelum penambahan bentonit	Penambahan bentonit 4 kg	Penambahan bentonit 6 kg	Penambahan bentonit 8 kg
Resistivitas tanah (Ω -meter)	6,22	4,46	4,42	4,40

(Sumber: Data penelitian, 2019)

Perhitungan Resistansi Pentanahan

Tabel 5. Hasil perhitungan resistansi pentanahan

Jenis Elektroda Pentanahan	Resistansi Pentanahan (Ω)			
	Tanpa Bentonit	Penambahan bentonit 4 kg	Penambahan bentonit 6 kg	Penambahan bentonit 8 kg
Elektroda batang berlapis tembaga	5,16	3,70	3,65	3,65
pipa baja galvanis	4,98	3,57	3,52	3,52

(Sumber: Data penelitian, 2019)

Perhitungan nilai resistansi pentanahan pada kedua jenis pengujian dapat diketahui dengan menggunakan

rumus yang telah dipaparkan pada Gambar 7. Berikut adalah hasil perhitungan resistansi pentanahan sebelum dan setelah penambahan bentonit dengan kedalaman penanaman elektroda pentanahan sedalam 100 cm dapat dilihat pada Tabel 5.

Analisis dan Pembahasan

Berdasarkan pengujian resistansi pentanahan yang telah dilakukan pada kedua jenis pengujian didapatkan hasil yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Pengujian pertama dilakukan pada kedua jenis elektroda pentanahan yaitu elektroda batang berlapis tembaga dan pipa baja galvanis sebelum penambahan bentonit di sekeliling area kedua jenis elektroda, sedangkan pengujian kedua dilakukan pada kedua jenis elektroda pentanahan setelah penambahan bentonit di sekeliling area kedua jenis elektroda. Hasil pengujian pertama dapat dilihat pada Tabel 1 dan hasil pengujian kedua dapat dilihat pada Tabel 2 kemudian hasil dari kedua jenis pengujian tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik perubahan nilai resistansi pentanahan pada Gambar 8. Berdasarkan Tabel 1 nilai resistansi pentanahan sebelum penambahan bentonit di sekeliling area elektroda pentanahan yaitu sebesar 5,43 Ω untuk elektroda batang berlapis tembaga dan 4,75 Ω untuk pipa baja galvanis. Berdasarkan Tabel 2 Nilai resistansi pentanahan pada elektroda batang berlapis tembaga dengan penambahan bentonit 4 kg, 6 kg, dan 8 kg berturut-turut adalah 3,75 Ω , 3,72 Ω , dan 3,69 Ω , sedangkan nilai resistansi pentanahan pada pipa baja galvanis setelah penambahan bentonit 4 kg, 6 kg, dan 8 kg berturut-turut adalah 3,54 Ω , 3,52 Ω , dan 3,51 Ω , setelah penambahan bentonit di sekeliling area kedua jenis elektroda didapatkan hasil penurunan nilai resistansi pentanahan seiring bertambah banyaknya penambahan bentonit. Berdasarkan Tabel 3 dari hasil pengujian resistansi pentanahan tersebut didapatkan persentase penurunan resistansi pentanahan setelah penambahan bentonit yaitu 31,48 % untuk elektroda batang berlapis tembaga dan 25,82 % untuk pipa baja galvanis.

Berdasarkan hasil kedua pengujian, terlihat perbedaan nilai resistansi pentanahan sebelum dan setelah penambahan bentonit di sekeliling area kedua jenis elektroda. Setelah penambahan bentonit, nilai resistansi pentanahan menurun dari yang awalnya 5,43 Ω untuk elektroda batang berlapis tembaga dan 4,75 Ω untuk pipa baja galvanis turun ke nilai 3 Ω . Semakin banyak penambahan bentonit maka didapatkan nilai resistansi pentanahan yang semakin menurun. Resistivitas tanah sangat berpengaruh terhadap nilai resistansi pentanahan dari elektrode-elektrode pentanahan. Penurunan nilai resistansi pentanahan disebabkan karena penurunan nilai resistivitas tanah setelah penambahan bentonit yang dapat dilihat pada Tabel 4. Nilai resistansi pentanahan tersebut

telah memenuhi standar PUIL 2000 tidak melebihi nilai resistansi pentanahan maksimal yaitu 5 Ω .

PENUTUP

Simpulan

Setelah melakukan serangkaian tahapan proses penelitian kemudian hasil dari penelitian tersebut dianalisis, maka didapatkan kesimpulan yaitu nilai resistansi pentanahan mengalami penurunan seiring bertambahnya kuantitas bentonit yang diberikan di sekeliling area kedua jenis elektroda. Nilai resistansi pentanahan sebelum penambahan bentonit di sekeliling area elektroda pentanahan yaitu sebesar 5,43 Ω untuk elektroda batang berlapis tembaga dan 4,75 Ω untuk pipa baja galvanis. Setelah penambahan bentonit 4 kg, 6 kg, dan 8 kg nilai resistansi mengalami penurunan berturut-turut sebesar 3,75 Ω , 3,72 Ω , dan 3,69 Ω dengan rata-rata penurunan sebesar 31,48 % untuk elektroda batang berlapis tembaga dan 3,54 Ω , 3,52 Ω , dan 3,51 Ω dengan rata-rata penurunan sebesar 25,82 % untuk pipa baja galvanis.

Saran

Resistansi pentanahan sebelum penambahan bentonit sudah menunjukkan nilai yang rendah. Peneliti menyarankan untuk melakukan penelitian di tanah yang memiliki tingkat resistivitas tanah yang tinggi seperti jenis tanah pasir dan berkerikil sehingga ketika dilakukan penambahan bentonit lebih menunjukkan penurunan nilai resistansi yang signifikan.

Pada penelitian lebih lanjut, penggunaan elektrode pentanahan yang berbeda seperti elektrode pelat dengan perlakuan (*treatment*) yang sama bisa dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andini, Devy. 2016. Perbaikan Tahanan Pentanahan dengan Menggunakan Bentonit Teraktivasi. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*. Volume 10, No. 1, Januari 2016.
- Arikunto, Suharsimi. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Hari. 2017. *Sistem Grounding – Ground Rod Surabaya*. (Online). (<https://www.antipetir.co.id/ground-rod/>, diakses 07 Maret 2018).
- Hari. 2017. *Sistem Grounding – Semen Bentonit*. (Online). (<https://www.antipetir.co.id/semn-bentonit/>, diakses 07 Maret 2018).
- Hutauruk, T.S. 1999. *Pengetahuan Netral Sistem Tenaga & Pengetahuan Netral*. Jakarta: Erlangga.
- Julinawati. 2013. *Pengolahan dan Karakterisasi Bentonit Alam Aceh Sebagai Pengisi Nanokomposit Polipropilena-Montmorillonit*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Jonni. 2017. *Pipa Baja Galvanis*. (Online). (<https://isibangunan.com/pipa-baja-galvanis.html>,

diakses 16 April 2018).

- Lemau. 2010. *Earthing Resistance Tester*. (Online).<https://www.electricneutron.com/measuring-instruments/earthing-resistance-tester/>. (diakses 16 April 2018).
- Marsudi, Djiteng. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Opara, F.K., O.S Nduka, Iloka N.C., Amaizu P.C., and Onyebuchi M.A. 2014. Comparative Deterministic Analysis of Bentonite, Pig Dung and Domestic Salt and Charcoal Amalgam as Best Resistance Reducing Agent for Electrical Earthing Applications. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. Volume 5, Issue 10, October-2014.
- Pabla, A.S. 1994. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- PUIL. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. Jakarta : BSN
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- _____. *Kyoritsu 4105A-H Earth Tester - Hard Case*. (Online).(http://www.arijaya.com/index.php?route=product/product&manufacturer_id=26&product_id=1478, diakses 07 Maret 2018)

