



ANALISIS PENAMBAHAN LARUTAN BENTONIT DAN GARAM UNTUK MEMPERBAIKI TAHANAN PENTANAHAN ELEKTRODA PLAT BAJA DAN BATANG

Ishak Kasim, David Hana Hertog & Dean Corio

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti

Jalan Kiai Tapa 1 Jakarta Barat 11440

E-mail: ishak@trisakti.ac.id

ABSTRACT

Grounding system is required in order to protect a building or electronic equipment from damage caused by exposed lightning strikes. The maximum value of grounding resistance for a building is 5 ohm (PUIL 2000) and 3 ohm for electronic equipment (PT Telkom, 1994). A good grounding system is achieved by minimizing the value of the grounding resistance and it is done by giving an additives solution to the ground. The additive solution in this research is the mixture of bentonite and salt solution. After the additive solution was given, it shows the grounding resistance decrease to less than 1 ohm.

Keywords: *grounding resistance, salt solution, bentonite solution*

ABSTRAK

Sistem pentanahan diperlukan untuk mengamankan suatu gedung atau peralatan elektronik yang ada di dalamnya agar tidak mengalami kerusakan akibat terkena sambaran petir. Nilai tahanan pentanahan maksimum untuk sebuah gedung adalah 5 ohm (PUIL 2000) dan 3 ohm untuk peralatan (PT Telkom, 1994). Perlu dilakukan perencanaan sistem pentanahan yang baik untuk memperkecil nilai tahanan pentanahan yang dapat dilakukan dengan penambahan zat aditif pada tanah. Pada penelitian ini zat aditif berupa larutan garam dan larutan bentonit. Pengukuran yang dilakukan setelah penambahan larutan garam dan bentonit menunjukkan penurunan nilai tahanan pentanahan menjadi lebih kecil dari 1 ohm.

Kata kunci: *tahanan pentanahan, larutan garam, larutan bentonit*

1. PENDAHULUAN

Sistem pentanahan adalah suatu metode pengamanan gedung beserta peralatan listriknya dengan cara mengalirkan arus lebih ke tanah. Dalam sistem pentanahan, semakin kecil nilai resistansi pentanahan maka kemampuan mengalirkan arus ke tanah semakin besar sehingga arus gangguan tidak merusak peralatan, yang berarti semakin baik sistem pentanahan tersebut. Tahanan pentanahan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis tanah, lapisan tanah dan kandungan elektrolit tanah.

Untuk dapat memperkecil nilai tahanan pentanahan dapat dilakukan dengan penambahan zat aditif pada tanah. Zat aditif tersebut dapat berupa garam, air, bentonit, serbuk besi dan lain lain. Zat aditif ini sangat mempengaruhi nilai tahanan pada tanah tetapi tidak bisa berfungsi dengan baik dalam waktu lama. Sebuah sistem pentanahan harus dievaluasi setiap 6 bulan untuk mengetahui kelayakan operasi sistemnya sehingga dapat dilanjutkan (PUIL 2000). Pengkondisian tanah dengan bahan kimia di sekitar elektroda atau di dalam elektroda perlu untuk dipertimbangkan. Penambahan zat aditif pada penelitian ini efektif pemakaiannya selama 3 sampai 6 tahun karena penggunaannya pada dosis tertentu cenderung bersifat korosif dan sangat dihindari dalam sistem pentanahan.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan adalah sistem pengaman terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik terutama petir. Sistem pentanahan digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau rangkaian listrik dengan bumi [1].

Pentanahan adalah penghubung bagian-bagian peralatan listrik yang pada keadaan normal tidak dialiri arus. Tujuannya adalah untuk membatasi tegangan antara peralatan ini dengan tanah sampai pada suatu kondisi yang aman untuk semua operasi, baik kondisi normal maupun saat terjadi gangguan [2].

Peralatan pentanahan adalah penghubung badan atau rangka peralatan listrik (motor, generator, transformator, pemutus daya dan bagian logam lainnya yang pada



keadaan normal tidak di aliri arus) dengan tanah. Maksud dari peralatan pentanahan adalah untuk faktor keamanan, apabila terjadi gangguan ke tanah di sekitar peralatan tersebut akan terjadi tegangan sentuh, tegangan pindah yang dapat membahayakan keselamatan manusia apabila perencanaan pentanahan tidak baik [3].

2.1.1. Karakteristik Sistem Pentanahan yang Efektif

Karakteristik sistem pentanahan yang efektif adalah:

1. Terencana dengan baik, semua koneksi yang terdapat pada sistem harus merupakan koneksi yang sudah direncanakan sebelumnya dengan kaidah-kaidah tertentu.
2. Menghindarkan gangguan yang terjadi pada arus listrik dari perangkat.
3. Semua komponen metal harus ditanahkan dengan tujuan untuk meminimalkan arus listrik melalui material yang bersifat konduktif pada potensial listrik yang sama.

2.1.2. Syarat – Syarat Sistem Pentanahan yang Efektif

Syarat sistem pentanahan efektif adalah:

1. Tahanan pentanahan harus memenuhi syarat yang diinginkan untuk suatu keperluan pemakaian.
2. Elektroda yang ditanam dalam tanah harus:
 - bahan konduktor yang baik
 - tahan korosi
 - cukup kuat
3. Jangan sebagai sumber arus galvanis (sumber arus searah).
4. Elektroda harus mempunyai kontak yang baik dengan tanah sekelilingnya.
5. Tahanan pentanahan harus baik untuk berbagai musim dalam setahun.
6. Biaya pemasangan serendah mungkin.

2.1.3. Bagian Bagian yang Ditanahkan

Bagian yang ditanahkan berupa:

1. Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam (menghantar listrik) dan bisa membahayakan manusia. Supaya potensial dari logam yang mudah tersentuh manusia selalu sama dengan potensial tanah (bumi) tempat manusia berpijak sehingga tidak berbahaya bagi manusia yang menyentuhnya.
2. Bagian pembuangan muatan listrik (bagian bawah) dari *lightning arrester*. Hal ini diperlukan agar *lightning arrester* dapat berfungsi dengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah (bumi).
3. Kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi. Kawat petir ini sesungguhnya juga berfungsi sebagai *lightning arrester*. Karena letaknya yang ada di sepanjang saluran transmisi, maka semua kaki tiang transmisi harus ditanahkan agar petir yang menyambar kawat petir dapat disalurkan ke tanah dengan lancar melalui kaki tiang saluran transmisi.

2.2. Elektroda Pentanahan

Untuk mencari nilai tahanan elektroda digunakan rumus:

$$R_e = V / I \quad (1)$$

dimana R_e adalah tahanan (ohm), V adalah tegangan (volt) dan I adalah arus (ampere).

Untuk mencari tahanan jenis tanah menggunakan rumus:

$$\rho = 2 \pi r R_e \quad (2)$$

dimana R_e adalah tahanan (ohm), ρ adalah tahanan jenis tanah (ohm-meter) dan π adalah konstanta ($\pi = 3,14$)

2.2.1. Elektroda Batang (Rod)

Elektroda batang terbuat dari batang atau pipa logam yang ditanam vertikal di

dalam tanah. Elektroda batang ini biasanya terbuat dari bahan tembaga, *stainless steel* atau *galvanise steel*. Pada saat pemilihan bahan harus sangat diperhatikan agar terhindar dari *galvanic couple* yang dapat menyebabkan korosi.

Untuk mencari nilai tahanan pentanahan pada elektroda batang:

$$R_t = \frac{\rho}{2 \pi L_R} \left[\ln \left(\frac{4 L_R}{a_R} \right) - 1 \right] \quad (3)$$

dimana R_t adalah tahanan pentanahan untuk batang tunggal (ohm), ρ adalah tahanan jenis tanah (ohm-meter), L_R adalah panjang elektroda batang (meter) dan a_R adalah jari-jari elektroda batang (meter).

2.2.2. Elektroda Pita

Elektroda pita adalah elektroda yang terbuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal. Sedangkan sebagai pengganti pemancangan secara vertikal ke dalam tanah, dapat dilakukan dengan menanam batang hantaran secara mendatar (horizontal)

Contoh rumus perhitungan tahanan pentanahan elektroda pita:

$$R_t = \frac{\rho}{\pi L_w} \left[\ln \left(\frac{2 L_w}{\sqrt{d_w \cdot Z_w}} \right) + \frac{1,4 L_w}{\sqrt{A_w}} - 5,6 \right] \quad (4)$$

dimana R_t adalah tahanan pentanahan dengan kisi-kisi (*grid*) kawat (ohm), ρ adalah tahanan jenis tanah (ohm-meter), L_w adalah panjang total *grid* kawat (m), d_w adalah diameter kawat (m), Z_w adalah kedalaman penanaman (m) dan A_w adalah luas yang dicakup oleh *grid* (m^2).

2.2.3. Elektroda Pelat

Elektroda pelat ini biasanya berbentuk persegi empat atau persegi panjang yang terbuat dari tembaga, timah atau plat baja yang ditanam dalam tanah. Cara

penanaman biasanya secara vertikal sebab dengan penanaman secara horizontal hasilnya tidak berbeda jauh dengan vertikal tetapi pemasangan dengan secara vertikal lebih praktis dan ekonomis.

Contoh rumus perhitungan tahanan pentanahan elektroda pelat tunggal:

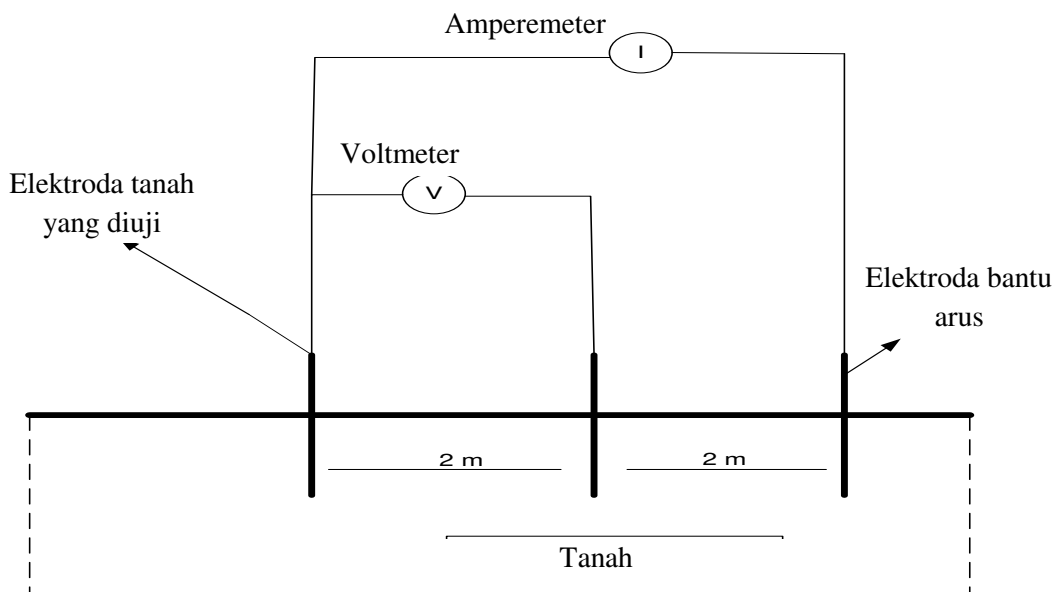
$$R_t = \frac{\rho}{2\pi L_p} \left[\ln \left(\frac{8w_p}{0,5w_p + T_p} \right) - 1 \right] \quad (5)$$

dimana R_t adalah tahanan pentanahan pelat (ohm), ρ adalah tahanan jenis tanah (ohm-meter), L_p adalah panjang pelat (m), w_p adalah lebar pelat (m), T_p adalah tebal pelat (m).

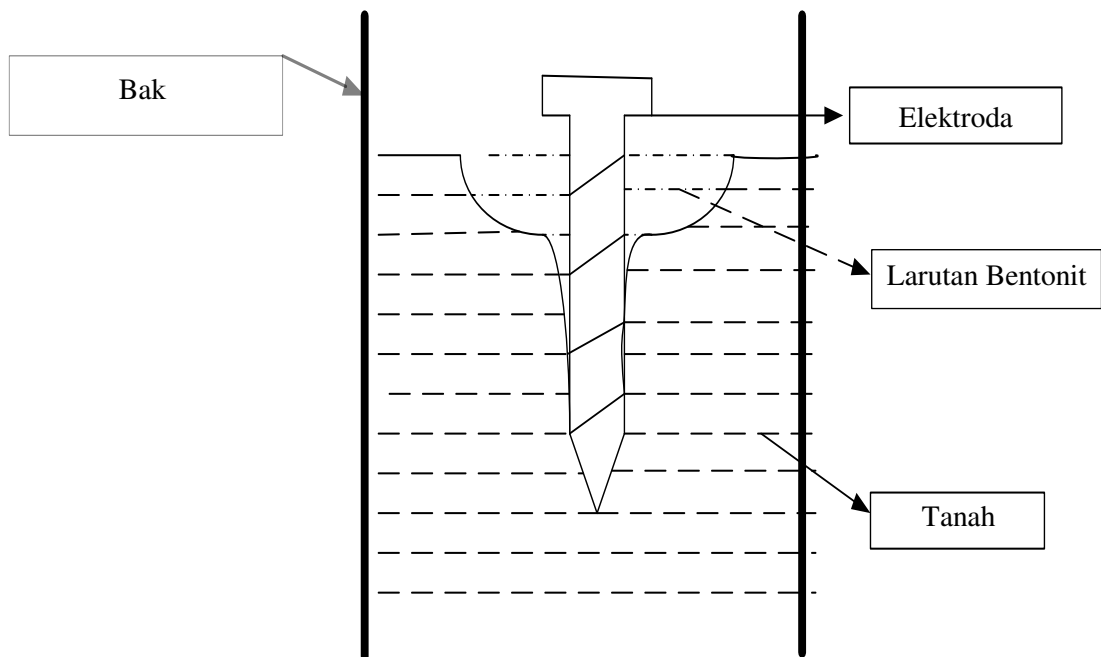
3. PENGUKURAN

3.1. Pengukuran Elektro Batang

Rangkaian pengukuran elektroda batang diperlihatkan pada Gambar 1 dan skema elektroda batang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Rangkaian pengukuran elektroda batang dengan menggunakan elektroda 3 batang



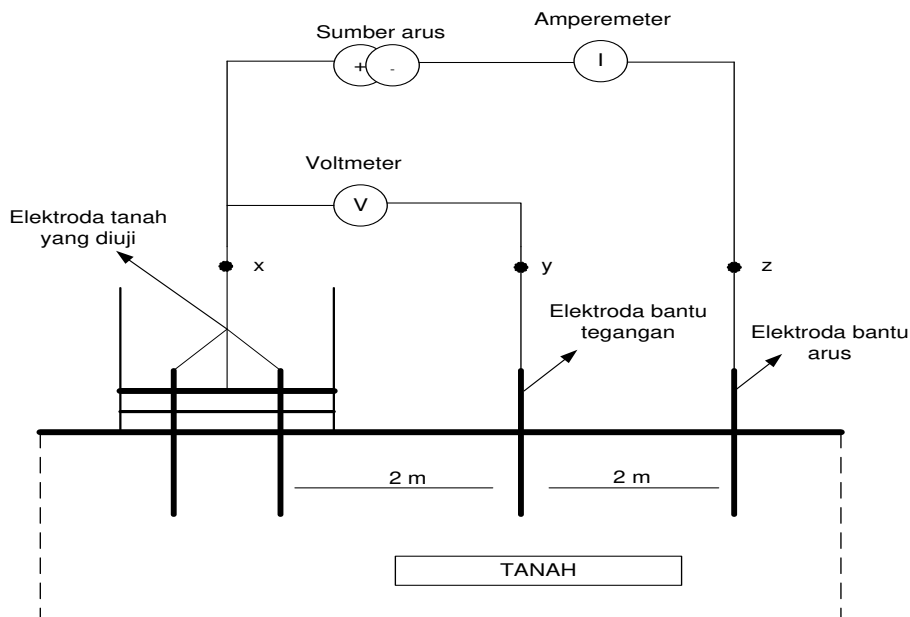
Gambar 2. Penanaman elektroda batang

Langkah kerja pengukuran adalah sebagai berikut:

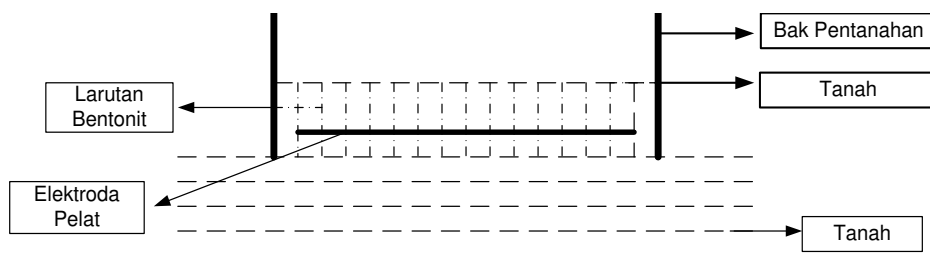
1. Merangkai rangkaian dan menanam elektroda seperti pada Gambar 1.
2. Menanam elektroda batang dari 20 cm sampai 100 cm dan catat nilai tahanan tanah, arus dan tegangan yang didapatkan dari hasil pengukuran data yang di dapat adalah pengukuran elektroda batang tanpa campuran larutan bentonit.
3. Membuat lubang pada tanah yang digunakan untuk pengukuran sedalam 60 cm.
4. Campurkan bentonit dengan air dan masukkan larutan bentonit dalam lubang dan tutup lubang dengan tanah, penggunaan bentonit divariasikan dari 3 kg, 5 kg, dan 8 kg, pengukuran dilakukan setelah 1 jam larutan bentonit dituangkan ke tanah. Komposisi campuran adalah : Bentonit : garam dapur : air = 1 : 0,2 : 2
5. Lakukan penanaman elektroda batang seperti pada Gambar 2.
6. Mengukur pentanahan dengan menggunakan alat *earthtester* dan catat data pengukuran.
7. Memberikan input tegangan 12 VDC dan catat hasil pengukuran tegangan dan arus menggunakan multimeter analog maupun digital.
8. Lakukan kembali langkah 1 sampai 6 dengan menggunakan larutan garam.

3.2. Elektroda Plat

Pada Gambar 3 diperlihatkan rangkaian pentanahan untuk elektroda plat dan Gambar 4 diperlihatkan skema penanaman elektroda plat.



Gambar 3. Rangkaian pentanahan yang digunakan untuk elektroda plat



Gambar 4. Penanaman elektroda plat [4]

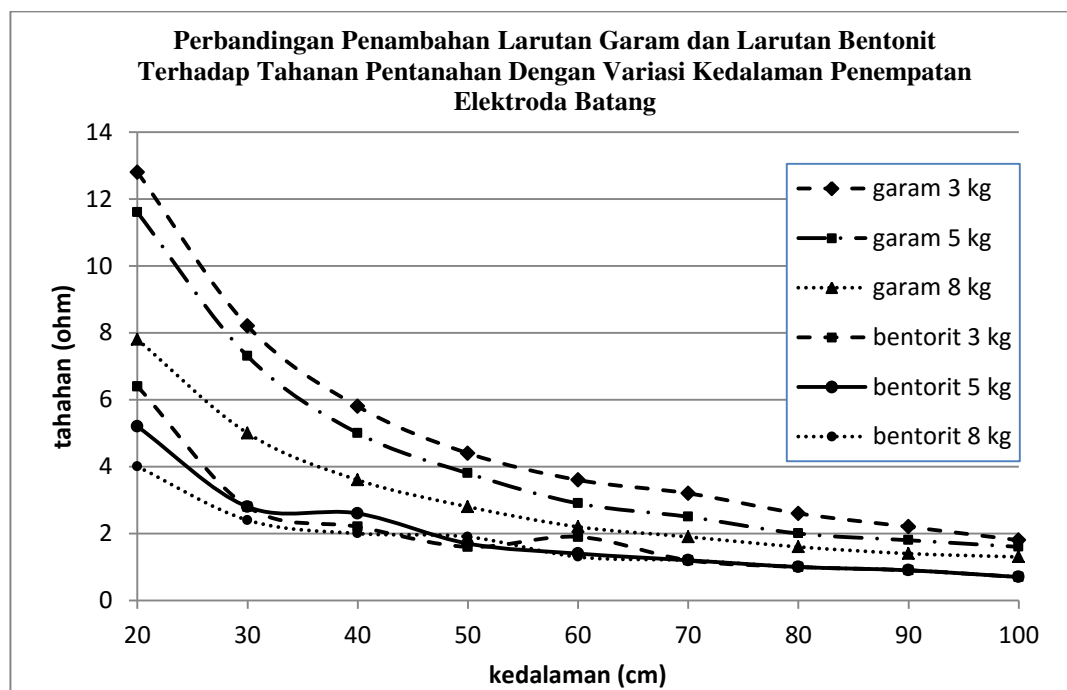
Langkah kerja pengukuran adalah sebagai berikut:

1. Rangkai rangkaian dan tanam elektroda pelat seperti pada Gambar 3.
2. Memasukkan pelat baja ke dalam bak pentanahan seperti Gambar 4.
3. Langkah kerja selanjutnya sama dengan langkah kerja pada percobaan elektroda batang.
4. Lakukan kembali langkah di atas untuk elektroda pelat dengan menggunakan larutan garam.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

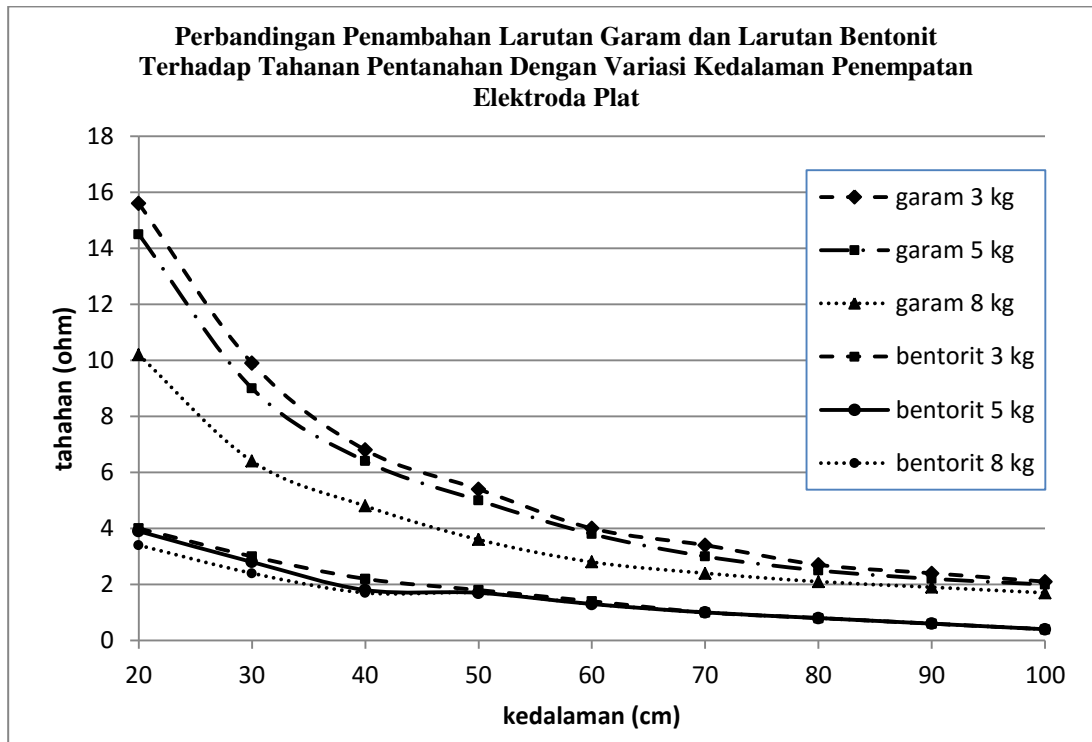
4.1. Elektroda Batang

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 dapat dilihat perbandingan antara penambahan larutan garam dan atau larutan bentonit dalam mengurangi tahanan pentanahan. Grafik di atas menunjukkan bahwa penambahan larutan bentonit untuk pentanahan lebih efektif dari pada penambahan larutan garam. Hal itu sangat terlihat jelas pada data hasil pengukuran dimana dengan penggunaan larutan garam 3 kg dengan kedalaman 100 cm adalah 1,86 ohm sedangkan dengan penambahan bentonit sebanyak 3 kg dengan kedalaman yang sama tahananannya adalah menjadi 0,95 ohm. Hal ini menunjukkan bahwa larutan bentonit lebih efektif dari pada penambahan larutan garam. Akan tetapi pada konsentrasi larutan yang tinggi tahanan pentanahan pada tanah tidak akan turun secara signifikan baik bagi larutan garam ataupun larutan bentonit. Hal ini terlihat pada penelitian dengan jumlah pemakaian larutan sebanyak 5 kg dan 8 kg.



Gambar 5. Perbandingan pengaruh penambahan larutan garam dan larutan bentonit terhadap tahanan pentanahan dengan variasi kedalaman penempatan elektroda batang

4.2. Elektroda Plat



Gambar 6. Pengaruh penambahan larutan garam dan larutan bentonit terhadap tahanan pentanahan dengan variasi kedalaman penempatan elektroda plat

Dari Gambar 6 dapat dilihat perbandingan antara penambahan larutan garam dan atau larutan bentonit dalam mengurangi tahanan pentanahan pada elektroda plat. Grafik di atas menunjukkan bahwa penambahan larutan bentonit untuk pentanahan lebih efektif dari pada penambahan larutan garam. Hal itu sangat terlihat jelas pada data hasil pengukuran dimana dengan penggunaan larutan garam 3 kg dengan kedalaman 100 cm adalah 2,1 ohm sedangkan dengan penambahan bentonit sebanyak 3 kg dengan kedalaman yang sama tahananannya adalah menjadi 0,51 ohm. Hal ini menunjukkan bahwa larutan bentonit lebih efektif dari pada penambahan larutan garam. Akan tetapi pada konsentrasi larutan yang tinggi tahanan pentanahan pada tanah tidak akan turun secara signifikan baik bagi larutan garam ataupun larutan bentonit. Hal ini terlihat pada penelitian dengan jumlah pemakaian larutan sebanyak 5 kg dan 8 kg.

4.3. Analisis Ekonomis

Berdasarkan hasil analisis ekonomi pada Tabel 1 diketahui bahwa dari segi harga garam termasuk zat aditif dengan harga relatif ekonomis dibandingkan dengan bentonit, akan tetapi dari segi usia kedua aditif ini mempunyai usia pemakaian yang hampir sama dalam pentanahan. Dalam hal keefektifan bentonit lebih baik di bandingkan dengan garam, akan tetapi bentonit termasuk zat aditif dengan harga yang relatif mahal dan termasuk salah satu zat aditif yang berbahaya sehingga banyak orang cenderung memakai garam untuk mengurangi tahanan pentanahan pada bangunan.

Tabel 1. Analisis ekonomi garam dan bentonit

Harga satuan	Garam			Harga Satuan Harga	Bentonit		
	Jumlah Pakai	Harga	Usia Pakai		Jumlah Pakai	Harga	Usia Pakai
Rp 7.000	8 Kg	Rp 56.000	3 – 6 Tahun	Rp 10.000	8 Kg	Rp 80.000	3 – 6 Tahun

4.4. Laju Penurunan Tahanan Petanahan

Untuk mendapatkan persentase laju penurunan nilai tahanan pentanahan digunakan rumus:

$$\% \text{ laju penurunan tahanan} = \frac{\text{kondisi awal} - \text{kondisi akhir}}{\text{kondisi awal}} \times 100\% \quad (6)$$

Dari pengujian sistem pentanahan dengan menggunakan larutan garam dapat disimpulkan bahwa larutan garam mampu mengurangi tahanan sistem pentanahan. Dari pengujian pentanahan dengan menggunakan elektroda batang didapatkan penurunan persentase tahanan pentanahan lebih kurang 12% - 45%, sedangkan pada elektroda plat terjadi persentase penurunan tahanan pentanahan berkisar antara 15% - 47%.

Dapat disimpulkan bahwa pemakaian larutan bentonit mampu mengurangi tahanan sistem pentanahan. Pada elektroda batang terjadi persentase penurunan berkisar antara 15% - 54% dan pada elektroda plat persentasenya antara

10% - 39%. Sehingga dapat kita simpulkan penanaman elektroda plat lebih baik dalam menurunkan tahanan pentanahan baik menggunakan larutan garam ataupun larutan bentonit. Kedalaman penanaman elektroda sangat mempengaruhi tahanan pentanahan, seperti dapat dilihat pada grafik pada Gambar 5 dan Gambar 6 pada kedalaman antara 20 cm – 100 cm terjadi persentase penurunan tahanan antara 84% - 88% pada elektroda batang.

5. KESIMPULAN

1. Pemakaian larutan bentonit untuk sistem pentanahan lebih baik dari larutan garam dimana laju persentase larutan bentonit mencapai 54% sedangkan larutan garam hanya mencapai 47%.
2. Kedalaman penanaman elektroda ternyata sangat berpengaruh mengurangi tahanan pentanahan dimana persentase laju penurunan mencapai 84% - 88%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hutauruk, dkk. *Sistem Pentanahan*, jilid 1. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, 1987.
- [2] Hilman G. Ade. “*Pengaruh Larutan Garam Terhadap Sistem Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang Tembaga dan Plat Baja*” Politeknik Negeri Padang. Padang, 2008.
- [3] A.S. Pabla. *Sistem Distribusi Daya Listrik* Jakarta: Erlangga, 1994.