

**PERBEDAAN PENAMBAHAN GARAM DENGAN PENAMBAHAN BENTONIT
TERHADAP NILAI TAHANAN PENTANAHAN
PADA SISTEM PENTANAHAN**

IGN Janardana

Staf Pengajar Program Studi Teknik Elektro, Universitas Udayana

ABSTRAK

Tahanan pentanahan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : jenis tanah, lapisan tanah, kandungan elektrolit tanah. Kandungan elektrolit tanah dapat dirubah dengan penambahan zat aditif pada tanah. Zat aditif tersebut dapat berupa garam, air, bentonit dan lain-lain. Masing-masing zat aditif tersebut memiliki kandungan kimia yang berbeda-beda yang berakibat terjadinya nilai tahanan pentanahan yang berbeda-beda pula. Dalam penelitian ini akan diteliti mengenai perbedaan penambahan garam dengan penambahan bentonit pada sistem pentanahan. Penelitian dilakukan pada jenis tanah lempung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan penambahan garam dengan penambahan bentonit terhadap nilai tahanan pentanahan pada sistem pentanahan.

Analisis statistik dengan uji "t" didapatkan nilai rata-rata tahanan pentanahan dengan penambahan garam didapatkan $7,6750 \pm 0,4375$ ohm sedangkan nilai rata-rata tahanan pentanahan dengan penambahan bentonit adalah $3,1600 \pm 0,0082$ ohm, sehingga nilai tahanan pentanahan dengan penambahan garam berbeda secara signifikan terhadap nilai tahanan pentanahan dengan penambahan bentonit dengan nilai $p = 0$, atau $p < 0,05$.

Kata Kunci : Tahanan Pentanahan, Zat aditif, Garam, Bentonit

1. PENDAHULUAN

Sistem pentanahan adalah suatu metode pengamanan gedung beserta peralatan, yaitu apabila terjadi arus lebih akan dialirkan ke tanah. Penanaman elektroda tersebut dapat secara horisontal (sejajar dengan tanah) dan secara vertikal (tegak lurus dengan tanah). Untuk mengamankan gedung beserta peralatan yang ada disekitarnya dibutuhkan tahanan pentanahan sekecil mungkin. Tahanan pentanahan untuk gedung diharapkan < 5 ohm (PUIL, 2000) dan tahanan pentanahan untuk peralatan diharapkan < 3 ohm. Agar mendapatkan tahanan pentanahan sekecil mungkin tidak cukup hanya dilakukan dengan menanam pasak saja, karena selain sistem pentanahan kandungan elektrolit pada tanah juga berpengaruh terhadap tahanan pentanahan. Kandungan elektrolit pada tanah tersebut, dipengaruhi oleh jenis tanah yang berbeda. Perubahan kandungan elektrolit pada tanah tersebut dapat dilakukan dengan penambahan zat aditif. Zat aditif-zat aditif tersebut seperti : bentonit, garam, air dan lain-lain. Penambahan zat aditif pada tanah tersebut justru cukup besar mempengaruhi tahanan pentanahan.

Menurut Kerasta, (2003) terdapat perbedaan secara signifikan antara pentanahan tanpa penambahan zat aditif berupa garam dengan penambahan garam. Sedangkan Huwae, (2004) mengatakan sistem pentanahan dengan penambahan zat aditif berupa bentonit mengakibatkan penurunan nilai tahanan pentanahannya.. Kedua jenis zat aditif tersebut dapat menurunkan nilai tahanan pentanahan. Sehingga pada penelitian ini diteliti mengenai

perbedaan penambahan garam dengan penambahan bentonit terhadap nilai tahanan pentanahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan penambahan garam dengan penambahan bentonit terhadap nilai tahanan pentanahan dan diharapkan dapat digunakan sebagai acuan didalam perencanaan atau pemasangan sistem pentanahan. Penelitian ini dibatasi hanya pada jenis tanah lempung. Metode analisis yang digunakan adalah dengan statistik uji "t".

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Pentanahan

Dalam sistem tenaga listrik yang ditanahkan adalah titik netral generator, titik netral trafo dan hantaran netral. Pada keadaan seimbang tidak ada arus yang mengalir melalui elektroda pentanahan. Arus akan mengalir melalui elektroda pentanahan apabila terjadi gangguan ketanah atau pada keadaan tidak seimbang. Pentanahan sistem dimaksudkan untuk membatasi tegangan fasa-fasa yang terganggu serta untuk mengatasi arus ketanah (Hutaaruk, 1987; Wira Astawa, 2000; Tampubolon, 1989).

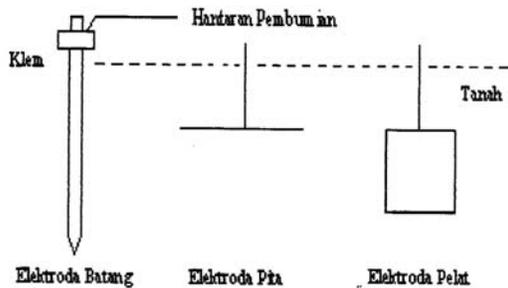
Pentanahan peralatan adalah penghubungan badan atau rangka peralatan listrik (motor, generator, transformator, pemutus daya dan bagian-bagian logam lainnya yang pada keadaan normal tidak dialiri arus) dengan tanah. Maksud dari pentanahan peralatan adalah untuk faktor keamanan. Apabila terjadi gangguan ketanah disekitar peralatan tersebut akan terjadi gradient tegangan. Hal ini akan menimbulkan tegangan langkah, tegangan sentuh dan

tegangan pindah yang dapat membahayakan keselamatan manusia apabila perencanaan pentanahan tidak baik. (Hutauruk, 1987; Pabla, 1986)

Jenis-jenis Elektroda Pentanahan

Beberapa jenis elektroda pentanahan yang biasa digunakan yaitu (Hermawan, 1985) :

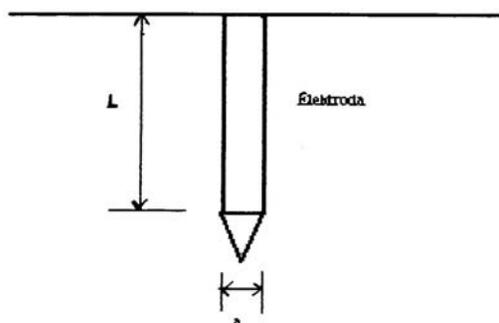
- a. Elektroda Pita
- b. Elektroda Batang
- c. Elektroda Pelat



Gambar 1. Jenis Elektroda Pentanahan

Macam-macam Susunan Elektroda Pentanahan

Susunan elektroda pentanahan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pentanahan elektroda yang ditanam secara vertikal dan pentanahan elektroda yang ditanam secara horisontal. Untuk daerah-daerah yang tanahnya keras dan berbatu lebih praktis kalau menggunakan pentanahan secara horisontal karena tidak memerlukan penanaman yang dalam, tetapi memerlukan lebih banyak batang pentanahan sehingga biayanya akan lebih besar. Sedangkan untuk daerah yang struktur tanahnya tidak terlalu keras, pentanahan secara vertikal dapat dipakai karena memungkinkan untuk menanam elektroda lebih dalam kedalam tanah sehingga tahanan pentanahan dapat diperkecil (Hutauruk, 1987; Hermawan, 1985).



Gambar 2. Pentanahan Satu Batang Elektroda Ditanam Vertikal

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

Untuk n batang pentanahan berlaku persamaan berikut :

$$R_n = \frac{\eta R}{n} \quad (\Omega) \quad \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

R = tahanan pentanahan (Ω)

ρ = tahanan jenis tanah (Ω-m)

L = panjang elektroda pentanahan (m)

a = jari-jari elektroda pentanahan (m)

η = koefisien kombinasi

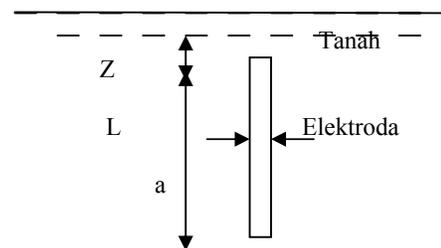
n = banyaknya elektroda pentanahan

η tergantung dari jarak antara dari masing-masing yang harganya diperlihatkan dalam Tabel 1 (Arismunandar, 1991).

Tabel 1. Nilai Koefisien Kombinasi

Jarak	0,5	1	2	3	4	5
η	1,35	1,20	1,15	1,10	1,05	1,0

SJ. Schwarz telah menurunkan persamaan yang telah umum yang bisa dipergunakan untuk menghitung tahanan pentanahan elektroda yang ujung atasnya tidak tepat diatas permukaan tanah seperti Gambar 3. (Kerasta, 2003).



Gambar 3. Satu Batang Elektroda yang Ditanam dengan Kedalaman z dari Ujung Atasnya

Persamaan yang digunakan menghitung tahanan pentanahannya adalah :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{4L}{a} - 1 + \ln \frac{1 + z/L}{1 + 2z/L} + \dots \right] \left[\dots + \frac{z}{L} \ln \frac{4z/L + 4(z/L)^2}{1 + 4z/L + 4(z/L)^2} \right] \text{ Ohm } \dots(3)$$

dengan :

R = tahanan pentanahan (Ω)

L = panjang elektroda pentanahan (m)

z = jarak elektroda dengan permukaan tanah (m)

ρ = tahanan jenis tanah (Ω m)

a = jari-jari elektroda pentanahan (m)

Pentanahan dengan Elektroda Ditanam Horizontal, pentanahan seperti ini dilakukan pada daerah yang berbatu karena tidak memerlukan penggalian yang terlalu dalam (Nugraha, 1999; PT.Telkom, 1994; PT.Telkom, 1988).

Tahanan Jenis Tanah

Faktor keseimbangan antara tahanan dan kapasitansi disekelilingnya adalah tahanan jenis tanah yang direpresentasikan dengan ρ . Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung dari beberapa faktor yaitu :

- Jenis tanah : tanah liat, berpasir, berbatu dan lain-lain.
- Lapisan tanah : berlapis-lapis dengan tahanan berbeda atau uniform.
- Kelembaban tanah.
- Temperatur.

Untuk mendapatkan tahanan tanah yang rendah sering dicoba dengan memberi air atau dengan membasahi tanah, serta dengan mengubah komposisi kimia tanah dengan memberikan garam pada tanah dekat elektroda

Teknik Pengkondisian Tanah

Cara untuk menurunkan tahanan jenis tanah ini disebut dengan teknik pengkondisian tanah. Adapun macam-macam teknik pengkondisian tanah yaitu :

- a. Teknik bentonit.
- b. Teknik kokas atau arang.
- c. Teknik tepung logam.
- d. Teknik garam.
- e. Teknik semen konduktif.

Pemilihan teknik pengkondisian tanah tersebut disesuaikan dengan kondisi lokasi yang tergantung pada :

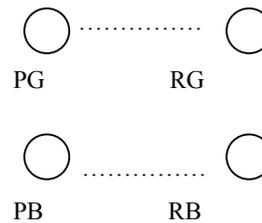
- Kemudahan memperoleh bahan-bahan.
- Kemudahan pemasangan.
- Kemudahan pemeliharaan.
- Besarnya tahanan jenis tanah efektif yang dapat dicapai.
- Bahaya karat terhadap elektroda pentanahan.

3. METODELOGI PENELITIAN

Bahan dan alat penelitian

Bahan dan alat penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah : Rod panjang 240 cm diameter 1,0 cm bahan tembaga, garam, bentonit dan air. Sedangkan alat Bantu yang digunakan pada penelitian ini adalah : bor, martil, linggis, ember dan lain-lain. Sedangkan alat ukur yang digunakan adalah : Earth Tester dengan spesifikasi teknis sebagai berikut : Merek Kyoritsu, Model 4102 dan jumlah terminal 3 buah (E, P, C), alat ukur suhu merk MC dan alat ukur kelembaban.

Rancangan Penelitian :



Keterangan :

PG = pentanahan dengan menggunakan garam

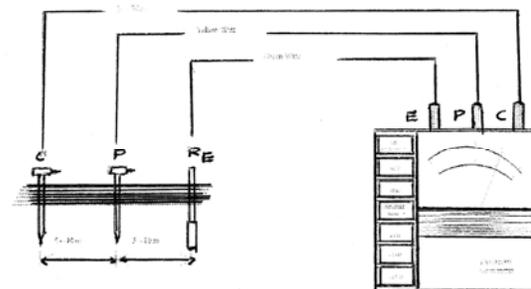
PB = pentanahan dengan menggunakan bentonit

RG = Hasil pengukuran tahanan pentanahan dengan menggunakan garam

RB = Hasil pengukuran tahanan pentanahan dengan menggunakan bentonit

Untuk mendapatkan data-data dalam penelitian ini dilakukan beberapa langkah antara lain :

1. Pengeboran tanah pada lokasi penelitian sedalam 2,80 meter sebanyak 2 (dua) lubang dengan diameter 4 “.
2. Penanaman/ penancapan rod yang sama pada masing-masing lubang dengan panjang 240 cm dan diameter 1,0 cm.
3. Pengisian zat aditif pada masing-masing lubang (2 lubang), satu lubang untuk garam dan satu lubang untuk bentonit.
4. Pengukuran tahanan pentanahan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Pengukuran Tahanan Pentanahan

Keterangan :

RE = Elektroda Pentanahan (batang besi bulat dilapisi tembaga)

- Hubungkan kabel penghubung ke terminal alat ukur (E, P, C) dan ke batang (stake) pembantu seperti pada Gambar
- Apabila kabel terhubung seluruhnya, maka lakukanlah pengukuran dengan menekan tombol batas ukur (skala) terbesar x 1000 Ω terlebih

- dahulu untuk menghindari kerusakan alat ukur kemudian tekan tombol MEAS.
- Apabila jarum penunjuk bergeser sedikit (harga penunjuk kecil), maka rubahlah batas ukur yang lebih kecil ($\times 100 \Omega$, $\times 10 \Omega$) agar harga pengukuran dapat terbaca dengan jelas.
 - Selama dalam pengukuran lampu indikator menyala apabila terminal C dan E terhubung dengan baik, dan apabila terminal C dan E tidak terhubung dengan baik maka lampu indikator tidak menyala (mati).
 - Posisi tombol MEAS selalu dalam keadaan normal (tidak ditekan) apabila selesai melakukan pengukuran sebab alat ukur menghasilkan tegangan max 130 V, akan terbaca harga pentanahannya.
 - Pengukuran tahanan pentanahan dilakukan setiap hari pada pukul 12⁰⁰ dan pukul 15⁰⁰ WITA selama 10 kali pengulangan dengan kondisi yang sama.

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat didefinisikan sebagai berikut :

- Tahanan pentanahan adalah tahanan antara elektroda sistem pentanahan dengan elektroda lain pada jarak 5 sampai dengan 10 meter dengan satuan ohm (Ω).
- Zat aditif dalam penelitian ini adalah garam dan bentonit atau tepung logam sebanyak masing-masing 20 kg.
- Elektroda batang adalah elektroda dari batang tembaga dengan panjang 240 cm dan diameter 1,0 cm.
- Tanah yang menjadi tempat penelitian adalah jenis tanah lempung yang berlokasi di Padang Sambian Denpasar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

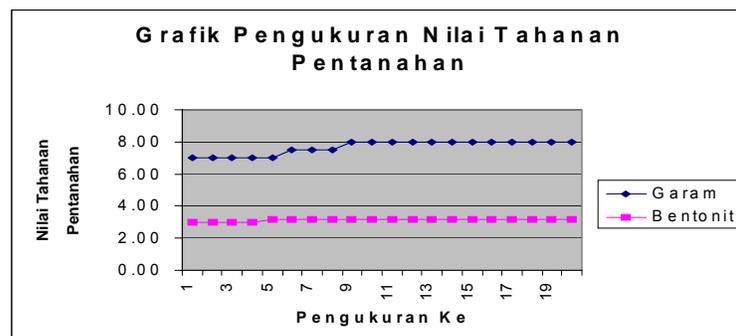
Hasil Pengukuran

Penelitian dilaksanakan pada jenis tanah lempung di Padang Sambian Denpasar dengan hasil pengukuran seperti pada tabel 3. Pengukuran

dilakukan sebanyak 20 (dua puluh) kali yaitu pukul 12.00 WITA dan pukul 15.00 WITA pada masing-masing objek penelitian. Pada pengukuran tersebut memiliki kondisi yang sama hanya saat pengukuran pertama kondisi dari masing-masing lubang pentanahan masih basah dan terlihat dari data pada tabel 3 bahwa tahanan pentanahan hasil pengukuran terjadi peningkatan atau semakin besar sampai hari ke lima, setelah hari ke lima nilai tahanan pentanahan menjadi tetap. Kondisi tahanan pentanahan hasil pengukuran seperti pada gambar 5 :

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan

Peng	Pukul	Tahanan pentanahan(Ω)	
		Dengan Garam	Dengan Bentonit
I	12.00	7	3
	15.00	7	3
II	12.00	7	3
	15.00	7	3
III	12.00	7	3,2
	15.00	7,5	3,2
IV	12.00	7,5	3,2
	15.00	7,5	3,2
V	12.00	8	3,2
	15.00	8	3,2
VI	12.00	8	3,2
	15.00	8	3,2
VII	12.00	8	3,2
	15.00	8	3,2
VIII	12.00	8	3,2
	15.00	8	3,2
IX	12.00	8	3,2
	15.00	8	3,2
X	12.00	8	3,2
	15.00	8	3,2
Rata-rata		7,6750 ± 0,4375	3,1600 ± 0,0082



Gambar 5. Grafik Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan

Analisis Hasil dengan Uji Statistik

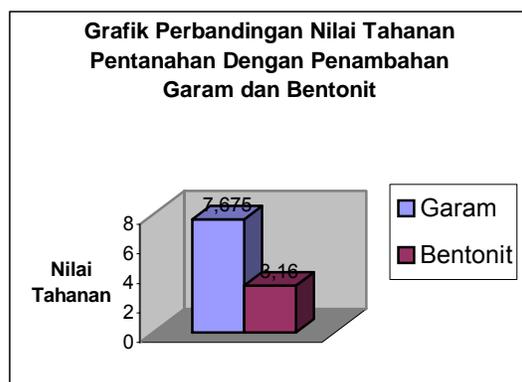
Dari hasil pengukuran yang ditunjukkan pada tabel 3 diatas, untuk mendapatkan ada tidaknya perbedaan penambahan garam dengan penambahan bentonit terhadap tahanan pentanahan dapat diuji dengan statistik. Dari analisis statistik dengan uji “t”, didapatkan bahwa rata-rata tahanan pentanahannya sebagai berikut :

- Rata-rata tahanan pentanahan dengan penambahan garam = $7,6750 \pm 0,4375 \Omega$.
- Rata-rata tahanan pentanahan dengan penambahan bentonit = $3,16 \pm 0,0082 \Omega$.

Dengan uji “t” didapatkan bahwa tahanan pentanahan dengan penambahan garam terjadi perbedaan yang signifikan terhadap tahanan pentanahan dengan penambahan bentonit dengan $p = 0.00$ atau $p < 0,05$.

Menurut Hutaeruk, (1987), Pabla, (1986) tahanan pentanahan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain : jenis tanah, suhu, kelembaban tanah, lapisan tanah serta kandungan elektrolit tanah. Kandungan elektrolit tanah dapat menurunkan tahanan pentanahan. Kandungan elektrolit tanah dapat dirubah dengan cara penambahan zat aditif pada tanah seperti : bentonit, garam, air, arang dan lain-lain. Hasil pengukuran perbedaan penambahan garam dengan penambahan bentonit menunjukkan perbedaan secara signifikan. Sehingga dalam pemasangan sistem pentanahan perlu memperhatikan zat aditif yang digunakan agar didapatkan tahanan pentanahan sesuai dengan kebutuhan.

Perbedaan rata-rata tahanan pentanahan dengan penambahan garam dengan penambahan bentonit dapat digambarkan pada gambar 6.



Gambar 6 Grafik perbedaan rata-rata tahanan pentanahan dengan penambahan garam dan dengan penambahan bentonit.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis diatas dapat disimpulkan terjadi perbedaan yang signifikan antara

penambahan garam dengan penambahan bentonit pada sistem pentanahan.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar, A. 1991. **Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik – Gardu Induk**. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
2. Hermawan. 1985. **Perencanaan Sistem Pentanahan dengan Muligrad**. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
3. Hutaeruk, TS. 1987. **Pentanahan Netral Sistem Tenaga dan Pentanahan Peralatan**. Jakarta : Erlangga.
4. Huwae, V. 2004. **Perencanaan dan Pemasangan Sistem Pentanahan Guna Mengamankan Peralatan Elektronik di Kampus Fakultas Teknik Universitas Udayana Jalan PB. Sudirman Denpasar**. Tugas Akhir : Denpasar : Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana.
5. Kerasta, N. **Pengaruh Jenis Tanah dengan Penambahan Garam Terhadap Tahanan Pentanahan**. Tugas Akhir : Denpasar : Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana.
6. Nugraha, AAA. 1999. **Pengaruh Diameter Pasak Terhadap Tahanan Pentanahan Pada Daerah Dataran Rendah**. Tugas Akhir : Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana.
7. Pabla, AS. Terjemahan : Hadi, A. **Sistem Distribusi Daya Listrik**. Jakarta : Erlangga.
8. Tampubolon. 1989. **Pembumihan Gardu Induk dengan Struktur Dua Lapis Tanah**. Jakarta
9. Wira Astawa, M. **Pengaruh Jenis Tanah Terhadap Tahanan Jenis Tanah Dalam Sistem Pentanahan**. Denpasar : Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana.
10. -----, 2000. **Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL)**. Jakarta
11. -----, 1994. **Sistem Pentanahan Telekomunikasi**. Bandung : PT. Telkom.
12. -----, 1993. **Elektroda Bumi Jenis Batang Bulat Berlapis Tembaga**. SPLN – 102. Jakarta