

Analisis Pengaruh Temperatur dan Kadar Garam Terhadap Hambatan Jenis Tanah

Aris Sunawar

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

Jl. Rawamangun muka jakarta timur

Telepon : (021 4700918, 08156054972)

E-mail: arissunawar@unj.ac.id

Abstrak — Suatu syarat sistem pentanahan yang baik adalah mempunyai nilai hambatan pentanahan yang kecil, sehingga mampu menyalurkan arus berlebih langsung kedalam tanah. Faktor yang membuat hambatan jenis tanah besar adalah jenis tanah dan lokasi tanah tersebut. Hambatan tanah berasal dari hambatan jenis tanah, sedangkan faktor yang mempengaruhi hambatan jenis tanah adalah faktor suhu, kelembaban dan bahan kimiawi yang terkandung dalam tanah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh garam dan suhu terhadap nilai hambatan jenis tanah. Dengan melakukan pengujian hambatan di tanah pada kondisi suhu yang dikondisikan serta penambahan garam. Dalam pengujian diperoleh nilai hambatan jenis tanah dapat menurun yang artinya nilai tersebut dapat berubah oleh kondisi kelembaban dan suhu tanah, serta penambahan garam. Perlakuan dengan menambahkan air dapat memperkecil nilai resistivitasnya sampai dengan 75% dari 323,164 ohm menjadi 77,622 ohm sedangkan penambahan garam mencapai 48% dari semula 51,425 ohm menjadi 8,707 ohm.

Kata Kunci : pentanahan, hambatan tanah

Abstract — A good grounding system requirement is to have a small grounding resistance value , so as to channel the excess flow directly into the ground . Factors that make a great soil resistivity is the soil type and location of the land. Barriers soil resistivity derived from the soil, while the factors affecting soil resistivity factor is temperature, humidity and chemicals contained in the ground. This study aims to determine how much influence of salt and temperature on soil resistivity values. By doing testing obstacles on the ground in a conditioned temperature conditions as well as the addition of salt. In testing soil resistivity values obtained can be decreased, which means the value can be changed by soil moisture and temperature conditions, as well as the addition of salt. Treatment with the addition of water can reduce the resistivity values up to 75 % of the 323.164 77.622 ohm ohm be adding salt while achieving 48 % of the original 51.425 8.707 ohm ohm become .

Keywords : earth , soil barriers

I. PENDAHULUAN

Pembumihan atau pentanahan adalah sistem proteksi yang sangat penting dalam instalasi listrik, karena berfungsi membuang arus berlebih kedalam tanah, sehingga dapat mengamankan manusia.

Sistem pentanahan diharapkan memiliki nilai tahanan tanah yang sekecil mungkin, karena dengan hambatan yang kecil dapat mengalirkan arus berlebih langsung ke tanah. Faktor yang mempengaruhi besar atau kecilnya tahanan pentanahan di suatu tempat adalah tahanan dari elektroda pentanahan, tahanan elektroda pentanahan dengan kontak tanah disekelilingnya dan tahanan jenis tanah.

Masing-masing tanah memiliki karakteristik tahanan tanah yang berbeda dikarenakan tanah terdiri dari beberapa lapisan dan masing-masing dari lapisan tersebut berbeda kedalaman dan strukturnya, komposisi dan campuran tanah yang tidak seragam. Tahanan jenis tanah

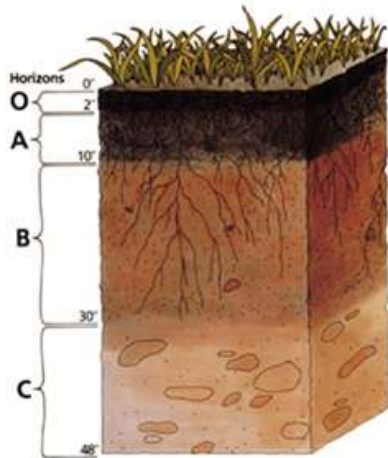
pada tanah yang sama seperti tanah atau tanah berpasir dan berbatu saja cenderung memiliki nilai yang seragam, faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi besaran tahanan jenis tanah adalah faktor suhu tanah, kelembaban tanah dan berapa besar bahan campuran kimiawi yang terkandung dalam tanah tersebut.

1.1 Profil Tanah

Tanah sendiri terbentuk dari beberapa lapisan, mulai dari lapisan atas yang terdiri dari lapisan yang lembut dan subur sampai ke lapisan bawah yang paling dasar terdiri dari bebatuan.

Berikut gambar 1 adalah gambar lapisan tanah pada tingkat atas sampai kurang lebih pada kedalaman 40 meter^[1]. Lapisan-lapisan tersebut dimulai dari lapisan atas yaitu lapisan O atau lapisan organik, yang terdiri dari komposisi tanah lembut dan humus, lapisan A merupakan lapisan selanjutnya yang terdiri dari tanah liat atau tanah lempung. Lapisan selanjutnya adalah lapisan B, dimana

pada lapisan ini terdapat mineral dan pasir, sedangkan lapisan C lebih kompleks karena selain terdiri dari lapisan tanah juga sudah mendekati struktur bebatuan padat.

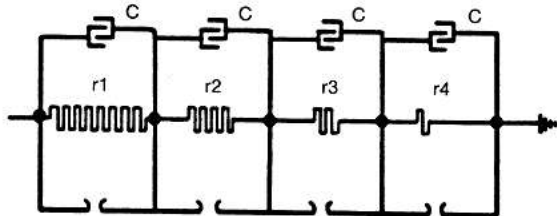


Gambar 1. lapisan tanah secara umum

Untuk simulasi pengujian dibuat supaya mendekati struktur tanah secara keseluruhan. Pada bagian pengujian hanya berisi tanah saja, untuk mencari nilai hambatan jenis tanah.

1.2 Karakteristik tanah

Tahanan pentanahan dari suatu elektrode dapat dipengaruhi oleh tiga hal, yaitu tahanan dari elektrode batang pentanahan, tahanan kontak antara elektrode pentanahan dengan tanah, serta tahanan dari tanah. Tahanan elektrode pentanahan dan tahanan kontak bergantung dari jenis elektrode pentanahannya, sedangkan tahanan tanah bergantung dari jenis tanah.^[1]



Gambar 2. Model tanah

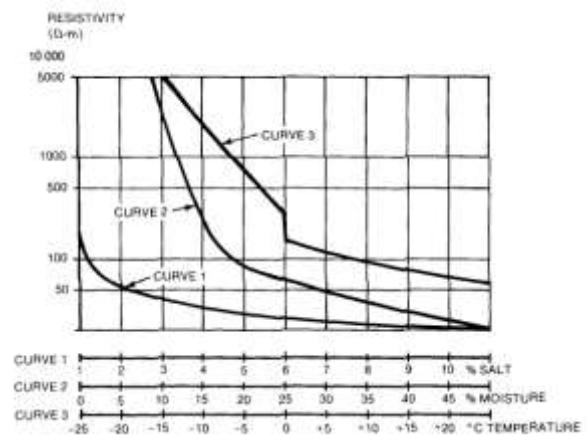
Karakter elektrode pentanahan yang ditanam di tanah bisa dianalisa oleh rangkaian di gambar 2^[3]. Dapat dilihat, kebanyakan tanah bertingkah laku baik sebagai penghantar dari hambatan R, maupun sebagai dielectric.

Efek lonjakan arus. Tahanan jenis tanah di sekitar elektrode pentanahan dapat terpengaruh oleh arus mengalir dari elektrode ke dalam tanah sekitarnya. Sifat termal dan kelembaban tanah akan memutuskan jika arus yang diberi besarnya dan lamanya akan menyebabkan pengeringan yang besar dan kemudian mengurangi efektifitas tahanan jenis tanah. Nilai konservatif kerapatan arus, yang diberikan oleh Armstrong, harus tidak melebihi 200 A/m² per detik.

Efek dari kelembaban dan campuran kimia. Konduksi listrik di tanah pada hakekatnya bersifat elektrolit. Untuk sebab ini tahanan jenis tanah kebanyakan tanah naik

dengan tiba-tiba setiap kali kelembaban menunjukkan kurang dari 15% dari berat tanah. Banyaknya air lebih lanjut bergantung pada ukuran tanah, kepadatan, dan keanekaragaman ukuran butiran tanah. Tetapi, pada gambar 3, kurva 2, tahanan jenis sedikit terpengaruh begitu kelembaban melebihi 22%. Efek suhu pada hambatan jenis tanah hampir tak berarti untuk suhu diatas titik beku. Di 0°C, air di tanah mulai membeku dan tahanan jenis bertambah secara sepat. Kurva 3 menunjukkan variasi untuk tanah liat yang berisi 15,2% kelembaban oleh berat.

Susunan dan banyaknya garam dapat larut, asam, atau alkali yang terdapat di tanah sangat mungkin mempengaruhi tahanan jenisnya. Kurva 1 gambar 3 menjelaskan efek khas garam (sodiumklorida) pada tahanan jenis tanah yang mengandung kelembaban 30% dari berat. Untuk menentukan tahanan jenis tanah sebenarnya, tes seperti yang yang digambarkan di ANSI/IEEE Std 81-1983 sebaiknya dilakukan langsung di tempat.



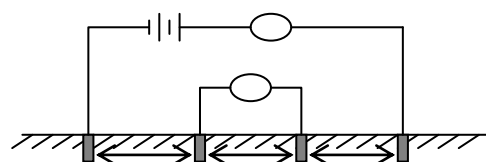
Gambar 3. Efek kelembaban, temperatur dan garam padatan jenis tanah

II. METODE PENGUKURAN

Untuk menentukan tahanan jenis tanah biasanya dilakukan dengan cara^[5]:

2. Metode empat titik (*four electrode method*)
3. Metode tiga titik (*three-point method*).

2.1 Metoda Empat Titik



Gambar 4. Pengukuran tahanan jenis tanah dengan Metode 4 titik

Metoda pengukuran yang dipergunakan adalah metoda empat titik seperti gambar 4. Bila arus I masuk ke dalam tanah melalui salah satu elektrode dan kembali ke elektrode yang lain sehingga pengaruh diameter

konduktor dapat diabaikan. Arus masuk ke tanah mengalir secara radial dari elektroda, misalkan arah arus dalam tanah dari elektroda 3 ke elektroda 4 berbentuk permukaan bola dengan jari-jari r , luas permukaan tersebut adalah $2\rho r^2$, dan rapat arus adalah :

$$J = \frac{I}{2\pi \cdot r^2} \tag{1}$$

dimana :

- J = kerapatan arus [A/m^2]
- r = jari-jari [m]
- I = arus yang mengalir dalam tanah [A]

Dapat diperoleh tahanan jenis tanah pada elektroda 3 dan 4 jika diketahui tahananannya

$$\rho = R_{34} (2\pi a) \tag{2}$$

dimana :

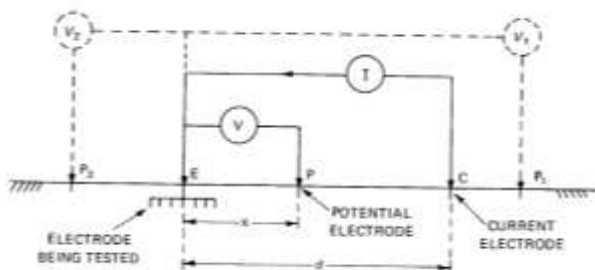
- a = jarak antara elektroda [m]
- R_{34} = tahanan antara elektroda 3 dan 4 [Ω]
- ρ = tahanan jenis tanah [$\Omega \cdot m$]

2.2 Metode Tiga Titik

Metode ini memerlukan penggunaan sebanyak dua elektroda tes dengan tahanan dari elektroda tes ditunjuk R_2 dan R_3 dan dengan elektroda untuk diukur yaitu R_1 . Hambatan antara masing-masing pasang elektroda diukur dan diberikan nama R_{12} , R_{13} , dan R_{23} , di mana $r_{12} = r_1 + r_2$ dan seterusnya. Maka diperoleh persamaan

$$r_1 = \frac{(r_{12}) - (r_{23}) + (r_{13})}{2} \tag{3}$$

Oleh karena itu, dengan mengukur hambatan seri masing-masing pasang elektroda pentanahan dan mensubstitusikan nilai hambatan di persamaan, nilai R_1 dapat diperoleh. Jika kedua elektroda tes memiliki hambatan yang lebih tinggi daripada elektroda yang sedang diuji, kesalahan pengukuran individual akan sangat besar di hasil akhir. Untuk pengukuran, elektroda harus di suatu jarak dari satu sama lain; atau keganjilan mungkin timbul di perhitungan, seperti nol atau hambatan negatif^[6].



Gambar 5. Pengukuran tahanan jenis tanah dengan Metode 3 titik

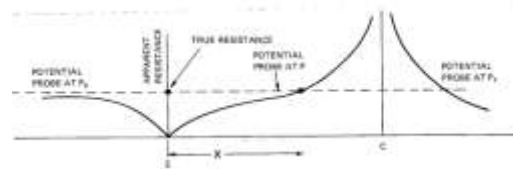
Sedangkan untuk menghitung ρ pada metode 3 titik digunakan rumus

$$\rho_a = \frac{2\pi LR}{\ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1} \tag{4}$$

Dimana

- ρ_a = hambatan jenis tanah
- L = kedalaman elektroda pentanahan
- d = diameter elektroda
- R = tahanan terukur

Arus I yang melewati elektroda uji E dan elektroda arus C , menghasilkan variasi potensial di permukaan tanah. Potensial profile disepanjang C, P, E , arahnya dapat dilihat di gambar. Potensial diukur dengan elektroda yang diuji E , yang diasumsikan di potensial nol. Metode turunnya potensial terdiri dari menggambar rasio $V/I = R$ sebagai fungsi jarak spasi x . Elektroda potensial dipindahkan jauh dari tanah yang sedang diuji dalam setiap langkah. Nilai tahanan didapatkan di masing-masing langkah. Nilai hambatan ini digambarkan sebagai fungsi jarak, dan nilai ohm di yang garis lengkung ini yang direncanakan muncul untuk diambil sebagai hambatan nilai tanah di area pengujian.



Gambar 6. Nilai hambatan nyata untuk jarak X lapisan tanah

2.3 Faktor Pengukuran

Banyak faktor yang tidak menentu muncul dalam penghitungan tahanan pentanahan. Sebagai contoh, tahanan tanah dapat bervariasi berbanding terbalik dengan temperatur tanah, namun tahanan tanah berbanding lurus dengan kelembabannya dan dapat bervariasi dengan kedalamannya.

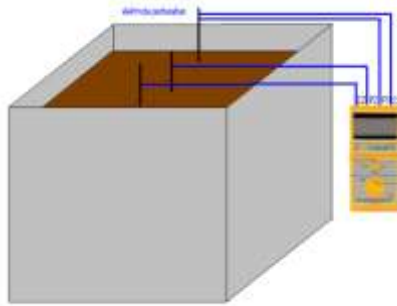
Salah satu cara yang pasti dalam menentukan tahanan adalah dengan melakukan pengukuran pada kondisi real sistem. Pengukuran juga hendaknya dilakukan dengan mengukur masing-masing elektroda yang ada. Dan pada kedalaman yang konstan.

Nilai tahanan jenis tanah (ρ) sangat tergantung pada tahanan tanah (R) dan jarak antara elektroda-elektroda yang digunakan pada waktu pengukuran. Pengukuran perlu dilakukan pada beberapa tempat yang berbeda guna memperoleh nilai rata-ratanya. Perbedaan tahanan jenis tanah akibat iklim biasanya terbatas sampai kedalaman beberapa meter dari permukaan tanah, selanjutnya pada bagian yang lebih dalam secara praktis akan konstan.

2.4 Objek Pengujian

Pengujian pada penelitian ini dilakukan pada sebidang tanah lempung dengan volume $1 m^3$, dan sebidang tanah dengan campuran pasir dan batu pada kedalaman 30 cm dari permukaan tanah. Pengujian dilakukan pada kedua bak pengujian, dimana pada bak pertama berisi tanah yang dilakukan pengujian pada variasi kondisi kelembaban, suhu dan dengan campuran garam.

Untuk variasi pengujian maka dilakukan pengambilan sampel pada posisi mendatar, menyamping 45° ke kiri dan ke kanan, pengujian juga dilakukan dengan memindahkan posisi elektroda pengukuran sejauh 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm dan 35 cm dari elektroda pentanahan, sehingga diperoleh hasil pengujian yang rata pada setiap posisi tanah.



Gambar 7. Rangkaian Pengujian Tahanan Tanah

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip pengukuran tahanan pentanahan sama dengan cara pengukuran tahanan pada sistem elektronik yang lain. Metode ini menggunakan rumus dasar hambatan (R) yaitu tegangan (V) dibagi dengan arus (I). Dengan memberikan nilai tegangan konstan 0,2 Volt dari alat ukur dan arus berkisar dari 0,1 mA sampai dengan 10 mA maka akan diperoleh suatu nilai hambatan.

Hasil pengukuran hambatan akan di masukkan ke rumus dari persamaan (4) $\rho_a = \frac{2\pi LR}{\ln(\frac{8L}{d})-1}$ maka akan diperoleh nilai hambatan jenis pentanahan pada sistem tanah dan campuran. Dengan mengganti nilai kedalaman elektroda pentanahan L sesuai dengan pengujian yaitu sebesar 0,5m dan diameter elektroda pentanahan d sebesar 0,01m, dan nilai R diperoleh dari pengukuran, maka akan diperoleh persamaan

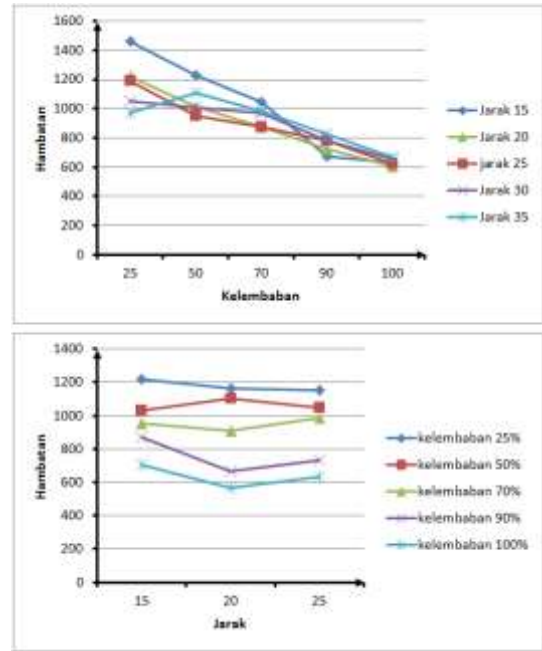
$$\rho_{tanah} = \frac{3,14 R}{4,991} \quad (5)$$

3.1 Pengujian kelembaban

Berdasarkan hasil pengujian, menggunakan rumus (4) untuk kelembaban 25% diperoleh hasil nilai rata-rata hambatan tanah adalah sebesar 1179,87 ohm maka nilai hambatan jenisnya adalah sebesar 742,294 ohm-m.

Tabel 1. Hasil perhitungan tahanan jenis tanah terhadap kelembaban

Kelembaban	ρ tanah (ohm-m)
25%	742,294
50%	667,968
70%	597,507
90%	475,666
100%	399,331
Rata-rata	576,553



Gambar 8. Pengaruh kelembaban dan jarak terhadap hambatan tanah

Pengujian pengaruh kelembaban terhadap hambatan pada tanah memberikan hasil bahwa semakin tinggi tingkat kelembaban tanah maka hambatan tanah akan menurun, sesuai dengan sifat air yang lebih rapat dibanding udara sehingga air akan mengisi kekosongan celah-celah udara pada tanah.

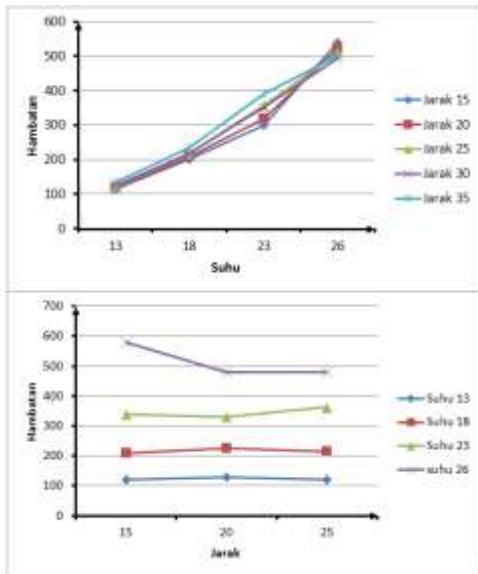
Kurva penurunan hambatan tanah menunjukkan penurunan rata-rata sebesar 46% yang hampir sama banyak pada setiap jarak, pada jarak 15 dan 35 cm terjadi perbedaan pengukuran tahanan tanah karena pada pengukuran 35cm terdapat penambahan air yang banyak mengisi celah pada tanah.

3.2 Pengujian suhu

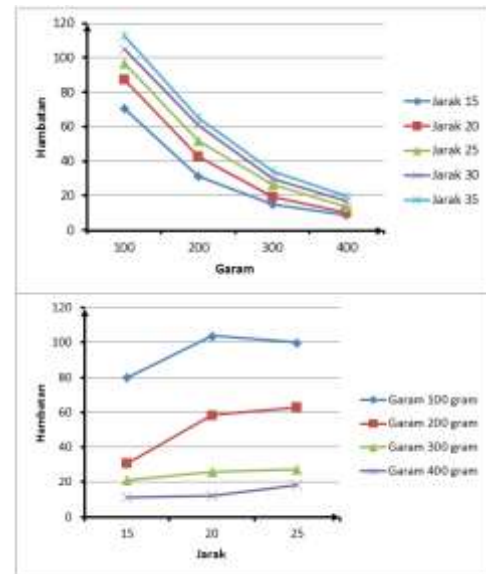
Dari hasil pengujian pada suhu 26°C diperoleh nilai rata-rata hambatan adalah sebesar 513,667 ohm. Dengan menggunakan rumus (4) diperoleh hasil ρ tanah adalah sebesar 323,164 ohm-m

Tabel 2. Hasil perhitungan tahanan jenis tanah terhadap suhu

Suhu (°C)	ρ tanah (ohm-m)
26	323,164
23	216,086
18	136,152
13	77,622
Rata-rata	188,256



Gambar 9. Pengaruh suhu dan jarak terhadap hambatan pada tanah



Gambar 10. Pengaruh berat garam dan jarak terhadap hambatan tanah

Pengaruh penurunan suhu terhadap hambatan pada tanah pada dasarnya bahwa semakin rendah suhu tanah maka tahanan tanah akan naik, namun pada hasil pengujian hal tersebut berbeda dengan dimana terjadi penurunan tahanan tanah yang cukup besar pada saat terjadi penurunan suhu seperti terlihat pada gambar 9. penurunan tahanan tanah dengan penurunan suhu diperoleh sebesar rata-rata 75%.

Pada kurva dapat dilihat bahwa pada suhu 26°C nilai hambatan sangat tinggi karena tanah masih kering dan belum diberikan campuran apapun, penurunan drastis terjadi pada suhu 13°C akibat dari penambahan air. Pada grafik perbandingan dengan jarak tidak terdapat perbedaan yang banyak antara jarak 15-35 cm.

3.3 Pengujian kadar garam pada tanah

Pengujian dengan penambahan garam 100 gram pada persamaan (4) diperoleh nilai rata-rata hambatan adalah sebesar 81,744 ohm Hambatan jenis adalah sebesar 51,425 ohm m

Tabel 3. Hasil perhitungan tahanan jenis tanah terhadap penambahan garam

Garam (gram)	ρ tanah (ohm-m)
100	51,425
200	25,889
300	13,949
400	8,707
Rata-rata	26,286

Pada pengujian ini diperoleh hasil penurunan tahanan tanah yang sangat banyak pada tanah. Hal ini karena sifat garam yang mengikat tanah sehingga komposisi tanah menjadi berubah dan lebih menjadi liat dan lengket dengan elektroda pentanahan.

Penurunan tahanan tanah terjadi sebesar rata-rata 48% dari nilai semula pada pertambahan berat garam 400 gram, namun pada penambahan jarak elektroda terjadi kenaikan tahanan tanah, hal ini disebabkan oleh sifat larutan garam yang dapat menjadi butiran garam lagi sehingga sulit menembus pori-pori tanah, jadi larutan air saja yang meresap ke dalam pori-pori tanah sehingga efek penambahan garam kurang efektif.

III. KESIMPULAN

Nilai resistivitas suatu tanah dapat dirubah menjadi kecil atau besar bila tanah tersebut diperlakukan secara khusus. Perlakuan dengan menambahkan air dapat memperkecil nilai resistivitasnya sampai dengan 75% dari 323,164 ohm menjadi 77,622 ohm sedangkan penambahan garam mencapai 48% dari semula 51,425 ohm menjadi 8,707 ohm. Besaran hambatan pentanahan sangat dipengaruhi oleh jenis tanah dan komposisi tanah pendukungnya, faktor kelembaban, suhu dan campuran bahan kimia yang terkandung didalam tanah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Wikipedia, “soil profile” diakses tanggal 18 juni 2013 dari wikipedia.org http://en.wikipedia.org/wiki/Soil_profile
 [2] IEEE std 142-1991, “IEEE recommended practice for grounding of industrial and commercial power systems”, (Institute of Electrical and Electronics Engineering, 1992) , hal.126

-
- [3] IEEE std 80-1986, “*IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*”, (Institute of Electrical and Electronics Engineering, 2000) , hal.71
- [4] Wikipedia, “*resistivity*” diakses tanggal 18 juni 2008 dari [wikipedia.org](http://en.wikipedia.org/wiki/Resistivity)
<http://en.wikipedia.org/wiki/Resistivity>
- [5] Agus Supardi, Toni Irawan, “*Karakteristik hambatan jenis tanah pada gedung psikologi UMS*” , Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [6] IEEE std 81-1983, “*IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System*”, (Institute of Electrical and Electronics Engineering, 2000) , hal.20
- [7] Elektro Indonesia, “*Peraturan Umum untuk Elektrode Bumi dan Penghantar Bumi*” “diakses tanggal 18 juni 2012 dari elektro indonesia, <http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener24b.html>