

Penentuan Kedalaman Elektroda pada Tanah Pasir dan Kerikil Kering Untuk Memperoleh Nilai Tahanan Pentanahan yang Baik

(Depth Determination of Electrode at Sand and Gravel Dry for Get The Good Of Earth Resistance)

Oleh : Jamaaluddin* / Izza Anshory* / Eko Agus Suprayitno*

*) Prodi.Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Jamaaluddin.dmk@gmail.com

ABSTRAK

Penanaman elektroda pentanahan diperlukan untuk melakukan perbaikan nilai tahanan pentanahan. Untuk elektroda pentanahan mempergunakan tembaga pejal (*Copper rod*) akan memperbaiki tahanan pentanahan pada area disekitar titik ditanamnya elektroda sehingga didapatkan nilai tahanan pentanahan yang memenuhi syarat. Tanah pasir dan kerikil kering mempunyai karakteristik yang unik, karena dijumpainya kesulitan dalam pemasangan elektroda pentanahan karena halangan kerikil, ini akan berakibat tidak dapat kedalaman elektroda yang cukup untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang diharapkan.

Nilai tahanan pentanahan yang bagus adalah sebesar $< 1 \Omega$ sesuai dengan standard PUIL, 2000. Untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang baik, maka dilakukan penanaman elektroda pentanahan dengan mempergunakan Rod tembaga pejal (*Copper Rod*) dengan diameter dan kedalaman tertentu yang paling sesuai dengan jenis tanah pasir dan kerikil kering.

Pada penelitian ini disimulasikan beberapa posisi kedalaman elektroda pentanahan. Pada 3 (tiga) titik yang berbeda. Dari penelitian ini, maka didapatkan hasil, pada kondisi tanah pasir dan kerikil kering dengan mempergunakan elektroda pentanahan Tembaga pejal dengan diameter 5/8 inchi didapatkan nilai pentanahan $< 1 \Omega$ pada kedalaman 3.5 m.

Kata kunci : Tahanan pentanahan, elektroda pentanahan, tanah pasir dan kerikil kering.

1. Pendahuluan

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam kehandalan beroperasinya sistem kelistrikan dan keamanan pada manusia yang berada disekitarnya adalah Sistem Pentanahan Tenaga Listrik. Sistem pentanahan merupakan salah satu sistem pengamanan terhadap gangguan yang sering terjadi pada peralatan listrik atau jaringan terhadap petir, yang berupa gangguan hubung singkat ke tanah.

Nilai Tahanan pentanahan pada suatu tempat berbeda – beda yang disebabkan oleh : komposisi tanah, kandungan air tanah, kelembapan tanah dan juga jenis tanah yang terdiri atas tanah liat , tanah rawa, tanah pasir, tanah kerikil, tanah ladang dan tanah berbatu. Hal ini mempengaruhi nilai tahanan pentanahan dan berpengaruh pada hantaran listriknya.

Tanah pasir dan kerikil kering mempunyai karakteristik yang unik, karena dijumpainya kesulitan dalam

pemasangan elektroda pentanahan karena halangan kerikil, ini akan berakibat tidak dapat kedalaman elektroda yang cukup untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang diharapkan.

Untuk mendapatkan perlindungan terhadap gangguan hubung singkat ke tanah, maupun gangguan petir, maka diperlukan perencanaan pentanahan Sistem Tenaga Listrik yang baik. Dengan metode pentanahan yang baik dan efektif, maka akan meminimalisasi gangguan petir, sehingga menjamin kehandalan beroperasinya sistem tenaga listrik dan aman bagi orang – orang yang melintasinya.

Sebuah bangunan gedung agar terhindar dari bahaya sambaran petir dibutuhkan nilai tahanan pentanahan < 5 ohm [1], sedangkan untuk pentanahan peralatan-peralatan elektronika dibutuhkan nilai tahanan pentanahan < 3 ohm bahkan beberapa perangkat membutuhkan nilai tahanan pentanahan < 1 ohm.[1]

Penelitian yang pernah dilakukan oleh pakar kelistrikan, mengenai sistem pentanahan Sistem Tenaga Listrik sebagai berikut :

1. Dengan cara mengasumsikan bahwa lapisan tanah terdiri atas lapisan-lapisan yang mempunyai nilai tahanan jenis berbeda, maka dalam memilih dan memasang sistem pentanahan perlu diketahui kondisi - kondisi pada lapisan tanah yang dalam. Mengingat keterbatasan dari alat-alat pengukuran tahanan tanah untuk menyelidiki kondisi spesifik tanah tersebut, maka dikembangkan suatu metode atau pola pemikiran yang menggambarkan nilai tahanan jenis tanah pada kedalaman tertentu [2].
2. Apabila struktur dari tanah dianggap homogen maka tahanan elektroda untuk 1 batang rod akan semakin kecil bila elektroda tersebut ditanam semakin jauh dari permukaan tanah. Untuk 2 batang elektroda, bila jarak

antara keduanya menjadi lebih besar dari panjang elektroda, maka nilai tahanan pentanahan akan menjadi semakin kecil. Bilamana jumlah elektroda semakin banyak maka tahanannya semakin kecil, baik pada tanah yang homogen maupun tak homogen [3].

3. Elektrode batang dimasukkan tegak lurus ke dalam tanah dan panjangnya disesuaikan dengan resistans pembumian yang diperlukan (lihat Tabel 1.) Resistans pembumiannya sebgaiian besar tergantung pada panjangnya dan sedikit bergantung pada ukuran penampangnya. Jika beberapa elektrode diperlukan untuk memperoleh resistans pembumian yang rendah, jarak antara elektrode tersebut minimum harus dua kali panjangnya. Jika elektrode tersebut tidak bekerja efektif pada seluruh panjangnya, maka jarak minimum antara elektrode harus dua kali panjang efektifnya [1].
4. Dengan penambahan kedalaman penanaman elektroda batang maka nilai tahanan pembumian semakin kecil. Untuk penambahan kedalaman yang sama yaitu 0,25 m. Penurunan nilai tahanan pembumian pada tanah rawa untuk setiap penambahan kedalaman 0,25 m dengan menggunakan 1 elektroda batang yaitu 86 %, 24,13 %, 28,85 %, 20,35 % sedangkan untuk 2 elektroda batang dengan jarak 1,5 m yaitu 79,18 %, 40,68 %, 43,71 %, 29,91 %. Penurunan nilai tahanan pembumian pada tanah liat untuk setiap 0,25 m dengan menggunakan 1 elektroda batang yaitu 48,86 %, 24,49 %, 23,98 %, 15,56 % sedangkan untuk 2 elektroda batang dengan jarak 1,5 m yaitu 47,01 %, 27,65 %, 21,95 %, 8,02 %. Penambahan jumlah elektroda batang akan memperkecil nilai tahanan pembumian[4].

Tabel. 1. Resistansi Pembumian pada resistans jenis rho 1 = 100 Ωm. diambil dari tabel. 3.18.-2 [1]

Jenis elektrode	Batang atau pipa			
	1	2	3	5
Panjang (m)				
Resistansi Pembumian (Ohm)	70	40	30	20

2. Landasan Teori

Menurut IEEE Std 142TM-2007 4

[5] tujuan sistem pembumian adalah:

1. Membatasi besarnya tegangan terhadap bumi agar berada dalam batasan yang diperbolehkan.
2. Menyediakan jalur bagi aliran arus yang dapat memberikan deteksi terjadinya hubungan yang tidak dikehendaki antara konduktor sistem dan bumi. Deteksi ini akan mengakibatkan beroperasinya peralatan otomatis yang memutuskan suplai tegangan dari konduktor tersebut.

Oleh karenanya pemasangan elektrode pentanahan yang baik dan sesuai dengan standard akan memperoleh hasil – hasil sebagaimana telah disebutkan diatas. Elektroda pentanahan yang akan dipergunakan adalah *Copper Rod* (Tembaga pejal) dengan diameter 5/8 inch atau 15.89 mm dengan panjang 4 m.

Metode-metode yang digunakan dalam mereduksi nilai R untuk elektroda batang pembumian, telah direkomendasikan menurut IEEE Std. 142-1982 yaitu :

1. Penambahan jumlah batang pembumian.
2. Memperpanjang ukuran batang pembumian.
3. Membuat perlakuan terhadap tanah (soil treatment) terbagi atas :
 - a. Metode bak ukur (Container Method).
 - b. Metode parit (Trench Method).

4. Menggunakan batang Pembumian khusus.

5. Metode kombinasi.

Nilai tahanan tanah bisa diketahui dengan mempergunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

- R = Tahanan pasak ke tanah (Ohm).
- ρ = Tahanan tanah rata – rata (Ohm – Cm).
- L = Panjang pasak ke tanah (cm).
- a = Jari – jari penampang pasak (cm).

Rumus *Dwight* diatas menunjukkan, bahwa tahanan tanah merupakan faktor kunci yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa elektroda tersebut harus ditanam di dalam tanah untuk memperoleh tahanan pentanahan yang rendah. Nilai tahanan tanah sangat bervariasi. Hal ini tergantung pada iklim, kandungan elektrolit dan jenis tanahnya.

Metode pentanahan dalam hal ini yang dipakai adalah *Driven Ground*, yaitu menanamkan batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah atau beberapa buah batang yang merupakan kelompok elektroda biasanya berdiameter 3/4 inchi sampai dengan 2 inchi, dan panjangnya antara 3 meter sampai 15 meter.

Tabel. 2. Tahanan jenis beberapa jenis tanah
Diambil dari (3.18.3.1. PUIL, 2000)

Jenis Tanah	Tahanan Jenis ($\Omega.m$)
Tanah Rawa	30
Tanah Liat dan Ladang	100
Pasir Basah	200
Kerikil Basah	500
Pasir dan Kerikil Kering	1000
Tanah berbatu	3000

Nilai tahanan pentanahan untuk beberapa jenis tanah berbeda. Hal ini dikarenakan karena struktur tanah yang berlainan antara satu jenis tanah dengan jenis tanah yang lain. Tanah lempung mempunyai nilai tahanan pentanahan yang rendah, ini disebabkan oleh komposisinya yang mempunyai bentuk partikel halus sehingga mudah untuk menyerap air atau mineral – mineral lain dan kemudian menyimpannya. Sifat inilah yang menyebabkan tanah lempung memiliki nilai tahanan jenis rendah bila dibandingkan dengan jenis tanah lainnya seperti tanah pasir dan tanah berbatu. Secara lebih jelas dapat dilihat dari tabel. 2.

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Memahami sistem pentanahan tenaga listrik bangunan dengan mempergunakan batang elektroda (Copper-Rod), dengan harapan didapatkan nilai tahanan pentanahan $< 1 \Omega$.
2. Mengetahui metode apa yang dipakai untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan pada jenis tanah pasir dan kerikil kering.
3. Mendapatkan nilai pentanahan tenaga listrik yang baik agar bisa

dioperasikan secara baik dan aman untuk mahluk hidup yang ada disekitarnya.

4. Menambah sumber bacaan tentang sistem pentanahan, utamanya yang bersifat teknis dilapangan dan menjadi bahan acuan bagi penelitian selanjutnya.
5. Menambah manfaat pada bidang ketenaga listrikan baik pada perumahan dan industri.

3. Metodologi Penelitian

Dilakukan penentuan 3 (tiga) titik dimana elektrode pentanahan akan ditanam. Dalam melakukan penanaman elektroda bisa diupayakan pada titik yang mudah untuk menanam / tidak terbentur dengan batu atau kerikil. Jika pada saat penanaman elektroda pentanahan masih membentur dengan kerikil yang keras atau batu, maka bisa dipindahkan ke titik sampingnya. Untuk memudahkan penanaman elektroda bisa dibantu dengan mempergunakan penyiraman air pada titik tersebut.

Setelahnya dilakukan pengukuran tahanan pentanahan dengan mempergunakan Digital Earth Resistance Tester 4105 A.

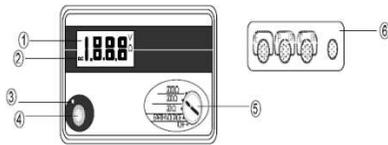
Elektrode pentanahan dalam penelitian ini mempergunakan tembaga pejal (*Copper Rod*) dengan diameter 5/8 inchi = 15.89 mm sepanjang 4 m. *Copper rod* ini ditanam ke dalam tanah mulai kedalaman 1 m dan ditambah 0.5 m pengukuran. Hal yang sama dilakukan pada titik – titik yang lain.

Pada tiap – tiap kedalaman dilakukan pengukuran tahanan pentanahannya dengan mempergunakan alat Digital Earth Resistance Tester 4105 A.

Sedangkan spesifikasi alat yang dipergunakan untuk mengukur tahanan pentanahan adalah sebagai berikut :

- a) Merk : KYORITSU

- b) Jenis : *Digital Earth Resistance Tester 4105A*
- c) Alat ini berfungsi untuk menampilkan nilai tahanan pentanahan yang terukur dengan kemampuan mengukur sampai 1999 Ω (*ohm*). Skema gambar *Earth Resistance Tester* ini ditunjukkan pada Gambar 1.



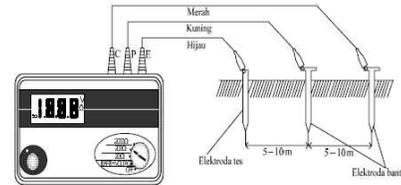
Gambar. 1. Earth Resistance Tester
(Diambil dari Manual Instruction : Digital Earth Tester 4105 A)

1. LCD penampil nilai ukur.
2. Simbol baterai dalam keadaan lemah.
3. LED indicator (berwarna hijau).
4. Tombol uji untuk mengunci.
5. Terminal pengukuran.

Langkah – langkah pelaksanaan penelitian adalah :

1. Mempersiapkan elektroda pentanahan sejumlah 3 (tiga) buah untuk dipasang pada 3 (tiga) titik yang berbeda tetapi mempunyai kontur yang sama dan alat – alat bantu pemasangannya.
2. Dilakukan pengecekan tegangan baterai dengan menghidupkan *Digital Earth Resistance Tester* . Jika layar tampak bersih tanpa simbol baterai lemah berarti kondisi baterai dalam keadaan baik. Jika layar menunjukkan simbol baterai lemah atau bahkan layar dalam keadaan gelap berarti baterai perlu diganti.
3. Membuat rangkaian pengujian seperti pada gambar 2. dengan menanam elektroda utama dan elektroda bantu. Menanam elektroda dengan memukul kepala elektroda menggunakan martil,

jika menjumpai lapisan tanah yang keras sebaiknya jangan memaksakan penanaman elektroda.



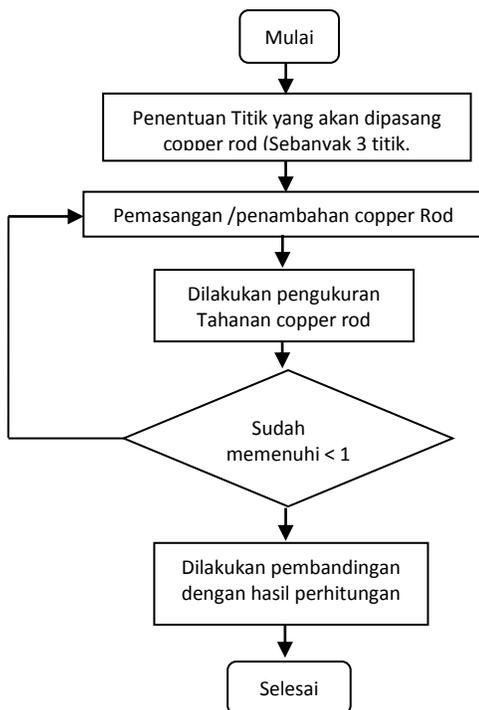
Gambar. 2. Skematik pemasangan elektroda pentanahan dan elektroda bantu untuk proses pengukuran tahanan tanah.
(Diambil dari Manual Instruction : Digital Earth Tester 4105 A)

4. Menentukan jarak antar elektroda bantu minimal 5 meter dan maksimal 10 meter.
5. Mengukur tegangan tanah dengan mengarahkan *range switch* ke *earth voltage* dan pastikan bahwa nilai indikator 10 V atau kurang. Jika *earth voltage* bernilai lebih tinggi dari 10 V diperkirakan akan terjadi banyak kesalahan dalam nilai pengukuran tahanan.
6. Mengecek penghubung atau penjepit pada elektroda utama dan elektroda bantu dengan mensetting *range switch* ke 2000 Ω dan tekan tombol ” *PRESS TO TEST* ”. Jika tahanan elektroda utama terlalu tinggi atau menunjukkan simbol ” . . . ” yang berkedip-kedip maka perlu dicek penghubung atau penjepit pada elektroda utama.
7. Melakukan pengukuran. Mensetting *range switch* ke posisi yang diinginkan dan tekan tombol ” *PRESS TO TEST* ” selama beberapa detik.
8. Mencatat nilai ukur tahanan yang muncul dari *Digital Earth Resistance Tester*.
9. Mengembalikan posisi tombol ” *PRESS TO TEST* ” ke posisi awal.
10. Melakukan pengujian tahanan untuk kedalaman elektroda yang berbeda dengan langkah 3, 7, 8, 9.

11. Perubahan kedalaman elektroda utama adalah sebesar 0.5 m pada tiap tiap pengukuran.
12. Melakukan item item diatas secara berurutan pada 3 (tiga) titik yang berbeda.

Sesudahnya hasil pengukuran tahanan pentanahan dengan menggunakan Digital Earth Tester tersebut dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan rumus *Dwight* (Persamaan no. 1 diatas).

Secara diagram dapat dilihat pada diagram alur seperti berikut ini :



Gambar. 3. Diagram alur penelitian

4. Hasil Penelitian

Pengukuran yang dilakukan dengan tahapan – tahapan diatas, dengan menempatkan posisi elektroda bantu (P) pada posisi antara 0 – 5 m tepatnya pada posisi 5.5 m dari elektroda pentanahan (E), dan menempatkan posisi elektroda bantu (C) pada posisi 5 – 10 m tepatnya pada posisi 9.5 m dari elektroda pentanahan (E) atau 4 m dari posisi elektroda bantu (P), dengan mengubah kedalaman elektroda pentanahan yang terbuat dari *copper rod* tersebut di dapatlah hasil pengukuran sebagaimana pada tabel. 3, kolom 4, dibawah ini.

Hasil pengukuran tersebut bila dibandingkan dengan hasil perhitungan rumus *Dwight* (Persamaan no. 1) sebagai berikut :

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

Dimana :

R = Tahanan pasak ke tanah (Ohm).

ρ = 1000 (Ohm – Cm).(Jenis tanah pasir dan kerikil kering).

L = 100 (cm).

a = 15.89 (mm) = 1.59 (cm).

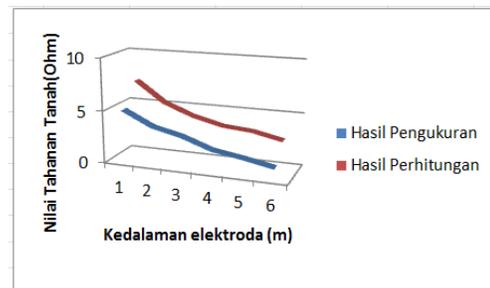
dengan mengubah nilai kedalaman elektroda pentanahan (Nilai L), maka didapatlah hasil perhitungan sebagaimana termaktub pada tabel. 3, kolom 7 di bawah ini.

Tabel. 3. Nilai Tahanan Pentanahan Jenis Tanah Pasir dan Kerikil Kering.

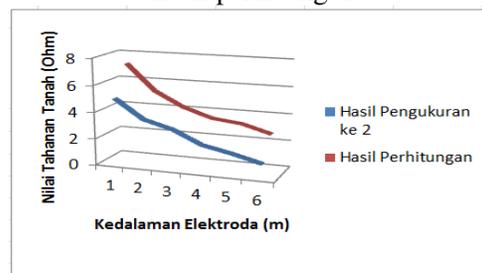
Pengukuran ke	Kedalaman elektroda (m)	Hasil perhitungan (Ω)	Hasil pengukuran (Ω)			Rata-rata	Selisih (Ω) hasil pengukuran tiap kedalaman
			ke 1	ke 2	ke 3		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.00	7.21	4.97	4.95	4.99	4.97	2.24
2	1.50	5.24	3.62	3.52	3.62	3.59	1.65
3	2.00	4.16	2.97	2.94	3.11	3.01	1.15
4	2.50	3.47	1.98	1.96	2.23	2.06	1.41
5	3.00	3.23	1.53	1.51	1.51	1.52	1.71
6	3.50	2.63	0.98	0.96	0.97	0.97	1.66

Dari data tabel 3. diatas tampak terjadi penurunan nilai tahanan pentanahan pada tiap penurunan kedalaman elektroda pentanahannya. Setiap 0.5 m penurunan kedalaman elektroda pentanahan akan berdampak pada penurunan nilai tahanan pentanahannya sebesar rata – rata 0.8 (Ω) untuk tanah jenis pasir dan kerikil kering.

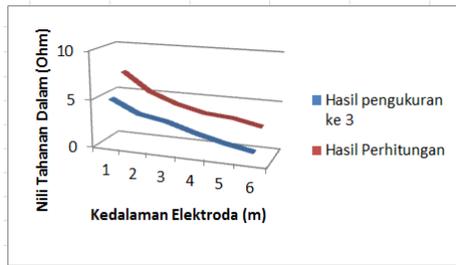
Sedangkan dari perhitungan, nilai penurunan tahanan pentanahan mempunyai nilai rata – rata penurunan sebesar 0.92 (Ω). Hal ini menunjukkan bahwa nilai rata – rata penurunan tahanan pentanahan hasil pengukuran dengan hasil perhitungan hampir sama.



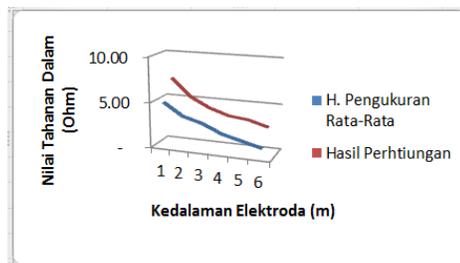
Gambar. 4. Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran titik pentanahan ke satu dan hasil perhitungan.



Gambar. 5. Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran titik pentanahan ke dua dan hasil perhitungan.



Gambar. 6. Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran titik pentanahan ke tiga dan hasil perhitungan.



Gambar. 7. Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran titik pentanahan rata-rata dan hasil perhitungan.

Dari Gambar 4 – 7, diatas pada ke 3 (tiga) titik yang berbeda pada kontur tanah yang sama didapatkan nilai Tahanan Pentanahan (Ohm) hampir seragam. Ada Penurunan nilai tiap 50 cm penurunan elektroda sebesar 0.8Ω dan untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang memenuhi syarat yaitu $< 1 \Omega$, dengan mempergunakan tembaga pejal (*Copper Rod*) berdiameter $5/8$ pada tanah pasir dan kerikil kering cukup dengan kedalaman 3.5 m.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan perhitungan diatas, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai tahanan pentanahan pada hasil pengukuran diatas, menunjukkan kedalaman elektrode pentanahan adalah sedalam 3.5 m, pada kedalaman ini nilai tahanan pentanahan adalah 0.98Ω . Sudah $< 1 \Omega$ memenuhi syarat

PUIL, 2000, untuk jenis tanah pasir dan kerikil.

2. Pada hasil perhitungan tahanan pentanahan dengan mempergunakan Rumus *Dwight*, pada kedalaman elektroda pentanahan adalah sebesar 2.63Ω . Terdapat perbedaan antara hasil perhitungan dan pengukuran hal ini dikarenakan perbedaan persepsi jenis tanah yang akan diteliti terhadap kandungan material di dalam tanahnya.
3. Hasil pengukuran di lapangan, maupun hasil perhitungan menunjukkan nilai resistansinya sudah $< 1 \Omega$ Hal ini sudah sesuai dengan syarat nilai tahanan pentanahan untuk bangunan [1] bahkan jikalau dipasang perangkat elektronika pun tidak masalah dikarenakan tahanan pentanahannya memiliki nilai $< 1 \Omega$.

6. Daftar Pustaka

- [1] Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2000, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*.
- [2] Pabla, A.S. 1994. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- [3] Tadjuddin, 2000. *Penerapan Sistem Grid Tak Simetri pada Pentanahan Gardu Induk Bulukamba*. Available at <http://www.elektroindonesia.com/> elektro. Diakses 26 Juni 2005.
- [4] Wahyono, Budhi Prasetyo, 2013. *ANALISA PENGARUH JARAK DAN KEDALAMAN TERHADAP NILAI TAHANAN PEMBUMIHAN DENGAN 2 ELEKTRODA BATANG*, Prosiding SNST ke-4 Tahun 2013 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang
- [5] IEEE Standard 142, "*IEEE Recommended Practice For Grounding Of Industrial And Comercial Power Sistem*", vol. 11, American National Standar Institute, USA, 1982.

