

# COMPARATIVE ANALYSIS OF GROUNDING RESISTANCE VALUE IN SOIL AND SEPTICTANK

Abdul Syakur, Juningtyastuti, Arif Dermawan \*)

## Abstract

*The aim of grounding system to protect of electrical equipment and instrumentation system and people together. The lightning stroke near the structure of building can damage of equipment and instrumentation system. Therefore, it is very important to protect these electrical and electronic equipment from lightning strike uses lightning protection system and grounding system.*

*This paper presents kind of grounding system at type of soil and place. The measurement of grounding resistance in soil and septic tank have done. Types of soil for grounding resistance measuring are marshland, clay and rockland.*

*The measurement results of grounding resistance show that value of grounding resistance depend on deepness of electrode and kind of soil and septic tank. Grounding resistance value in septic tank is more lower than soil.*

*Keywords : grounding system, grounding resistance, septic tank, soil.*

## Pendahuluan

Untuk melindungi dan mengurangi dampak kerusakan akibat sambaran petir pada struktur tinggi misalnya gedung bertingkat dan perumahan, maka dipasang sistem pengamanan pada perumahan. Sistem pengamanan itu berupa sistem penangkal petir beserta pentanahannya. Pemasangan sistem tersebut didasari oleh perhitungan resiko kerusakan akibat sambaran petir terhadap perumahan. Dengan adanya sistem pentanahan ini, semua bagian perumahan dan permukaan tanah diharapkan mempunyai tegangan yang merata, terutama pada saat gangguan ke tanah sehingga tidak membahayakan orang yang berada disekitar tempat itu.

Untuk meminimalkan kerusakan akibat sambaran petir pada perumahan, maka perlu dilakukan perhitungan nilai pentanahan yang aman dan menganalisa tempat tertanamnya elektroda pentanahan.

Pada proses perencanaan suatu jenis sistem pentanahan pada perumahan, memerlukan suatu pengukuran tahanan pentanahan yang akan menjadi acuan proses perencanaan sistem pentanahan. Hal ini akan bermanfaat dalam perencanaan sistem pentanahan karena arus lebih dialirkan ke tanah dengan cepat pada saat terjadi sambaran petir karena nilai tahanan pentanahan yang kecil.

## Sistem Pentanahan

### 1. Definisi

Sistem pentanahan/*grounding system* adalah suatu rangkaian/jaringan mulai dari kutub pentanahan / elektroda, hantaran penghubung sampai terminal pentanahan yang berfungsi untuk menyalurkan arus lebih ke bumi, agar perangkat peralatan dapat terhindar dari pengaruh petir dan tegangan asing lainnya.

### 2. Tahanan Jenis Tanah

Tahanan jenis tanah adalah tahanan listrik dari tahanan tanah yang berbentuk kubus dengan volume 1 meter kubik. Kadang – kadang tahanan jenis

dinyatakan dalam ohm-m. Pernyataan ohm-m merepresentasikan tahanan diantara dua permukaan yang berlawanan dari suatu volume yang berisi 1 m<sup>3</sup>. Untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang kecil diperlukan upaya sebagai berikut, mengetahui tahanan jenis tanah, kemudian membuat bentuk kutub tanah yang sesuai.

### • Pengaruh Iklim

Untuk mengurangi variasi tahanan jenis tanah akibat pengaruh musim, pembumian dapat dilakukan dengan menanam elektroda pembumian sampai mencapai kedalaman dimana terdapat air tanah yang konstan. Kadangkala pembenaman elektroda pembumian memungkinkan kelembaban dan temperatur bervariasi sehingga harga tahanan jenis tanah harus diambil untuk keadaan yang paling buruk, yaitu tanah kering dan dingin.

### • Pengaruh Suhu

Temperatur tanah sekitar elektroda pembumian juga berpengaruh pada besarnya tahanan jenis tanah. Hal ini terlihat sekali pengaruhnya pada temperatur di bawah titik beku air (0°C), dibawah harga ini penurunan temperatur yang sedikit saja akan menyebabkan kenaikan harga tahanan jenis tanah dengan cepat.

### 3. Karakteristik Tanah

Karakteristik tanah sangat berkaitan erat dengan perencanaan sistem pentanahan yang akan digunakan. Untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang rendah tidak hanya dengan elektroda yang rendah, tetapi tahanan tanahnya juga harus rendah. Pada kenyataannya, tanah, selain bersifat sebagai konduktor juga bersifat dielektrik.

### 4. Jenis Sistem Pentanahan

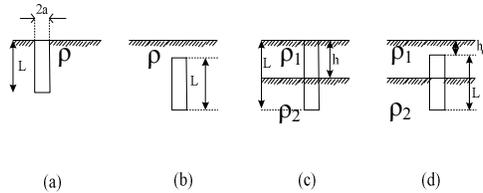
Sistem pentanahan yang menggunakan elektroda pentanahan yang ditanam langsung ke dalam tanah terdiri dari berbagai macam cara,

\*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip

antara lain: jenis pentanahan *rod*, jenis pentanahan *grid*, pentanahan kombinasi *grid-rod*.

- Tahanan Pentanahan  
Tahanan kutub pentanahan selanjutnya disebut Tahanan Pentanahan adalah seluruh tahanan listrik yang dimiliki sistem pentanahan. Idealnya tahanan pentanahan adalah 0 (nol), namun karena mencapainya sulit, maka sebagai referensi, untuk gedung maksimum 5 Ohm.
- Pentanahan Rod  
Pada pentanahan *rod* ini, batang-batang elektroda ditanam tegak lurus dengan permukaan tanah. Bila elektroda *rod* tersebut dialiri arus gangguan ke tanah ketika daerah perumahan terjadi gangguan tanah, maka arus tersebut akan menyebar atau mengalir ke tanah dan akan mengakibatkan naiknya beda potensial pada permukaan tanah. Makin jauh dari elektroda tersebut, penyebaran arus semakin luas, sehingga kepadatan arusnya juga semakin berkurang.

- Satu Batang Elektroda yang Ditanam Tegak Lurus ke Dalam Tanah  
Gambar 2.1 menunjukkan satu batang elektroda berbentuk silinder dengan panjang L yang di tanam tegak lurus permukaan tanah berdiameter 2a, dengan bayangan di atas permukaan tanah. Elektroda tersebut ditanam dengan berbagai jenis kedalaman.



Gambar 2.1. Penanaman elektroda batang/rod

Untuk elektroda yang ditanam tegak lurus dekat permukaan tanah (Gambar 2.1a), nilai tahanannya yaitu :

$$R = \frac{\rho_1}{2 \cdot \pi \cdot L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \dots \dots \dots (2.1)$$

Untuk elektroda yang ditanam tegak lurus pada kedalaman beberapa cm dari permukaan tanah (Gambar 2.1b), nilai tahanannya yaitu :

$$R = \frac{\rho_1}{2 \cdot \pi \cdot L} \left( \ln \frac{2L}{a} - 1 \right) \dots \dots \dots (2.2)$$

Untuk elektroda yang ditanam tegak lurus dekat permukaan tanah dan menembus lapisan tanah kedua (Gambar 2.1c), nilai tahanannya yaitu :

$$R = \frac{\rho_2}{2 \cdot \pi \cdot L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \dots \dots \dots (2.3)$$

Untuk elektroda yang ditanam tegak lurus pada kedalaman beberapa cm dari permukaan tanah dan menembus lapisan tanah kedua (Gambar 2.1d), nilai tahanannya yaitu :

$$R = \frac{\rho_2}{2 \pi (h-h_0)} \left( \ln \frac{2L}{a} - 1 + \frac{\ln 2}{1 + \frac{(4 \ln 2) h_0}{L}} \right) + \frac{\rho_1}{h} \phi_0 \dots (2.4)$$

$$\phi_0 = \frac{1}{2 \pi} \left( \ln \frac{1}{1-K} \right) \dots \dots \dots (2.5)$$

$$\sqrt{\left( \frac{N}{F_0} - 1 \right)^2 + 1}$$

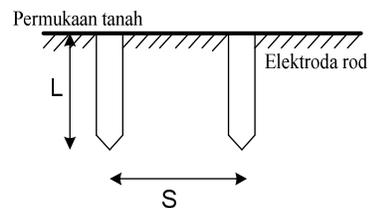
$$F_0 = \frac{L}{1 - 0,9K} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \dots \dots \dots (2.7)$$

- dimana :
- R = Tahanan dari satu batang elektroda (Ω)
  - L = Panjang batang elektroda dalam tanah (m)
  - a = Jari-jari batang elektroda (m)
  - ρ<sub>1</sub> = Tahanan jenis lapisan tanah pertama (Ω-m)
  - ρ<sub>2</sub> = Tahanan jenis lapisan tanah kedua (Ω-m)
  - h<sub>0</sub> = Kedalaman penanaman elektroda (m)
  - K = Faktor refleksi

- Dua Batang Elektroda yang Ditanam Tegak Lurus Didalam Tanah

Pada Gambar 2.2 dapat dilihat bahwa kedua batang elektroda yang berbentuk silinder dengan panjang L yang ditanam tegak lurus permukaan tanah dan dihubungkan di atas tanah dengan jarak S diantara dua batang elektroda tersebut.



Gambar 2.2. Dua elektroda batang (rod)

Rumus untuk dua batang elektroda yang ditanam tegak lurus di dalam tanah juga diturunkan oleh H.B. Dwight dengan besar tahanan pentanahan ialah :

- Untuk S < L, yaitu :

$$R = \frac{\rho}{4 \pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{S} - 2 + \frac{S^2}{2L} + \frac{S^4}{512L^3} \right) \dots \dots \dots (2.8)$$

- Untuk S > L, yaitu :

$$R = \frac{\rho}{4 \pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4 \pi S} \left( 1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} \right) \dots \dots \dots (2.9)$$

dimana :

R = Tahanan dari satu batang elektroda ( $\Omega$ )

L = Panjang batang elektroda dalam tanah (m)

S = Jarak penanaman antara kedua elektroda (m)

a = Jari-jari batang elektroda (m)

$\rho$  = Tahanan jenis tanah ( $\Omega$ -m)

➤ Beberapa Batang Elektroda Ditanam Tegak Lurus ke Dalam Tanah

Untuk jumlah konduktor yang lebih banyak, tahanan pentanahan akan lebih kecil dan distribusi tegangan akan semakin merata. Penanamannya berbentuk empat persegi panjang atau bujur sangkar dengan jarak antara batang - batang elektroda pentanahan adalah sama. Sedangkan konduktor penghubung antara batang-batang elektroda tersebut terletak di atas permukaan tanah sehingga tahananannya diabaikan. Pada kenyataannya, konduktor *rod* tersebut dihubungkan dengan peralatan yang akan ditanahkan.

• Pentanahan Kisi-Kisi (*Grid*)

Pada pentanahan *grid*, batang-batang konduktor ditanam horizontal didalam tanah. Batang-batang ini terhubung satu sama lain dan membentuk beberapa buah *mesh*.

• Pentanahan Kombinasi *Grid* dan *Rod*

Kombinasi sistem pentanahan suatu perumahan seringkali menggunakan konduktor *grid* yang disusun horizontal dengan permukaan tanah yang dibantu dengan batang-batang vertial (*rod*).

5. Bagian-Bagian Sistem Pentanahan

• Kutub Pentanahan

Kutub Pentanahan adalah komponen metal sebagai penghantar listrik yang bersentuhan dengan tanah/ditanam di dalam tanah untuk mempercepat penyerapan muatan listrik akibat petir atau tegangan lebih ke tanah. Bentuknya bermacam-macam tergantung pada keperluannya.

• Hantaran Penghubung

Hantaran Penghubung adalah metal penghubung antara kutub pentanahan dengan terminal, biasanya berupa kawat tembaga pilin/*BC draad* dengan diameter minimal 16 mm.

• Terminal Pentanahan

Terminal Pentanahan adalah terminal atau titik di mana kita hubungkan dengan perangkat kita. Biasanya berupa lempeng tembaga cukup panjangnya 15 cm, lebar 3 cm dan tebal 1 cm.

6. Cara Mengukur Tahanan Jenis Tanah

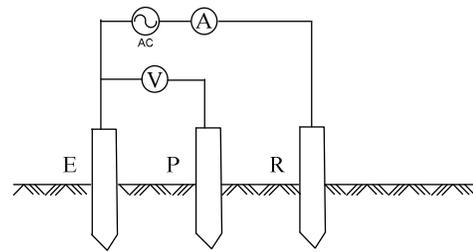
Pengukuran tahanan jenis tanah biasanya dilakukan dengan cara :

- Metode tiga titik (*three-point methode*).
- Metode empat titik (*four electrode methode*)

Metode Tiga Titik

Metode tiga titik (*three-point methode*) dimaksudkan untuk mengukur tahanan pentanahan. Misalkan tiga buah batang pentanahan dimana batang 1 yang tahananannya hendak diukur dan batang-batang 2 dan 3 sebagai batang pentanahan pembantu

yang juga belum diketahui tahananannya, seperti pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Rangkaian pengukuran tahanan jenis tanah dengan Metode tiga titik

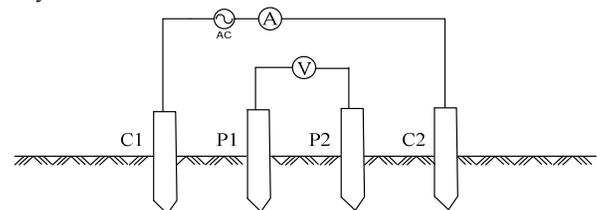
Metoda Empat Titik

Peralatan yang dibutuhkan:

- 4 kutub tanah pertolongan/batang besi
- 1 buah Amperemeter
- 1 buah Voltmeter sumberdaya AC

Cara penyambungan:

4 batang besi (sebut saja sebagai batang C1, P1, P2 dan C2) ditancapkan ke tanah dalam satu baris dengan jarak masing-masing a meter. Antara P1 dan P2 dipasang *Volt* meter, antara C1 dan C2 disambungkan dengan *Ampere* meter dan sumber daya AC 110/220 VAC.



Gambar 2.4. Metode *Wenner*

Cara pengukuran:

Sambungkan sumber daya, ukur berapa *Ampere* arus yang mengalir antara C1 dan C2, misalnya I *Ampere*. Ukur berapa beda potensial antara P1 dan P2, misalnya V (Volt). Masukkan besaran pada rumus:

$$\rho = 2 \pi a R \dots\dots\dots (2.10)$$

di mana :  $\pi = 3,14$

a = jarak antara batang besi (m)

R = V/I

**Pengukuran Tahanan Pentanahan**

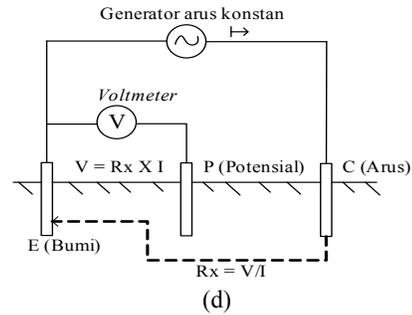
Pengukuran Tahanan Pentanahan

Untuk mengetahui apakah suatu tahanan pentanahan sesuai dengan standar, maka diperlukan pengukuran tahanan pentanahan tersebut. Pengukuran tersebut atas beberapa jenis yang secara menyeluruh disebut sebagai pengukuran tahanan pentanahan. Pengukuran yang disebut diatas adalah pengukuran tahanan pentanahan yang bertujuan mengetahui besarnya tahanan pentanahan dari beberapa kondisi tanah.

Bahan Pengukuran dan Elektroda

- **Bahan Pengukuran**  
Bahan yang digunakan dalam pengukuran ini adalah tanah dan *septictank*. Pengukuran meliputi 3 jenis kondisi tanah yaitu :
  1. Kondisi tanah berair (rawa).  
Pengukuran pada kondisi ini dilakukan di daerah Kaligawe, Semarang.
  2. Kondisi tanah liat (tanah pertanian).  
Pengukuran pada kondisi ini dilakukan di daerah Tembalang, Semarang.
  3. Kondisi tanah berbatu.  
Pengukuran pada kondisi ini dilakukan di daerah Rowosari, Semarang.
- **Elektroda**  
Elektroda yang digunakan pada pengukuran terbuat dari tembaga dengan diameter 1.5 cm yang dipasang vertikal atau ditanam di tanah dan *septictank*.

Sistem Pengukuran  
Rangkaian alat ukur pentanahan



Gambar 3.2  
a. Skema Pengukuran tahanan dengan elektroda tunggal  
b. Skema pengukuran tahanan dengan elektroda ganda  
c. Skema Pengukuran tahanan dengan elektroda tunggal di *septictank*  
d. Rangkaian Pengukuran tahanan dengan elektroda tunggal.

**Data Dan Analisis**

**Data Hasil Pengukuran**

Pengukuran tahanan yang dilakukan pada 3 kondisi jenis tanah yaitu :

- Kondisi tanah berair (rawa).
- Kondisi tanah liat (tanah pertanian).
- Kondisi tanah berbatu.

Dari hasil pengukuran pada 3 kondisi tanah diatas telah diperoleh data sebagai berikut :

- Tahanan pentanahan dengan elektroda tunggal yang ditanam di tanah dengan kedalaman bervariasi.
- Tahanan pentanahan dengan elektroda ganda yang ditanam di tanah dengan kedalaman bervariasi.
- Tahanan pentanahan dengan elektroda tunggal yang ditanam di *septictank* dengan kedalaman bervariasi.

Pengukuran dilakukan pada temperatur 28-30° C

1. Pengukuran tahanan pentanahan dengan elektroda tunggal yang ditanam di tanah dengan kedalaman bervariasi.

Data-data hasil pengukuran tahanan pentanahan dengan elektroda tunggal yang ditanam di tanah dengan kedalaman bervariasi ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil pengukuran tahanan dengan elektroda tunggal ditanam di tanah

Kondisi Tanah	Jarak Elektroda Bantu (m)	Tahanan (Ω)				
		0,3 m	0,4 m	0,5 m	0,6 m	0,7 m
Tanah Rawa	6	3,34	2,14	1,71	1,64	1,20
Tanah Liat	6	76	48	25,5	19	15,5
Tanah Berbatu	6	1339	714	538	399,37	359,3

2. Pengukuran tahanan pentanahan dengan elektroda ganda yang ditanam di tanah dengan kedalaman bervariasi.

Data-data hasil pengukuran tahanan pentanahan dengan elektroda tunggal yang ditanam di tanah dengan kedalaman bervariasi untuk  $S < L$  ditunjukkan pada 4.2

Tabel 4.2 Hasil pengukuran tahanan dengan elektroda ganda dengan  $S > L$  ditanam di tanah

Kondisi Tanah	S (m)	Jarak Elektroda Bantu (m)	Tahanan ( $\omega$ )				
			0,3 m	0,4 m	0,5 m	0,6 m	0,7 m
Tanah Rawa	0,8	6	1,58	1,22	1,00	0,85	0,72
Tanah Liat	0,8	6	32,5	23,0	17,0	12,0	9,7
Tanah Berbatu	0,8	6	433	281	241,9	204,7	182,8

Data-data hasil pengukuran tahanan pentanahan dengan elektroda tunggal yang ditanam di tanah dengan kedalaman bervariasi untuk  $S > L$  ditunjukkan pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil pengukuran tahanan dengan elektroda ganda dengan  $S < L$  ditanam di tanah :

Kondisi Tanah	S (m)	Jarak Elektroda Bantu (m)	Tahanan ( $\omega$ )				
			0,3 m	0,4 m	0,5 m	0,6 m	0,7 m
Tanah Rawa	0,2	6	2,08	1,44	1,07	0,87	0,74
Tanah Liat	0,2	6	41,20	27,50	19,70	13,40	9,80
Tanah Berbatu	0,2	6	537	372	245	202,3	169,4

3. Pengukuran tahanan pentanahan dengan elektroda tunggal yang ditanam di *septictank* tanah dengan kedalaman bervariasi.

Data-data hasil pengukuran tahanan pentanahan dengan elektroda tunggal yang ditanam di tanah dengan kedalaman bervariasi ditunjukkan pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil pengukuran tahanan dengan elektroda tunggal ditanam di *septictank*.

Kondisi Tanah	Jarak Elektroda Bantu (m)	Tahanan ( $\omega$ )				
		0,7 m	0,9 m	1,1 m	1,3 m	1,5 m
Tanah Rawa	6	2,1	1,6	1,33	0,92	0,81
Tanah Liat	6	18	13,8	10	8,7	7,3
Tanah Berbatu	6	64	52	32	25	21

Analisis dan Perhitungan Pengaruh Kedalaman Elektroda Yang Ditanam Di tanah Terhadap Tahanan Pentanahan

Struktur dan karakteristik tanah merupakan salah satu faktor yang mutlak diketahui karena mempunyai kaitan erat dengan perencanaan sistem pentanahan yang akan digunakan. Nilai tahanan jenis tanah harganya bermacam-macam, tergantung pada komposisi tanahnya. Batasan atau pengelompokan tahanan jenis dari berbagai macam jenis tanah pada kedalaman tertentu tergantung pada beberapa hal antara lain

pengaruh temperatur, pengaruh kelembaban, dan pengaruh kandungan kimia

Secara teori untuk tanah pada kondisi tanah yang sama, semakin dalam penanaman elektroda, tahanan tanah dan tahanan jenis tanah akan menurun karena semakin dekat dengan air tanah yang berpengaruh dengan kelembaban yang nantinya berpengaruh terhadap konduktivitas. Berdasarkan rumus juga terlihat bahwa tahanan tanah sebanding dengan tahanan jenis dan berbanding terbalik dengan kedalaman penanaman elektroda.

Semakin dalam kedalaman elektroda yang tertanam maka nilai tahanan pentanahan semakin rendah. Hal ini terjadi juga pada semua kondisi tanah yang berbeda-beda (rawa, tanah liat, tanah berbatu). Hanya saja besarnya nilai tahanan pada elektroda ganda dengan  $S > L$  ini berbeda dibandingkan dengan nilai tahanan dari pengukuran elektroda tunggal dimana nilai tahanan pada kondisi ini lebih rendah.

Tahanan pentanahan dengan elektroda ganda yang tertanam pada kondisi  $S < L$  juga mengalami penurunan nilai tahanan jika kedalaman elektroda dari kedua elektroda tersebut tertanam semakin dalam. Hanya saja pada elektroda ganda dengan  $S < L$  mempunyai nilai lebih besar dari nilai tahanan dengan elektroda ganda pada kondisi  $S > L$  tetapi nilai tahanan pada kondisi ini lebih kecil dari nilai tahanan dengan menggunakan elektroda tunggal. Penurunan nilai tahanan ini terjadi pada ketiga jenis tanah yang berbeda.

Analisis Elektroda Tunggal Yang Ditanam Di *septictank*

Pada kondisi ini kedalaman penanaman elektroda sangat berpengaruh pada hasil pengukuran tahanan pentanahan. Nilai tahanan di *septictank* kemungkinan bisa berubah-ubah sesuai dengan volume debit air pada *septictank* tersebut. Bila dibandingkan dengan nilai tahanan elektroda yang tertanam pada jenis tanah liat dan tanah rawa, tahanan di *septictank* bernilai lebih besar walau-pun penanaman elektroda ditanam lebih dalam.

Penyebaran tegangan pada *septictank* terbatas hanya sebatas luas *septictank* tersebut. Faktor lain yang mempengaruhi perbedaan nilai tahanan dibanding *septictank* diantaranya adanya pembatasan antara *septictank* dan tanah yaitu adonan semen yang mempengaruhi tingkat kelembaban tanah, yang perlu diperhatikan juga adanya perbedaan temperatur antara tanah disekitar dengan temperatur di dalam *septictank* sehingga nilai tahanan di *septictank* lebih besar dibandingkan dengan yang tertanam langsung di tanah. Untuk tahanan dengan elektroda tertanam di *septictank* di tanah berbatu bernilai lebih rendah dikarenakan kelembaban tanah disekitar lebih rendah sehingga tidak berpengaruh langsung terhadap nilai tahanan di *septictank*

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran tahanan pentanahan dan analisis, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tahanan elektroda pentanahan untuk satu batang rod akan semakin kecil bila elektroda tersebut ditanam semakin dalam dari permukaan tanah baik yang tertanam di tanah ataupun tertanam di septictank.
2. Untuk dua batang elektroda, bila jarak antara keduanya menjadi lebih besar dari panjang elektroda nilai tahanan total pentanahan akan semakin kecil
3. Bila elektroda yang tertanam berjumlah ganda, tahanan pentanahannya semakin kecil.
4. Nilai tahanan pentanahan bernilai paling kecil yaitu pada kondisi jenis tanah rawa dibandingkan pada kondisi tanah liat dan nilai tahanan pentanahan pada kondisi tanah liat lebih kecil dibandingkan dengan tanah berbatu.
5. Nilai tahanan pentanahan berbanding lurus dengan nilai tahanan jenis tanah jadi bila nilai tahanan pentanahan kecil maka nilai tahanan jenis tanah juga kecil.

## Daftar Pustaka

2. Badan Standarisasi Nasional BSN, *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir*
3. Badan Standarisasi Nasional BSN, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*
4. Dibyantoro, Primastro, *Perencanaan Sistem pentanahan Pada Gardu Induk*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip, Semarang, 2003.
5. Hutauruk, T.S, *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*. Erlangga, Jakarta, 1991.
6. Lanzoni, Joseph, *Designing for a Low Resistance Earth Interface (Grounding)*, Lighting Eliminators and Consultants Inc. : Colorado, USA.
7. Marsudi, Djiteng, *Pembangkitan Energi Listrik*, Erlangga: Jakarta, 2005.
8. Mueller, Jerome F, *Standard Application of Electrical Details*, McGraw Hill Book Company: United States of America, . 1984.
9. Munandar, A.Aris, Dr, MSc. Dan Susumu Kawahara, Dr. *Teknik Tenaga Listrik II, Transmisi Distribusi*. Pradnya Paramita: Jakarta.
10. Pabla, AS, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Erlangga: Jakarta, 1994
11. Stauffer, Brooke, *Grounding Electrodes and Grounding Electrode Systems*, 2008.
12. Sverko, Elvis, *Ground Measuring Techniques: Electrode Resistance To Remote Earth & Soil Resistivity*, ERICO, Inc. Facility Electrical Protection, U.S.A, 1999 .
13. Swenson, David, *Electrical Resistance and Resistivity*, Nelson Publishing Inc, 2003.
14. Tadjuddin,, *Elektroda Batang Mereduksi Tahanan*, Ujung Pandang, 1998.
15. Technical Brief, *Resistivity, Resistance, Resistance to Ground*, USA, 1990.