

ANALISIS PERBANDINGAN NILAI TAHANAN PENTANAHAN YANG DITANAM DI TANAH DAN DI SEPTICTANK PADA PERUMAHAN

Arif Dermawan*, Ir. Juningtyastuti**, Abdul Syakur, S.T.,M.T.**
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

Abstrak - Sistem pentanahan bertujuan untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik maupun manusia yang berlokasi di sekitar gangguan dengan cara mengalirkan arus gangguan ke tanah. Salah satu faktor untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang kecil yaitu letak elektroda yang akan ditanam. Untuk mengetahui nilai pentanahan tersebut maka diperlukan pengukuran.

Salah satu unsur yang perlu diperhatikan dalam pengukuran suatu sistem pentanahan adalah kondisi tanah di daerah dimana sistem pentanahan tersebut akan dipasang. Pengukuran dilakukan menggunakan metode tiga titik dengan menancapkan elektroda batang di tanah dan septictank pada 3 jenis kondisi tanah berbeda dengan kedalaman bervariasi. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui besarnya tahanan pentanahan pada tanah dan septictank dengan kondisi tanah yang berbeda.

Dari hasil analisis diperoleh kesimpulan bahwa nilai tahanan pentanahan sangat dipengaruhi oleh kedalaman elektroda yang ditanam, jumlah elektroda, jarak antar elektroda dan kondisi tanah dimana elektroda tersebut ditanam.

Kata kunci : elektroda, septictank, tahanan pentanahan, tanah.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejalan berkembangnya jaman dan semakin sempitnya tanah yang dapat digunakan maka pembangunan perumahan di wilayah Indonesia mengalami kendala pada perluasan bangunan. Sehingga pembangunan perumahan cenderung keatas atau bertingkat sebagai solusi menghadapi permasalahan tersebut. Bangunan bertingkat lebih rawan mengalami gangguan baik gangguan secara mekanik maupun gangguan alam. Salah satu gangguan alam yang sering terjadi adalah sambaran petir.

Untuk melindungi dan mengurangi dampak kerusakan akibat sambaran petir 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.

1.2 Tujuan

Tujuan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui nilai tahanan dengan elektroda yang tertanam di tanah pada kondisi jenis tanah yang berbeda, untuk mengetahui nilai tahanan dengan elektroda yang tertanam di *septictank* pada kondisi jenis tanah yang berbeda dan untuk membandingkan nilai tahanan pentanahan dengan elektroda yang tertanam di tanah dan elektroda yang tertanam di *septictank*

* Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNDIP

** Staf Pengajar Teknik Elektro UNDIP

1.3 Pembatasan Masalah

1. Pengukuran dilakukan di tanah dan *septic tank*.
2. Pengukuran dilakukan pada 3 jenis tanah yaitu rawa, tanah berbatu, tanah liat.
3. *Septic tank* terbuat dari semen dengan mengabaikan ketebalan dan kedalaman *septic tank*.
4. Diasumsikan bahwa lapisan-lapisan tanahnya homogen.

II. DASAR TEORI

2.1 Umum

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.

2.2 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 m³. Untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang kecil diperlukan upaya sebagai berikut, mengetahui tahanan jenis tanah, kemudian membuat bentuk kutub tanah yang sesuai.

2.2.1 Pengaruh Iklim

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

2.2.2 Pengaruh Suhu

Temperatur tanah sekitar elektroda pembedaan 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.

2.3 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.

2.4 Jenis Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan yang menggunakan elektroda pentanahan yang ditanam langsung ke dalam tanah terdiri dari berbagai macam cara, antara lain: jenis pentanahan *rod*, jenis pentanahan *grid*, pentanahan kombinasi *grid-rod*.

2.4.1 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*.

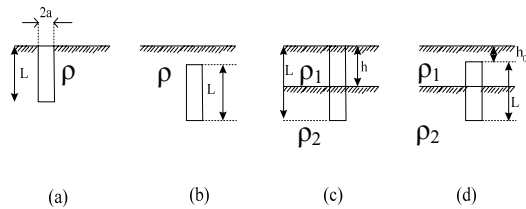
2.4.2 Pentanahan Rod

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.

2.4.2.1 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 :

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

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

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

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

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

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

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

$$\phi_0 = \frac{\frac{1}{2\pi} \left(\ln \frac{1}{1-K} \right)}{\sqrt{\left(\frac{N}{F_0} - 1 \right)^2 + 1}} \quad (2.5)$$

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

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

dengan :

R = Tahanan dari satu batang elektroda (Ω)

L = Panjang batang elektroda dalam tanah (m)

a = Jari-jari batang elektroda (m)

ρ_1 = Tahanan jenis lapisan tanah pertama (Ω -m)

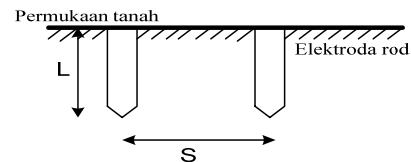
ρ_2 = Tahanan jenis lapisan tanah kedua (Ω -m)

h_0 = Kedalaman penanaman elektroda (m)

K = Faktor refleksi

2.4.2.2 Dua Batang Elektroda yang ditanam Tegak Lurus ke dalam 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 :

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{S} - 2 + \frac{S}{2L} + \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} \right) \quad (2.8)$$

- Untuk $S > L$, yaitu :

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

dengan :

R = Tahanan dari satu batang elektroda (Ω)

L = Panjang batang elektroda dalam tanah (m)

S = Jarak penanaman antara kedua elektroda (m)

a = Jari-jari batang elektroda (m)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω -m)

2.4.2.3 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 tahanannya diabaikan. Pada kenyataannya, konduktor *rod* tersebut dihubungkan dengan peralatan yang akan ditanahkan.

2.4.3 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*.

2.4.4 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 vertikal (*rod*)

2.5 Bagian-bagian Sistem Pentanahan

2.5.1 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.

2.5.2 Hantaran Penghubung

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

2.5.3 Terminal Pentanahan

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

2.6 Cara Mengukur Tahanan Jenis Tanah

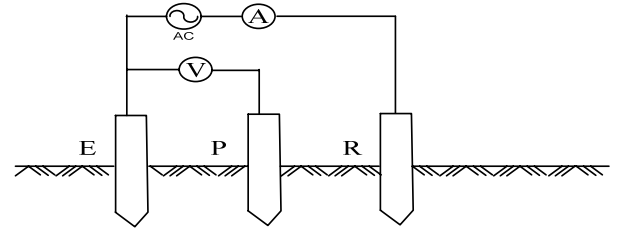
Pengukuran tahanan jenis tanah biasanya dilakukan dengan cara :

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

2.6.1 Metode Tiga Titik

Metode tiga titik (*three-point methode*) dimaksudkan untuk mengukur tahanan pentanahan. Misalkan tiga buah batang

pentanahan dimana batang 1 yang tahanannya hendak diukur dan batang-batang 2 dan 3 sebagai batang pengentanan pembantu yang juga belum diketahui tahanannya, seperti pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Rangkaian pengukuran tahanan jenis tanah dengan Metode tiga titik

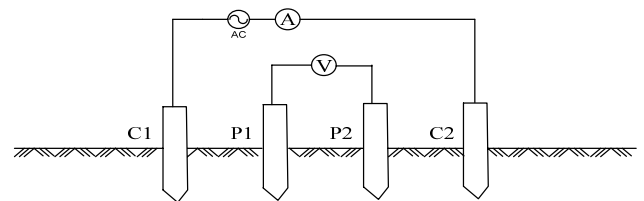
2.6.2 Metoda Empat Titik

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:

$$Rho = 2 \pi a R \quad (2.10)$$

di mana $\pi = 3,14$

a = jarak antara batang besi

$$R = V/I$$

II. PENGUKURAN TAHANAN PENTANAHAN

3.1 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.

3.2 Bahan Pengukuran dan Elektroda

3.2.1 Bahan Pengukuran

Bahan yang digunakan dalam pengukuran ini adalah tanah dan *septic tank*. 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.

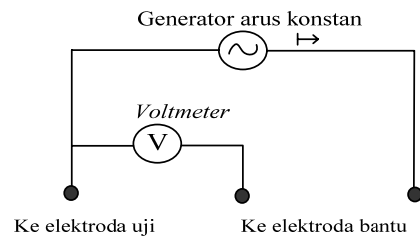
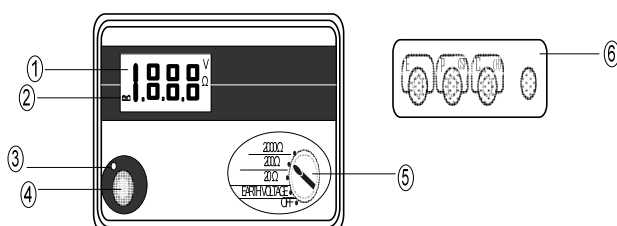
3.2.2 Elektroda

Elektroda yang digunakan pada pengukuran terbuat dari tembaga dengan diameter 1,5 cm yang dipasang vertikal atau ditanam di tanah dan *septic tank*.

3.3 Peralatan Pengukuran

Peralatan-peralatan yang diperlukan dalam proses pengukuran tahanan pentanahan, antara lain :

1. *Earth Resistance Tester*
Dengan data sebagai berikut :
 - Merk : KYORITSU
 - Sumber tenaga : 9V DC jenis baterai R6P (SUM-3) x 6
 - Jenis : *Digital Earth Resistance Tester* 4105A
 - Alat ini berfungsi untuk menampilkan nilai tahanan pentanahan yang terukur dengan kemampuan mengukur sampai 1999Ω (*ohm*). Skema gambar *Earth Resistance Tester* ini ditunjukkan pada gambar 3.1.



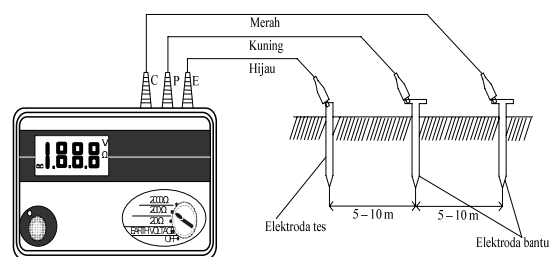
1. LCD penampil nilai ukur.
 2. Simbol baterai dalam keadaan lemah.
 3. LED indicator (berwarna hijau).
 4. Tombol uji untuk mengunci.
 5. Terminal pengukuran.
- Gambar 3.1 *Digital Earth Resistance Tester* 4105A
Keterangan :

2. Elektroda batang Bantu
Yang berfungsi sebagai pembanding dari elektroda utama untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan.
3. Meteran
Alat untuk mengukur jarak antar elektroda dan kedalaman elektroda.
4. Kabel penghubung
Kabel penghubung berfungsi untuk menghubungkan *Earth Resistance Tester* dengan elektroda uji dan elektroda bantu.
5. Martil
Martil ini adalah alat yang digunakan untuk membantu menanam elektroda ke dalam tanah.

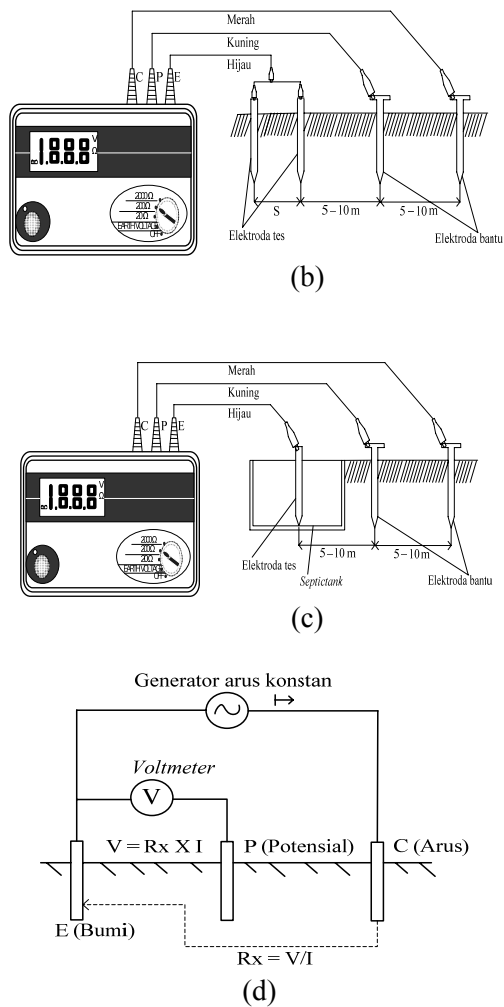
3.4 Sistem Pengukuran

3.4.1 Rangkaian Ukur

Rangkain alat ukur pentanahan



(a)



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 *septic tank*
 (d) Rangkaian pengukuran tahanan dengan elektroda tunggal

3.4.2 Prosedur Pengukuran

3.4.2.1 Perencanaan Tahapan Pengukuran Tahanan Pentanahan dengan Elektroda ditanam di tanah

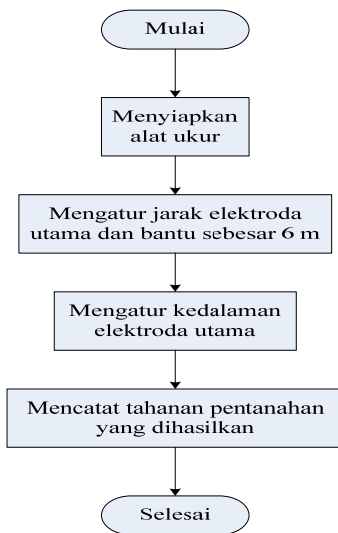
Perencanaan pengukuran tahanan pentanahan elektroda batang dengan kedalaman bervariasi dilakukan dengan 2 metode yaitu :

a. Perencanaan tahapan pengukuran tahanan pentanahan dengan elektroda ditanam di tanah menggunakan elektroda tunggal

Pengukuran tahanan pentanahan elektroda batang tunggal dengan kedalaman bervariasi dilakukan dengan tahapan pengukuran sebagai berikut :

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan.
2. Mengecek 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 3.2 (a) 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.
4. Menentukan jarak antar elektroda bantu minimal 5 meter dan maksimal 10 meter.
5. Mengukur tegangan tanah dengan 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 utama yang berbeda dengan langkah 3, 7, 8, 9.
11. Tahapan yang sama untuk kondisi tanah yang berbeda.

Diagram alir proses pengukuran tahanan pentanahan dengan elektroda batang tunggal ditanam di tanah adalah :



Gambar 3.3 Diagram alir proses pengukuran tahanan pentanahan dengan elektroda batang tunggal

b. Perencanaan tahapan pengukuran tahanan pentanahan elektroda ditanam di tanah menggunakan elektroda ganda

Pengukuran tahanan pentanahan dengan elektroda batang ganda menggunakan 2 metode yaitu panjang elektroda utama (L) < jarak antar elektroda utama (S) dan panjang elektroda utama (L) > jarak antar elektroda utama (S).

Pengukuran tahanan pentanahan dengan elektroda batang ganda dengan kedalaman bervariasi dilakukan dengan tahapan pengukuran sebagai berikut :

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan.
2. Mengecek 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 3.2 (b) 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.
4. Menentukan jarak antar elektroda bantu minimal 5 meter dan maksimal 10 meter.
5. Menentukan jarak antar elektroda utama (L) < (S).
6. Mengukur tegangan tanah dengan 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.

7. 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.
8. Melakukan pengukuran. Mensetting *range switch* ke posisi yang diinginkan dan tekan tombol " *PRESS TO TEST* " selama beberapa detik.
9. Mencatat nilai ukur tahanan yang muncul dari *Digital Earth Resistance Tester*.
10. Mengembalikan posisi tombol " *PRESS TO TEST* " ke posisi awal.
11. Melakukan pengujian tahanan untuk kedalaman elektroda utama yang berbeda dengan langkah 3, 7, 8, 9.
12. Kembali ke langkah 1 sampai langkah 11 untuk pengukuran tahanan pentanahan dengan jarak antar elektroda utama (L) > (S).
13. Tahapan yang sama untuk kondisi tanah yang berbeda.

3.4.2.2 Perencanaan Tahapan Pengukuran Tahanan Pentanahan dengan Elektroda ditanam di *septic tank*

Pada tahapan ini dilakukan pengukuran hanya dengan menggunakan elektroda batang tunggal saja. Pengukuran tahanan pentanahan dengan elektroda batang tunggal di *septic tank* dengan kedalaman bervariasi dilakukan dengan tahapan pengukuran sebagai berikut :

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan.
2. Mengecek 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 3.2 (c) dengan menanam elektroda utama dan elektroda bantu.
4. Menentukan jarak antar elektroda bantu minimal 5 meter dan maksimal 10 meter.

5. Mengukur tegangan tanah dengan 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 utama yang berbeda dengan langkah 3, 7, 8, 9.
11. Tahapan yang sama untuk *septic tank* pada kondisi tanah yang berbeda.

Diagram alir proses pengukuran tahanan pentanahan dengan elektroda batang tunggal di *septic tank* adalah :



Gambar 3.4 Diagram alir proses pengukuran tahanan pentanahan dengan elektroda batang tunggal di *septic tank*.

IV. DATA DAN ANALISIS

4.1 Data Hasil Pengukuran

Pengukuran tahanan yang dilakukan pada 3 kondisi jenis tanah yaitu :

1. Kondisi tanah berair (rawa).
2. Kondisi tanah liat (tanah pertanian).
3. Kondisi tanah berbatu.

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

1. Tahanan pentanahan elektroda tunggal yang ditanam di tanah dengan kedalaman bervariasi.
2. Tahanan pentanahan elektroda ganda yang ditanam di tanah dengan kedalaman bervariasi.
3. Tahanan pentanahan elektroda tunggal yang ditanam di *septic tank* dengan kedalaman bervariasi.

Pengukuran dilakukan pada temperatur 28° C-30° C

4.1.1 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
Rawa	6	3,34	2,14	1,71	1,64	1,2
Tanah Liat	6	76	48	25,5	19	15,5
Tanah Berbatu	6	1339	714	538	399,37	359,3

4.1.2 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 tabel 4.2.

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

Kondisi Tanah	S (m)	JEB (m)	Tahanan (Ω)				
			0,3 m	0,4 m	0,5 m	0,6 m	0,7 m
Rawa	0,8	6	1,58	1,22	1	0,85	0,72
Tanah Liat	0,8	6	32,5	23	17	12	9,7
Tanah Berbatu	0,8	6	433	281	240,96	204,73	182,81

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)	JEB (m)	Tahanan (Ω)				
			0,3 m	0,4 m	0,5 m	0,6 m	0,7 m
Rawa	0,2	6	2,08	1,44	1,07	0,87	0,74
Tanah Liat	0,2	6	41,2	27,5	19,7	13,4	9,8
Tanah Berbatu	0,2	6	537	372	254	202,3	169,4

4.1.3 Pengukuran tahanan pentanahan elektroda tunggal yang ditanam di *septic tank* 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 *septic tank*.

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

4.2 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.

4.2.1 Analisis Elektroda Tunggal yang ditanam di *septic tank*

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

Penyebaran tegangan pada *septic tank* terbatas hanya sebatas luas *septic tank* tersebut. Faktor lain yang mempengaruhi perbedaan nilai tahanan dibanding *septic tank* diantaranya adanya pembatas antara *septic tank* dan tanah yaitu adonan semen yang mempengaruhi tingkat kelembaban tanah, yang perlu

diperhatikan juga adanya perbedaan temperatur antara tanah disekitar dengan temperatur di dalam *septic tank* sehingga nilai tahanan di *septic tank* lebih besar dibandingkan dengan yang tertanam langsung di tanah.

Untuk tahanan dengan elektroda tertanam di *septic tank* di tanah berbatu bernilai lebih rendah dikarenakan kelembaban tanah disekitar lebih rendah sehingga tidak berpengaruh langsung terhadap nilai tahanan di *septic tank*

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Tahanan elektroda pentanahan untuk elektroda tunggal maupun ganda akan bernilai semakin kecil bila elektroda tersebut ditanam semakin dalam dari permukaan tanah baik yang tertanam di tanah ataupun tertanam di *septic tank*.
2. Untuk dua batang elektroda, bila jarak antara kedua elektroda menjadi lebih besar dari panjang elektroda, maka nilai tahanan total pentanahan akan semakin kecil.
3. Nilai tahanan pentanahan yang bernilai paling kecil untuk elektroda yang tertanam di tanah dan *septic tank* 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.
4. Khusus penanaman elektroda batang tunggal pada kondisi jenis tanah berbatu, memiliki nilai tahanan yang lebih rendah jika terpasang pada *septic tank* dibandingkan tertanam di tanah.

5.2 Saran

1. Pengukuran dan analisis bisa dikembangkan dengan metode kondisi tanah dan jenis elektroda yang lain.
2. Jika akan memasang elektroda pentanahan dengan elektroda di *septic tank* perlu dipertimbangkan faktor keselamatan, karena jika terjadi sambaran petir maka ada kemungkinan *septic tank* akan meledak akibat dilewati arus gangguan petir, sehingga untuk mengatasi masalah ini, sebaiknya penanaman elektroda tersebut tertanam di tanah didasar *septic tank* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

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

**Biodata Penulis****Arif Dermawan (L2F303424)**

Dilahirkan di Jakarta tanggal 15 September 1981. Saat ini sedang menyelesaikan studi S1 pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Diponegoro konsentrasi Tenaga.

Menyetujui dan Mengesahkan

Pembimbing I

Ir. Juningtyastuti

NIP. 131 285 569

Tanggal

Pembimbing II

Abdul Syakur, S.T, M.T

NIP. 132 231 132

Tanggal