

**PENGARUH JARAK PROBE PEMBANTU  
DENGAN ELEKTRODA BATANG TERHADAP  
HASIL PENGUKURAN TAHANAN PEMBUMIAN**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana*

**Disusun Oleh :**

**MAROLOP PARDOMUAN PENGABEAN**

**NIM : 07 812 0009**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2011**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

## ABSTRAK

Prosedur pengukuran tahanan pembumian yang baik dan benar perlu diperhatikan, guna memperoleh hasil pengukuran yang akurat yang nantinya dapat dijadikan acuan dalam perencanaan suatu sistem pembumian yang baik sesuai kebutuhan dan standar (PUIL 2000).

Dalam Tugas Akhir ini, dilakukan pengukuran tahanan pembumian di Tanah Ladang, Pasir Basah, dan Tanah Rawa. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Earth Tester* analog dengan menggunakan metode 3 titik, dimana jarak antar probe E ke C adalah 20 meter dan E ke P adalah 0 - 20 meter. Beberapa percobaan dilakukan guna membuktikan metode tersebut terhadap pengaruh dari jarak pada beberapa jenis tanah terhadap hasil pengukuran tahanan pembumian. Tahanan pembumian untuk Tanah Ladang yang diperoleh dengan pengukuran rata-rata sebesar 11  $\Omega$ . Pengukuran untuk Pasir Basah rata-rata 1,1  $\Omega$ . Pengukuran untuk Tanah Rawa rata-rata 2,06  $\Omega$ . Dengan menggunakan jarak minimal 5 meter untuk probe pembantu P dan minimal 10 meter untuk probe pembantu C terhadap elektroda pembumian E, maka didapat hasil pengukuran tahanan pembumian yang akurat pada ketiga jenis tanah tersebut, karena berada di luar dua daerah tahanan efektif, dalam hal ini probe pembantu P diletakkan pada daerah datar dari kurva.

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Batasan Masalah.....	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	2
1.4. Metodologi Penelitian .....	3
1.5. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1. Teori .....	5
2.2. Fungsi Pembumian .....	8
2.2.1. Faktor yang Mempengaruhi Tahanan Elektroda Pembumian .....	9
2.3. Satu Buah Elektroda Batang Ditanam Vertikal ke Dalam Tanah .	10
2.4. Beberapa Elektroda Batang ( <i>Meltiple Rod</i> ) yang Ditanam Vertikal ke Dalam Tanah .....	15
2.5. Tahanan Jenis Tanah .....	17
2.5.1. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tahanan Jenis Tanah .	19
2.5.1.1. Jenis Tanah .....	20
2.5.1.2. Lapisan Tanah .....	21
2.5.1.3. Kelembaban Tanah .....	21
2.5.1.4. Temperatur .....	21

2.6. Metode Pengukuran Tahanan Pembumian dan Tahanan Jenis Tanah	24
2.6.1. Teori	24
2.6.2. Metode Pengukuran Tahanan Pembumian	24
2.6.2.1. Metode Dua Titik	25
2.6.2.2. Metode Tiga Titik	25
2.6.2.3. Metode <i>Fall Of Potensial</i>	27
2.6.3. Metode Pengukuran Tahanan Jenis Tanah	30
2.6.3.1. Susunan Wenner	30
2.6.3.2. Susunan Schlumberger	31
2.6.3.3. Metode <i>Driven Rod</i>	33

### BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Pengambilan Data	35
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	35
3.3. Metodologi Penelitian	36

### BAB IV HASIL PENGUKURAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum	40
4.2. Hasil Pengukuran Tahanan Pembumian pada Tanah Ladang	40
4.3. Hasil Pengukuran Tahanan Pembumian pada Pasir Basah	44
4.4. Hasil Pengukuran Tahanan Pembumian pada Tanah Rawa	47
4.5. Perbandingan Hasil Pengukuran	51

### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	54
5.2. Saran	56

DAFTAR PUSTAKA	65
----------------	----

LAMPIRAN	66
----------	----

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1.Latar belakang masalah

Kehandalan dari sebuah sistem tenaga tidak terlepas dari peran pembumian yang baik. Tujuan dari pembumian adalah untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dialiri arus dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman (tidak membahayakan) untuk semua kondisi operasi normal atau tidak normal. Hal ini dilakukan jika terjadi gangguan maka arus dapat cepat disalurkan ke tanah. Sistem pembumian yang kurang baik, berakibat timbulnya kenaikan beda potensial. Beda potensial ini timbul diantara peralatan listrik yang dibumikan dengan tanah disekitarnya sehingga membahayakan keselamatan manusia yang berada di daerah tersebut.

Guna memperoleh pembumian yang baik sesuai standar, diperlukan pengukuran tahanan pembumian yang akurat. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan pembuktian pengukuran tahanan pembumian dengan metode tiga titik untuk jarak elektroda pembumian dengan jarak probe pembantu tegangan yang diubah-ubah minimal 5 meter dan probe pembantu minimal 10 meter terhadap hasil pengukuran tahanan pembumian, sehingga dapat dilihat pengaruhnya.

## 1.2. Batasan masalah

Mengingat luasnya pembahasan tentang pembumian sistem tenaga listrik, maka untuk itu peneliti perlu membatasi masalah yang dibahas. Adapun batasan masalah dalam tulisan ini adalah meliputi:

- a. Pengujian dilakukan pada jenis Tanah Ladang, Pasir Basah, dan Tanah Rawa.
- b. Elektroda yang digunakan adalah jenis batang (*rod*).
- c. Pengukuran tahanan pembumian dilakukan dengan Metode Tiga Titik .
- d. Jarak pengukuran probe pembantu C 20 meter dan jarak probe pembantu P 0 -20 meter terhadap elektroda pembumian.
- e. Penelitian yang dilakukan pada tanah homogen.
- f. Tidak membahas cara kerja alat ukur

## 1.3. Tujuan dan manfaat penelitian

Adapun tujuan utama dari tugas akhir ini adalah untuk membuktikan pengukuran tahanan pembumian metode tiga titik dengan jarak probe pembantu tegangan yang diubah-ubah minimal 5 meter dan probe pembantu minimal 10 meter dengan elektroda batang terhadap hasil pengukuran tahanan pembumian. Sehingga dapat dijadikan acuan dalam perancangan dan pemasangan sistem pembumian yang baik sesuai standar.

## 1.4. Metodologi penelitian

### 1. Studi Literatur

Yaitu dengan mempelajari buku-buku referensi yang tersedia di perpustakaan maupun internet yang mendukung untuk penulisan tugas akhir ini.

### 2. Pengambilan Data

- a. Data jenis elektroda pbumian yang digunakan.
- b. Jenis tanah yang digunakan.
- c. Prosedur pengukuran tahanan pbumian.

### 3. Data dari hasil pengukuran tahanan pbumian untuk jarak elektroda pbumian dengan jarak probe pembantu yang diubah-ubah terhadap hasil pengukuran tahanan pbumian.

### 4. Studi Bimbingan

Yaitu dengan diskusi atau konsultasi dengan dosen pembimbing tugas akhir, dalam hal ini adalah Bapak Ir. Suwarno. MT sebagai dosen pembimbing I dan Bapak Ir. Yance Syarif sebagai dosen pembimbing II.

## 1.5. Sistematika penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

## **BAB I : PENDAHULUAN**

Berisikan Latar Belakang, Batasan Masalah, Perumusan Masalah, Tujuan dan manfaat Penelitian, Metodologi Penulisan, dan Sistematika Penulisan.

## **BAB II : DASAR TEORI**

Berisikan Umum, Fungsi Pembumian Peralatan, Satu Buah Elektroda Batang Ditanam Vertikal ke Dalam Tanah, Beberapa Elektroda Batang (*Multiple Rod*) yang Ditanam Vertikal ke Dalam Tanah, Tahanan Jenis Tanah, Metode Pengukuran Tahanan Pembumian dan Tahanan Jenis Tanah.

## **BAB III : METODE PENELITIAN**

Berisikan Lokasi Pengambilan Data, Alat dan Bahan Penelitian, Metodologi Penelitian.

## **BAB IV : HASIL PENGUKURAN DAN PEMBAHASAN**

Berisikan Umum, Hasil Pengukuran Tahanan Pembumian Pada Tanah Ladang, Pasir Basah dan Tanah Rawa, Perbandingan Hasil Pengukuran

## **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisikan Kesimpulan dan Saran.



## BAB II

### DASAR TEORI

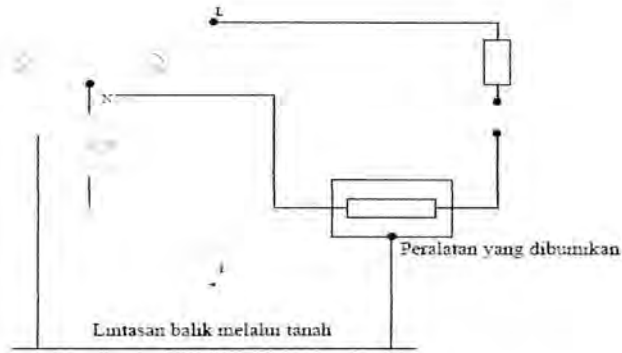


#### 2.1. Teori

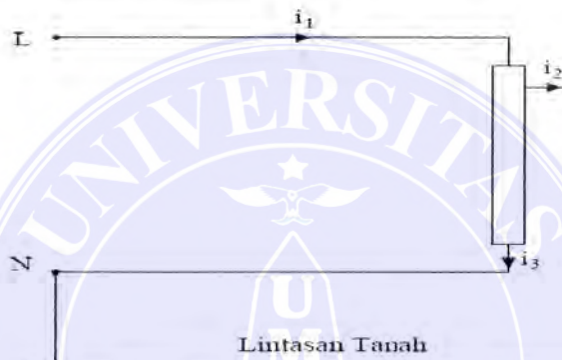
Pengukuran tahanan pembumian bertujuan untuk mendapatkan nilai tahanan pembumian yang diperlukan sebagai perlindungan pada instalasi listrik. Dengan adanya pengukuran, maka dapat diketahui seberapa besar nilai tahanan pembumian di tanah setempat yang akhirnya kita dapat menentukan sistem elektroda pembumian yang paling baik untuk jenis tanah tersebut.

Pembumian merupakan salah satu faktor utama dalam setiap pengamanan (perlindungan) rangkaian listrik. Untuk melakukan pengamanan (perlindungan) tersebut diperlukan perancangan pembumian sesuai standar yang berlaku. Dapat dilihat bahwa semua peraturan keselamatan listrik dirancang untuk mencegah bahaya-bahaya terhadap kesehatan akibat penyebab sengatan (*shock*), kebakaran atau luka lainnya pada manusia selaku pekerja atau dari adanya kebakaran pada pembangkitan, pengalihan tegangan (*transformasi*), distribusi, atau pemakaian energi listrik.

Pembumian bagian logam yang terbuka merupakan cara yang lazim dipakai terhadap efek kebocoran arus ke tanah. Lintasan Impedansi Lup Tanah dan Rangkaian Ekuivalennya dapat dilihat seperti Gambar 2.1. dan 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.1. Lintasan Impedansi Lup Tanah



Gambar 2.2. Rangkaian Ekvivalen Lup Tanah

Pada Gambar 2.2, memperlihatkan suatu rangkaian listrik yang sederhana yaitu pada titik suplai, netral dihubungkan ke tanah sehingga jika sebuah penghantar berlistrik terhubung karena ada arus bocor ke selubung logam yang ditanahkan, maka tersedia suatu lintasan pengganti untuk arus gangguan tersebut. Agar sistem pembumian dapat bekerja efektif, harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

- a. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengamanan personil dan peralatan, menggunakan rangkaian efektif.

- b. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung (*surge current*).
  - c. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk meyakinkan kontinuitas penampilannya sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
  - d. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pelayanan.
- ( Hutaeruk, T.S, 1987 : 25 )

Menurut standar PUIL 2000 untuk kabel dalam instalasi magun (terpasang tetap) yang mempunyai luas penampang tidak kurang dari 10 mm<sup>2</sup> tembaga, suatu penghantar tunggal dapat melayani baik sebagai penghantar proteksi (PE) maupun sebagai penghantar netral (N), yang disebut dengan penghantar PEN. Dengan demikian penghantar PEN nya harus dibumikan dengan tahanan pembumian total seluruh sistem  $\sum R_t \leq 5 \Omega$ , tetapi ada beberapa kondisi yang menyulitkan dalam memperoleh tahanan pembumian sesuai yang diharapkan yaitu  $\sum R_t \leq 5 \Omega$ . Apabila terjadi hal tersebut ada beberapa cara yang dapat dilakukan antara lain sistem-sistem batang paralel, sistem elektroda tanam dengan beberapa elektroda, pelat tanam, penghantar tanam dan perlakuan terhadap kondisi kimia tanah. Tetapi dalam penelitian ini yang akan diteliti adalah pembuktian metode pengukuran tiga titik untuk mengukur tahanan pentanahan dengan jarak probe pembantu dengan elektroda pembumian yang diubah-ubah terhadap nilai pengukurannya pada beberapa jenis tanah.

## 2.2. Fungsi pbumian.

Konstruksi dari elektroda bergantung dari kode daerah yang dipergunakan pada tabel 2.1 di bawah ini :

Tabel 2.1 Harga Tahanan Jenis Tanah (Hakim, Nurhajati, dkk.)

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah yang lazim ( $\Omega.m$ )	Biasanya range batas ( $\Omega.m$ )
Tanah air laut	2	0.1 - 10
Liat	40	8 - 70
Tanah Sumuar & sumber mata air	50	10 - 150
Liat dan campuran pasir	100	4 - 300
Serpil, batu-batu, pasir berbatu, dll.	120	10 - 100
Tanah gemuk/liat, lempung dan lumpur	150	5 - 250
Danau dan tidak mempunyai kantong air	250	100 - 400
Berpasir	2000	200 - 3000
Kerikil berbatu	3000	40 - 10000
Kerikil punggung bukit	15000	3000 - 30000
Granit padat	25000	10000 - 50000
Es	100000	10000 - 100000

Fungsinya untuk mengadakan sebuah resistansi yang rendah sebagai jalan menuju ke massa tanah. Elektroda pbumian dapat dilakukan dengan

memakai konduktor yang semata-mata jalan tengah untuk fungsi ini atau dengan susunan/konduktor untuk fungsi yang lain, tetapi pada dasarnya untuk kontak/penghubung dengan tanah. Akhir dari pemasangan nantinya, sambungan elektroda pbumian harus terpasang dengan kuat, agar fungsi yang diharapkan dapat tercapai. Elektroda pbumian adalah tahanan antara suatu titik yang dihubungkan ke bumi dan *remote earth*. *Remote earth* itu adalah suatu titik yang jauh dari elektroda pbumian dimana tahanan elektroda pbumian tidak naik ketika jarak dinaikkan.

### 2.2.1. Faktor yang mempengaruhi tahanan elektroda pbumian

Tahanan dari elektroda pbumian dibuat harus mengikuti beberapa komponen, antara lain:

a. Tahanan dari Material Elektroda.

Pasak yang biasanya digunakan sebagai penjepit antara elektroda batang dengan kabel yang dijepitkan untuk sambungan ke peralatan yang dibumikan memiliki tahanan yang kecil karena elektroda-elektroda pbumian ukurannya lebih besar dan memiliki penampang yang sedemikian sehingga tahanan pasak dapat diabaikan terhadap tahanan dari keseluruhan sistem pbumian.

b. Tahanan Kontak dari Elektroda dengan Tanah.

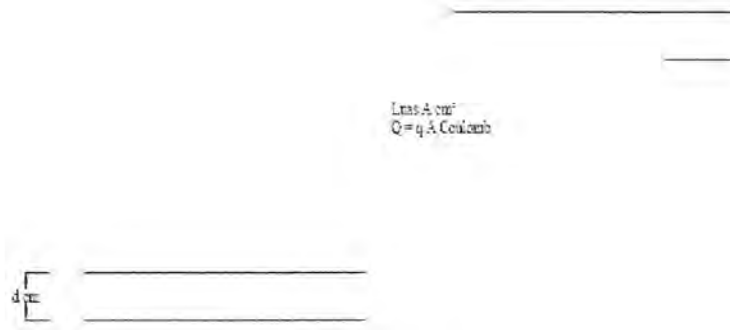
Apabila elektroda pbumian bersih dari cat atau minyak dan dipancangkan dengan kuat ke tanah, maka tahanan kontak dari elektroda dengan tanah dapat diabaikan.

c. Tahanan Dari Tanah itu Sendiri.

Lapisan tanah yang terdekat dengan elektroda pembumian yang dipancarkan ke tanah memiliki permukaan yang sempit, sehingga menghasilkan tahanan pembumian yang besar. Sedangkan pada lapisan tanah yang lain yang memiliki permukaan yang lebih luas memiliki tahanan yang lebih kecil, sehingga dapat dikatakan pada jarak tertentu ada daerah yang disebut daerah tahanan efektif yaitu suatu lapisan tanah yang tidak akan menambah tahanan pembumian di sekitar elektroda pembumian yang dipancarkan ke tanah.

### 2.3. Satu buah elektroda batang ditanam vertikal ke dalam tanah.

Dasar perhitungan tahanan pembumian adalah perhitungan kapasitansi dari susunan batang-batang elektroda pembumian dengan anggapan bahwa distribusi arus atau muatan *uniform* sepanjang batang elektroda. Hubungan tahanan dan kapasitansi dapat dijelaskan dengan suatu analogi. Analogi ini merupakan dasar perhitungan karena aliran arus masuk ke dalam tanah dari elektroda pembumian mempunyai kesamaan dengan emisi fluks listrik dari konfigurasi yang sama dari konduktor yang mempunyai muatan yang terisolir. Misalkan dua pelat konduktor dengan luas masing-masing  $A \text{ cm}^2$  dengan rapat muatan pelat masing-masing  $q/\text{cm}^2$ , dan  $-q/\text{cm}^2$ , jarak antara pelat adalah  $d \text{ cm}$ . Seperti yang ditunjukkan Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Konduktor Pelat

Jumlah garis fluks yang melalui dielektrik diantara kedua pelat adalah  $4\pi q.A$  dan kuat medannya adalah  $4\pi q$ . Maka tegangan antara kedua pelat  $V = 4\pi q.d$  Volt, jumlah muatan  $Q$  adalah  $q.A$  Coulomb.(Hutauruk, TS,1987, 138) dari hubungan :

$$C = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots(2.1)$$

diperoleh,

$$\frac{1}{C} = \frac{4\pi q.d}{q.A} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\frac{1}{C} = \frac{4\pi.d}{A} \dots\dots\dots(2.3)$$

Jika diantara ke dua pelat diletakkan tanah dengan tahanan jenis  $\rho$  (Ohm-cm), maka tahanan antara pelat adalah :

$$R = \rho \frac{d}{A} \dots\dots\dots(2.4)$$

dari Persamaan (2.3)

$$\frac{d}{A} = \frac{1}{4\pi C} \dots\dots\dots(2.5)$$

akhirnya didapat harga tahanan :

$$R = \frac{\rho}{4\pi C} \dots\dots\dots(2.6)$$

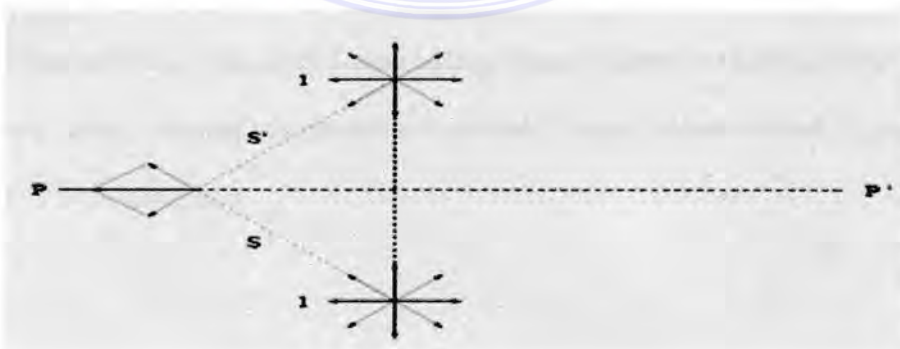
dimana :

$R$  = Tahanan (Ohm)

$C$  = Kapasitansi (Farad)

$\rho$  = Tahanan jenis tanah (Ohm-cm)

Dalam hal ini tahanan elektrodanya sendiri tidak diperhitungkan karena tahanan jenis konduktor kecil sekali dibandingkan dengan tahanan jenis tanah. Kalau kita perhatikan Persamaan (2.6), maka persoalannya adalah penentuan kapasitansi dari sistem pembumian untuk menentukan tahanan pembumiannya. Penentuan besar kapasitansi suatu sistem pembumian adalah prinsip bayangan. Prinsip bayangan secara sederhana dapat diterangkan sebagai berikut. Misalkan dua elektroda titik 1 dan 1 bermuatan yang sama besarnya di dalam media yang tak terbatas, dan juga dimisalkan arus  $I$  mengalir pada ke dua titik tersebut, Gambar 2.4. ini akan memperlihatkan prinsip bayangan.



Gambar 2.4. Prinsip Bayangan



Arus  $I$  akan mengalir ke luar dari ke dua elektroda secara radial. Suatu bidang bayangan terletak di tengah-tengah ke dua elektroda dan tegak lurus terhadap garis hubung ke dua elektroda. Karena ke dua elektroda tersebut simetris terhadap bidang bayangan. Apabila media dan elektroda pada suatu sisi dihilangkan tanpa mengubah distribusi arus dan tegangan maka bidang bayangan PP' dapat disamakan dengan permukaan tanah. Apabila bidang bayangan dianggap sebagai permukaan tanah maka potensial disebabkan oleh elektroda di bawah permukaan tanah adalah (Hutauruk, T.S, 1987,140) :

$$V = \frac{\rho}{4\pi} \left[ \frac{1}{S} + \frac{1}{S'} \right] \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

$V$  = Potensial pada permukaan tanah

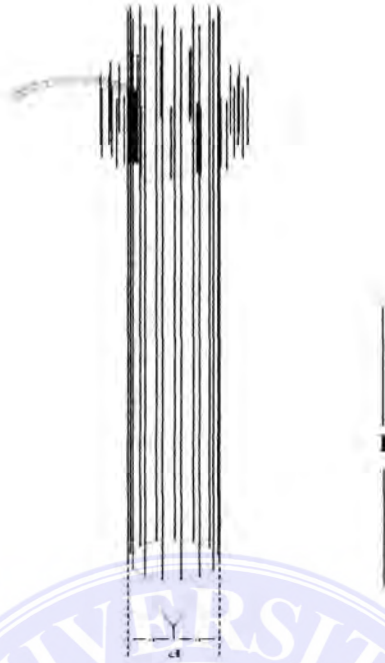
$I$  = Arus yang masuk tanah dari elektroda

$\rho$  = Tahanan jenis tanah

$S$  = Jarak elektroda terhadap permukaan tanah

$S'$  = Jarak bayangan elektroda terhadap permukaan tanah.

Menurut PUIL 2000 Elektroda batang merupakan elektroda yang terbuat dari pipa besi, baja, profil, atau batang logam lainnya yang dipancangkan ke dalam tanah. Bentuk pemasangan elektroda batang dapat dilihat seperti Gambar 2.5. di bawah ini:



Gambar 2.5. Cara pemasangan Elektroda Batang

Untuk menentukan besarnya tahanan pembumian dengan elektroda batang dipergunakan rumus sebagai berikut :(Pabla, AS, 1994, 159)

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[ \ln \frac{4L}{a} - 1 \right] \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\rho = \frac{2\pi LR}{\left[ \ln \frac{4L}{a} - 1 \right]} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

$R$  = Tahanan pembumian elektroda batang [ $\Omega$ ]

$\rho$  = Tahanan jenis tanah [ $\Omega.m$ ]

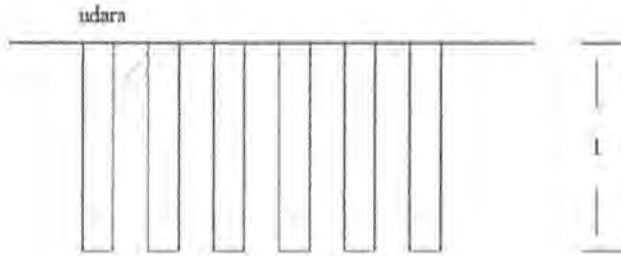
$L$  = Panjang batang yang tertanam [m]

$a$  = Jari-jari elektroda batang [m]

#### **2.4. Beberapa elektroda batang (*Meltiple Rod*) yang ditanam vertikal ke dalam tanah.**

Jika tahanan pembumian tidak bisa dicapai dengan satu elektroda pembumian, maka tahanan tersebut dapat dikurangi dengan menyambung beberapa elektroda secara paralel yang disebut juga susunan elektroda batang. Tahanan elektroda paralel yang dikombinasikan mempunyai fungsi dari beberapa faktor seperti jumlah dan susunan elektroda, jarak pisah elektroda, ukuran elektroda dan tahanan jenis tanah. Ini tidak membawa pengaruh seperti penyambungan konduktor secara horizontal dengan susunan batang. Menurut kaidah ibu jari, bahwa batang yang disusun secara paralel dapat diregangkan paling sedikit dua kali jarak batang untuk memperoleh tahanan pembumian yang maksimal dari penambahan elektroda batang tersebut.

Jika jarak pisah antara elektroda-elektroda lebih luas dari pada panjangnya, maka hanya sedikit elektroda yang terdapat pada paralel, kemudian hasil tahanan pembumian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan daripada tahanan dalam paralel karena untuk mendapatkan nilai tahanan pembumian yang kecil disarankan menanam beberapa elektroda secara paralel dengan konfigurasi kedalaman yang dalam dan jarak yang lebar. Pada prakteknya keefektifan tahanan pembumian selalu lebih tinggi dari pada perhitungan tahanan dalam paralel. Lazimnya untuk empat elektroda batang, kira-kira 2,5 sampai 3 kali panjang elektroda. Untuk susunan 8 elektroda batang biasanya 5 sampai 6 kali panjang elektroda. Gambar susunan elektroda secara paralel diperlihatkan seperti Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Susunan elektroda secara paralel

Menurut IEEE Transaction on power delivery, vol. 11, No. 3, July 1996, perhitungan tahanan pembumian untuk susunan paralel dapat dihitung dengan Persamaan (2.9)

$$R_t = \frac{\rho_1}{l} = \frac{\rho_1}{2\pi l} \left[ \ln \left[ \frac{4l}{\alpha} \right] - 1 \right] \frac{F}{N} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

$R_t$  = Tahanan Pembumian yang mempunyai beberapa elektroda [Ohm]

$\rho$  = Tahanan Jenis Tanah [Ohm-meter]

$l$  = Panjang Elektroda [Meter]

$N$  = Jumlah elektroda

$F$  = Faktor yang nilainya bervariasi menurut jumlah elektroda nilainya terdapat dalam Tabel 2.2

$$F = \frac{L}{1 - 0,9K}$$

Dimana  $K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$

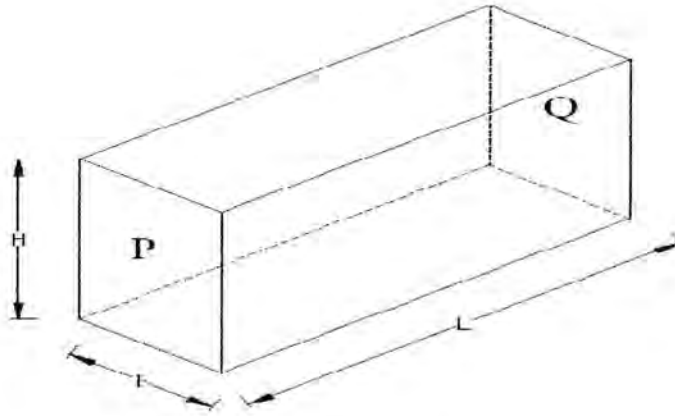
Tabel 2.2. Harga dari faktor F

Jumlah Elektroda	F
2	1.16
3	1.29
4	1.36
8	1.68
12	1.80
16	1.92
20	2.00
24	2.16

## 2.5. Tahanan jenis tanah

Tahanan jenis tanah direpresentasikan dengan notasi  $\rho$ . Pembumian itu sendiri merupakan sebuah badan yang sangat besar dapat digambarkan sebagai sebuah bak penampung yang tidak terbatas untuk mengalirkan arus ke dalam tanah dan dapat mempertimbangkan tahanan yang kecil untuk mengalirkan arus.

Tanah mempunyai tahanan yang dapat ditentukan oleh jenis dan tipe tanah, kelembaban tanah, garam konduktif dalam tanah dan temperatur tanah. Tahanan jenis tanah dapat didefinisikan sebagai tahanan dari sebuah kubus dari tanah diukur 1 meter antara dua permukaan yang berlawanan. Unit itu biasanya dinyatakan dengan ohm meter.



Gambar 2.7. Tahanan tanah

Luas  $A = B \times H$

Resistansi  $R$  antara  $P$  dan  $Q = \frac{\rho L}{A}$

Tahanan dari contoh tanah yang ditampilkan oleh Gambar 2.7. dapat diturunkan rumusnya menjadi :

$$R = \rho L/A \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

$R$  = Tahanan antara dinding  $P$  dan  $Q$  [Ohm]

$A$  = Luas dinding  $P$  dan  $Q$  [ $m^2$ ]

$L$  = Panjang dari contoh tanah [m]

$\rho$  = Massa jenis tanah [ohm-m]

Harga Tahanan Jenis Tanah dapat dilihat pada Tabel 2.3. berikut ini :

Tabel 2.3. Harga tahanan jenis tanah (Hakim, Nurhajati, dkk.)

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah yang lazim ( $\Omega.m$ )	Biasanya range batas ( $\Omega.m$ )
Tanah air laut	2	0.1 - 10
Liat	40	8 - 70
Tanah Sumuar & sumber mata air	50	10 - 150
Liat dan campuran pasir	100	4 - 300
Serpil, batu-batu, pasir berbatu, dll.	120	10 - 100
Tanah gemuk/liat, lempung dan lumpur	150	5 - 250
Danau dan tidak mempunyai kantong air	250	100 - 400
Berpasir	2000	200 - 3000
Kerikil berbatu	3000	40 - 10000
Kerikil punggung bukit	15000	3000 - 30000
Granit padat	25000	10000 - 50000
Es	100000	10000 - 100000

### 2.5.1. Faktor-faktor yang mempengaruhi tahanan jenis tanah

Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung dari beberapa faktor berikut, antara lain:

### 2.5.1.1. Jenis tanah

Tanah adalah tubuh alam (*natural body*) yang terbentuk dan berkembang sebagai akibat bekerjanya gaya-gaya alam (*natural forces*) terhadap bahan-bahan alam (*natural material*) di permukaan bumi. Tubuh alam ini dapat berdiferensiasi membentuk horizon-horizon mineral maupun organik yang kedalamannya beragam dan berbeda-beda sifatnya dengan bahan induk yang terletak di bawahnya dalam hal morfologi, komposisi kimia, sifat-sifat maupun kehidupan biologisnya.

Susunan tanah terdiri dari empat komponen utama yaitu bahan mineral, bahan organik, udara dan air tanah. Mineral inorganik di dalam tanah berasal dari pecahan-pecahan batu-batuan yang berukuran kecil serta jenis mineral lainnya. Ukuran mineral-mineral inorganik ini bervariasi dari yang berukuran kecil-seperti liat hingga berukuran besar seperti pasir dan kerikil. Sedangkan komposisi udara dan air selalu berubah-ubah, tergantung kepada cuaca dan faktor lainnya.

Jenis-jenis tanah di muka bumi ini antara lain tanah liat, berpasir, berbatu dan lain sebagainya. Untuk mengurangi variasi tahanan jenis tanah akibat pengaruh musim, pembedaan dapat dilakukan dengan menanamkan elektroda pembedaan sampai mencapai kedalaman dimana terdapat air tanah yang konstan. Tahanan jenis tanah di muka bumi ini sangat bervariasi dari 500 sampai 50.000 Ohm per  $\text{cm}^3$ . Kadang-kadang harga ini dinyatakan dalam Ohm-cm. Pernyataan Ohm-cm merepresetasikan tahanan di antara dua permukaan yang berlawanan dari suatu volume tanah yang berisi  $1 \text{ cm}^3$ .



### 2.5.1.2. Lapisan tanah

Profil tanah pada umumnya tidak mempunyai tekstur dan struktur yang sama, melainkan terdiri dari lapisan-lapisan yang berbeda susunan fisiknya. Lapisan-lapisan tersebut ada yang bersifat permeabel maupun impermeabel. Kondisi lapisan demikian sangat mempengaruhi pergerakan air dalam tanah. Lapisan keras tidak tembus air, sehingga memperlambat pergerakan air. Lapisan berpasir juga menghalangi pergerakan air dari lapisan yang bertekstur halus. Tanah pada tempat penelitian ini adalah homogen.

### 2.5.1.3. Kelembaban tanah

Kondisi kelembaban tanah sangat bergantung dari kadar air tanah yang terkandung di dalamnya. Tanah yang lembab biasanya berada pada daerah dataran rendah dan daerah tersebut memiliki curah hujan yang tinggi, sehingga tanah tersebut banyak kandungan airnya.

### 2.5.1.4. Temperatur

Iklim pada suatu daerah tempat pengujian dipengaruhi oleh curah hujan dan temperatur. Kedua faktor ini menentukan reaksi-reaksi kimia dan sifat fisis di dalam tanah. Secara tidak langsung curah hujan juga mempengaruhi reaksi tanah. Curah hujan yang tinggi terutama di daerah Indonesia yang beriklim tropis dapat mencuci kation-kation basa dari lapisan permukaan tanah (*top soil*) ke lapisan tanah yang lebih dalam, akibatnya *top soil* lebih banyak didominasi oleh ion-ion Al dan H, sebagai akibatnya PH tanah akan turun pada *top soil* sampai mencapai nilai 4,5 atau di bawahnya lagi. Di daerah-daerah tropis beriklim basah

gerakan-gerakan air tanah turut membasuh sejumlah kation yang dapat dipertukarkan. Kation-kation basa itu digantikan oleh H dan peristiwa ini akan menurunkan persen jenuh basa tanah. Adapun PH tanah sesuai dengan keadaan tanah dapat dilihat pada tabel 2.4 sebagai berikut :

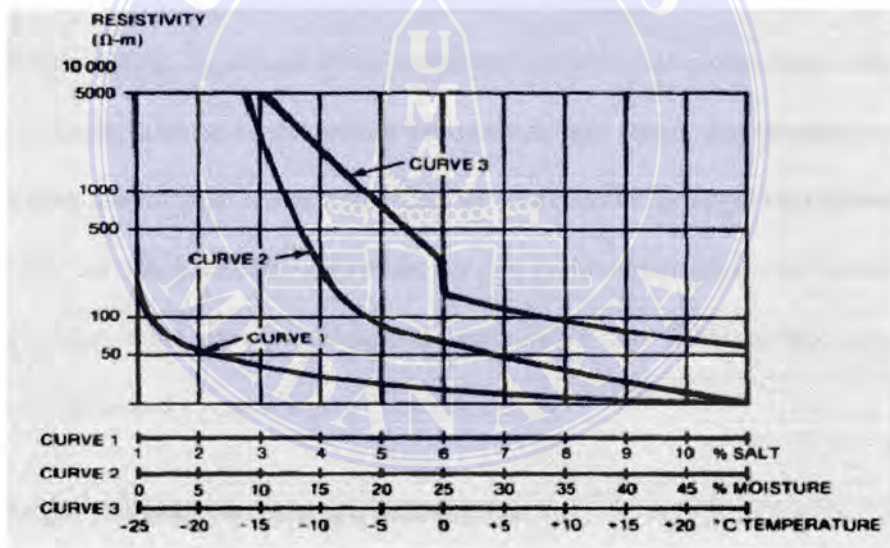
Tabel 2.4. PH Tanah sesuai dengan keadaan tanah.

Keadaan Tanah	PH tanah
Sangat asam	5.5 - 5.9
Media asam	6.0 - 6.4
Sedikit asam	6.5 - 6.9
Sangat sedikit asam	7.0
Neutral Netral	7.1 - 7.5
Sangat sedikit basa	7.6 - 8.0
Sedikit basa	8.1 - 8.5
Sedang alkali	> 8.5

Listrik yang bersifat menghantarkan panas (konduktor) yang terdapat di dalam tanah itu pada dasarnya bersifat elektrolit. Dengan alasan tahanan jenis tanah itu naik ketika kelembaban tanah yang terhitung kurang dari 15% dari berat tanah. Jumlah embun yang terdapat dalam tanah tergantung pada butiran embun, kepadatan tanah, dan jenis dari pada ukuran embun tersebut. Bagaimanapun juga seperti yang ditunjukkan Gambar 2.8. Pada kurva 2 tahanan jenis tanah mempunyai efek yang lebih kecil ketika kandungan kelembaban tanah melebihi 22%. Efek temperatur yang terdapat pada Tahanan Jenis Tanah hampir tidak ada di atas titik beku. Pada 0<sup>0</sup> C air yang terdapat dalam tanah mulai membeku dan

Tahanan Jenis Tanah meningkat. Kurva 3 menunjukkan variasi jenis ini untuk jenis Tanah Liat di dalamnya terdapat 15,2% dari kelembaban berat tanah. Komposisi dan jumlah larutan garam, sifat keasaman atau alkali yang terdapat dalam tanah dapat menimbulkan efek bagi tahanan jenis tanah tersebut. Kurva 1 dari Gambar 2.8. menunjukkan sebuah efek dari larutan garam tersebut (sodium klorida) pada Tahanan Jenis Tanah terkandung 30% kelembaban dari berat jenis tanah.

Gambar 2.8. tidak bisa digunakan untuk menghitung efek yang terjadi pada tanah tersebut. Untuk menentukan kebenaran Tahanan Jenis Tanah itu digambarkan pada IEEE std 81-1983.



Gambar 2.8. Kurva Pengaruh Kelembaban, Temperatur dan Kandungan Garam terhadap tahanan jenis tanah

## 2.6. Metode pengukuran tahanan elektroda pembumian dan tahanan jenis tanah

### 2.6.1 Teori

Pembumian yang baik diperlukan untuk melindungi sistem fasilitas secara keseluruhan. Banyak faktor yang menentukan seberapa baik sistem pembumian. Dua parameter penting adalah tahanan ke *remote earth* dan tahanan jenis tanah setempat. Masing-masing nilainya dapat diukur untuk membantu menentukan perencanaan sistem pembumian yang paling baik.

Tahanan pembumian ke *remote earth* perlu sekecil mungkin untuk memperoleh efektivitas. Beberapa komponen yang dapat menaikkan tahanan ini adalah material yang digunakan untuk membuat elektroda dan konduktor, semua hubungan dibuat, tahanan kontak antara elektroda dengan tanah, dan tahanan jenis tanah. Sebuah sistem pembumian yang lengkap bisa mencakup hanya satu tahanan pembumian, sebuah kelompok elektroda dengan pembumian grid, atau sesuatu diantaranya dan lebih dari itu. Elektroda pembumian dari beberapa tipe dapat mempunyai tahanan ke *remote earth* yang ditentukan.

### 2.6.2. Metode pengukuran tahanan pembumian

Berdasarkan ANSI / IEEE std 80-2000 metode pengukuran tahanan pembumian dapat dilakukan dengan metode:

**2.6.2.1. Metode dua titik**

Metode ini mengukur semua tahanan pembumian dari elektroda yang tidak diketahui dan elektroda bantu pembumian. Tahanan pembumian elektroda bantu dianggap diabaikan bila dibandingkan dengan tahanan pembumian elektroda yang akan diukur, sehingga nilai tahanan hasil pengukurannya (ohm) merupakan tahanan pembumian elektroda yang akan diukur. Metode ini memiliki nilai error / kesalahan yang begitu besar untuk sebuah nilai tahanan pembumian yang rendah.

Metode ini kurang akurat, karena dipengaruhi oleh jarak diantara elektroda yang diukur dan *grounding* lain atau pipa air. Sehingga metode ini tidak dapat digunakan sebagai prosedur standar kecuali sebagai kondisi dalam keterpaksaan.

**2.6.2.2. Metode tiga titik**

Metode tiga titik (*three-point method*) dimaksudkan untuk mengukur tahanan elektroda pembumian. Misalkan tiga buah batang pembumian dimana batang 1 yang tahanannya hendak diukur dan batang-batang 2 dan 3 sebagai batang pembumian pembantu yang juga belum diketahui tahanannya, seperti pada Gambar 2.9 Bila tahanan diantara tiap–tiap batang pembumian diukur dengan arus konstan, tiap pengukuran dapat ditulis sebagai berikut:(Hutauruk, TS, 1987, 144)

$$R_{1-2} = \frac{V_{1-2}}{I} = R_{11} + R_{22} + 2R_{12} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$R_{1-3} = \frac{V_{1-3}}{I} = R_{11} + R_{33} - 2R_{13} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$R_{2-3} = \frac{V_{2-3}}{I} = R_{22} + R_{33} - 2R_{23} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\frac{V_{1-2} + V_{1-3} - V_{2-3}}{I} = 2R_{11} - 2R_{12} - 2R_{13} + 2R_{23} \dots\dots\dots(2.15)$$

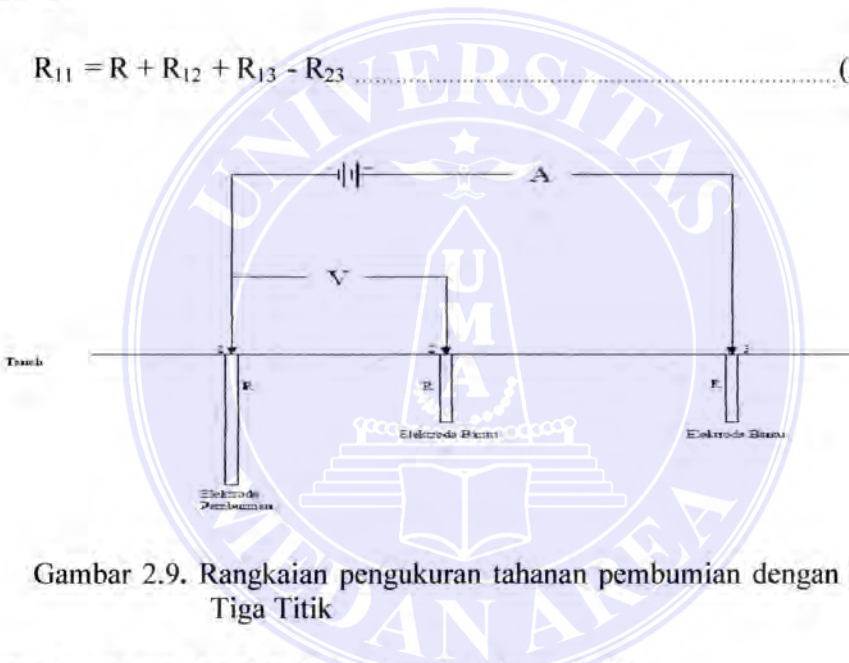
Tetapi

$$V_{1-3} = V_{1-2} + V_{2-3} \dots\dots\dots(2.16)$$

Jadi :  $R = \frac{V_{1-2}}{I} = R_{11} - R_{12} - R_{13} + R_{23} \dots\dots\dots(2.17)$

Akhirnya :

$$R_{11} = R + R_{12} + R_{13} - R_{23} \dots\dots\dots(2.18)$$



Gambar 2.9. Rangkaian pengukuran tahanan pembedaan dengan Metode Tiga Titik

Tahanan batang pembedaan dari elektroda 1 dapat ditulis:

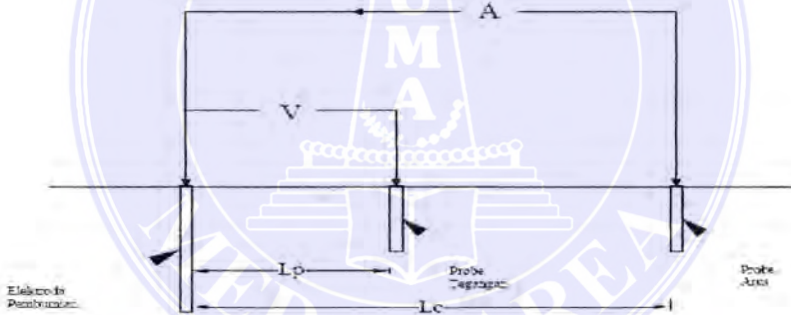
$$R_{12} + R_{13} - R_{23} = 0 \dots\dots\dots(2.19)$$

Keadaan ini dapat diperoleh dengan mengatur posisi elektroda 2 atau probe pembantu tegangan (P) sehingga harga persamaan (2.19) dapat dipenuhi.

**2.6.2.3. Metode *Fall of Potensial***

Metode *Fall Of Potential* adalah metode yang paling sesuai untuk mengukur tahanan pembumian. Pada Gambar 2.10. adalah contoh yang menunjukkan ketentuan dari metode ini. Diasumsikan E sebagai elektroda yang diukur, P dan C adalah probe pembantu. Arus sebesar I diinjeksikan diantara C dan E, dan jatuh tegangan (V) terletak diantara E dan P yang diukur. Tahanan pembumian untuk elektroda E dapat diperoleh dari persamaan  $V/I$ . Jarak elektroda E ke P adalah 0,62 dari E ke C. (Pabla, A.S, 1994, 173)

Dimisalkan elektroda E adalah elektroda setengah bola dengan jari-jari r dan dua elektroda bantu di letakkan seperti Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Ketentuan Elektroda untuk metoda *Fall of Potential*

Tegangan pada E yang disebabkan oleh arus yang masuk adalah  $I\rho/2\pi r$  dan yang disebabkan oleh arus yang meninggalkan C adalah  $- I\rho/2\pi LC$ . Total tegangan pada E dapat diketahui dari :

$$V_E = \frac{I\rho}{2\pi r} - \frac{I\rho}{2\pi LC} \dots\dots\dots(2.20)$$

Atau dapat diketahui tegangan total di titik P yang disebabkan oleh arus yang masuk ke titik E dan meninggalkan titik C dapat diketahui dari :

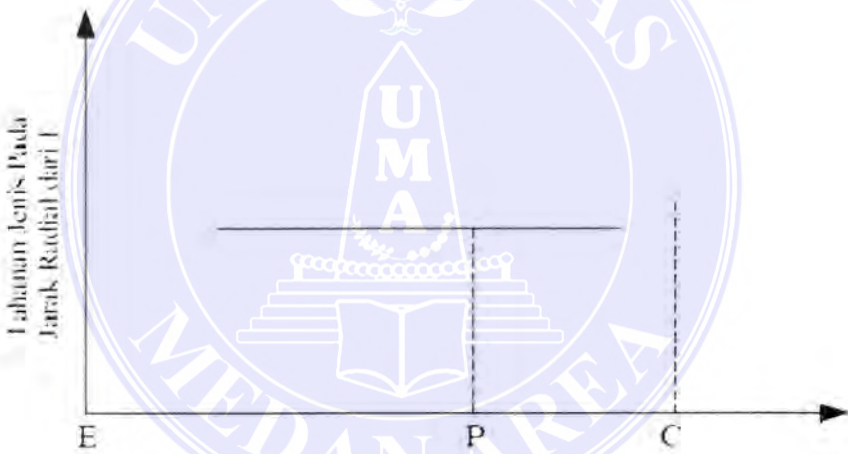
$$V_P = \frac{I\rho}{2\pi L_P} - \frac{I\rho}{2\pi(L_C - L_P)} \dots\dots\dots(2.21)$$

Sehingga beda tegangan di antara titik E dan P dapat diketahui dari :

$$V = V_E - V_P$$

$$V = \left[ \frac{I\rho}{2\pi r} - \frac{I\rho}{2\pi L_C} \right] - \left[ \frac{I\rho}{2\pi L_P} - \frac{I\rho}{2\pi[L_C - L_P]} \right] \dots\dots\dots(2.22)$$

$$V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[ \frac{1}{r} - \frac{1}{L_C} - \frac{1}{L_P} + \frac{1}{2\pi[L_C - L_P]} \right] \dots\dots\dots(2.23)$$



Gambar 2.11. Tahanan sebagai fungsi jarak terhadap elektroda E

Jika kurva tahanan (Gambar 2.11) antara E dan C diketahui, maka permukaan P akan datar (jika jarak optimal E dan C diketahui). Jarak elektroda E ke P dan E ke C mempunyai jarak yang hampir sama. Lekukan pada titik C disebabkan oleh elektroda bantu C itu sendiri, dan itu tidak mempengaruhi hasil pengukuran pada elektroda dasar E. Dengan demikian beda tegangan antara E dan



C serta antara E dan P juga akan sama, sehingga pengukuran elektroda E akan menjadi :

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi} \left[ \frac{1}{r} - \frac{1}{L_C} - \frac{1}{L_P} + \frac{I_p}{2\pi[L_C - L_P]} \right] \dots\dots\dots(2.25)$$

Mana  $c = L_C / r$  dan  $p = L_P / r$

$$R = \frac{\rho}{2\pi} \left[ 1 - \frac{1}{c} - \frac{1}{p} + \frac{I_p}{c-p} \right] \dots\dots\dots(2.26)$$

Tapi tahanan dari elektroda pembumian adalah  $R_\infty = \rho/2\pi r$ . Jika nilai R yang diukur sama dengan  $R_\infty$ , diperoleh hubungan :

$$\frac{1}{c} + \frac{1}{p} - \frac{I_p}{c-p} = 0 \dots\dots\dots(2.27)$$

$$p^2 + pc - c^2 = 0 \dots\dots\dots(2.28)$$

$$p = \frac{-c \pm \sqrt{c^2 - 4c^2}}{2} = \left( \frac{\sqrt{5}-1}{2} \right) c = 0,618 \dots\dots\dots(2.29)$$

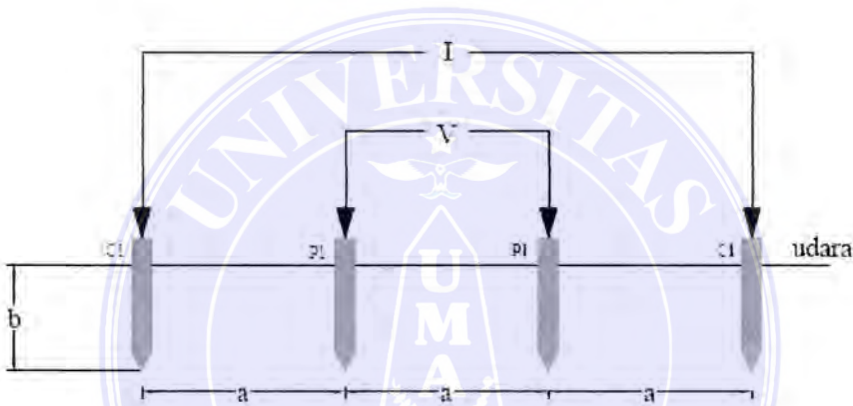
Dari persamaan di atas, diperoleh nilai  $L_P = 0,618L_C$ . Ini menunjukkan jarak pisah dari probe arus (antara E dan C). Jarak sebenarnya dari salah satu elektroda dapat diperoleh jika probe tegangan (P) adalah 61,8% terhadap jarak probe C. Dari persamaan di atas penelitian pengukuran pembumian ini menggunakan metode tiga titik.

### 2.6.3. Metode pengukuran tahanan jenis tanah

Adapun pemilihan jenis-jenis metode pengujian yang sering dilakukan untuk mengukur tahanan jenis tanah adalah:

#### 2.6.3.1. Susunan Wenner

Susunan Metode Wenner dapat ditunjukkan seperti Gambar 2.12. di bawah ini :



Gambar 2.12. Susunan Wenner

Dalam Metode Wenner, ke empat elektroda untuk masing-masing tes diregangkan dengan setiap pemasangan masing-masing berukuran sama secara berdekatan. Susunan Wenner mempunyai dua perspektif pelaksanaan. Pada sisi negatifnya metode ini membutuhkan kabel yang panjang, elektroda yang besar dan setiap jarak renggangnya membutuhkan satu orang per elektroda untuk melengkapi penelitian sesuai dengan waktu yang dibutuhkan.

Dan juga karena ke empat elektroda yang dipindahkan itu mudah terbaca dengan berbagai macam pengaruh. Sedangkan sisi positifnya susunan ini

sangat cocok dan efisien untuk mengetahui perbandingan tegangan yang masuk per unitnya dari arus yang mengalir.

Pada kondisi yang tidak baik seperti, tanah kering atau tanah padat membutuhkan waktu yang lama untuk mengetahui kontak tahanan antara elektroda dengan tanah. Tahanan Jenis Tanah dengan metode Wenner dapat dihitung dengan persamaan (2.30) (Neidle, Michael, 1999,83)

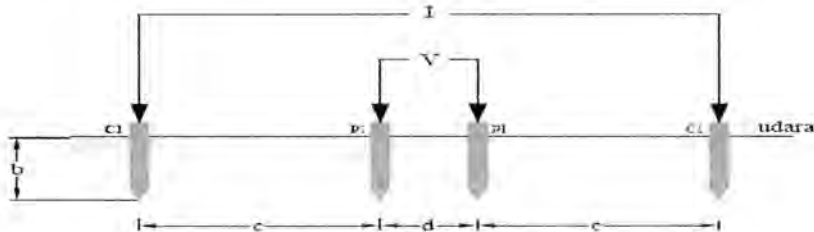
$$\rho_{\alpha} = \frac{4\pi\alpha R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2+4b^2}} \frac{\alpha}{\sqrt{a^2+b^2}}} \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana :

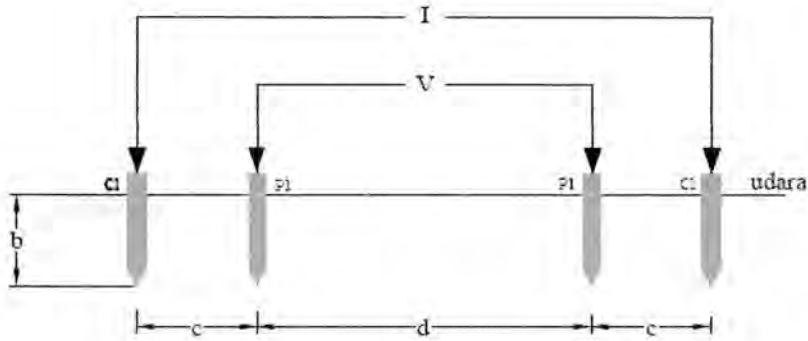
- $\rho_{\alpha}$  = Tahanan Jenis Tanah [ $\Omega.m$ ]
- $R$  = tahanan yang terukur [ $\Omega$ ]
- $\alpha$  = jarak antara elektroda [m]
- $h$  = elektroda yang tertanam [m]

**2.6.3.2. Susunan Schlumberger**

Susunan Metode Schlumberger dapat ditunjukkan seperti Gambar 2.13. dan 2.14 di bawah ini :



Gambar 2.13. Gambar susunan Schlumberger



Gambar 2.14. Gambar susunan Schlumberger Balik

Pada Gambar 2.13 untuk mengukur jarak pisah elektroda bagian luar adalah 4 atau 5 kali dari jarak pisah elektroda bagian dalam. Berkurangnya jumlah elektroda bagian dalam untuk mengetahui jarak pisah elektroda bagian luar juga berdampak pada berkurangnya efek samping dalam hasil tes.

Untuk memperoleh hasil tes sesuai dengan waktu yang disediakan, itu dapat diperoleh dengan cara menukar antara jarak pisah elektroda bagian dalam dengan elektroda bagian luar dari susunan schlumberger seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.14, ketika ada masalah pada tahanan kontak. Selama tahanan kontak dalam keadaan normal yang mengakibatkan elektroda arus lebih besar tegangannya dari jarak pisah elektroda bagian dalam yang diubah itu, keduanya dapat digunakan sebagai elektroda arus dan konfigurasi ini disebut susunan schlumberger balik. Penggunaan metode schlumberger balik menambahkan tingkat keamanan seseorang ketika dialirkan arus yang besar. Penampang kabel yang lebih besar itu dibutuhkan jika aliran arusnya juga besar. Susunan schlumberger balik mengurangi panjangnya kabel yang lebih besar dan sesuai dengan waktu yang tersedia. Jarak pisah antara elektroda bagian luar adalah

sejarak 10 meter dan untuk elektroda bagian dalam adalah 1/2 dari elektroda bagian luar. Dalam hal ini, jarak kerenggangan pada elektroda bagian luar harus lebih kecil. Neidle, Michael, 1999,87)

Metode Schlumberger dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho = \pi c(c + d)R/d \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

$\rho$  = Tahanan Jenis Tanah [ $\Omega.m$ ]

$R$  = Tahanan yang terukur [ $\Omega$ ]

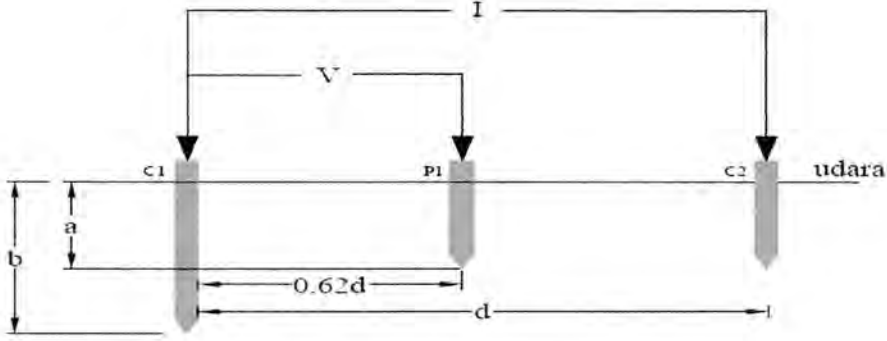
$c$  = Jarak antara elektroda bagian luar dengan bagian dalam [m]

$d$  = Jarak antara elektroda bagian dalam [m]

$b$  = elektroda yang tertanam [m]

**2.6.3.3. Metode Driven Rod**

Metode *Driven Rod* (tiga pancangan) atau Metode *Fall Of Potential* cocok digunakan dalam keadaan normal, seperti garis transmisi pada sistem pembumian atau permasalahan dalam area, kesemuanya ini disebabkan karena pemasangan yang dangkal, kondisi tanah, penempatan pengukuran area dan tidak samanya jenis tanah pada dua lapisan tersebut. Metode *Driven Rod* ditunjukkan seperti Gambar 2.14 di bawah ini:



Gambar 2.15. Metode *Driven Rod*

Metode Schlumberger dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{2\pi LR}{\left(\ln \frac{4L}{a} - 1\right)} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana :

$R$  = Tahanan pembumian elektroda batang [ $\Omega$ ]

$\rho$  = Tahanan jenis tanah [ $\Omega.m$ ]

$L$  = Panjang batang yang tertanam [m]

$a$  = Jari-jari elektroda batang [m]

Untuk metode pengukuran tahanan pembumian penelitian ini di gunakan metode tiga titik atau metode Drive Rod.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi pengambilan data

Data tugas akhir ini diambil selama 2 (dua) Minggu dengan 3 wilayah yang berbeda pada tanggal 3 s.d. 10 February 2011 di daerah Simalingkar B, Jln Pintu air Wilayah / tanah milik Universitas Sumatera Utara, Pantai Cermin, Deli Serdang , Desa Sangkaran Kecamatan Siatas Barita Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatera Utara, Lokasi ini diambil mengingat sulitnya dijumpai Tanah Ladang, Pasir Basah, dan Tanah Rawa di Kota Medan. Untuk pengukuran Tanah Ladang bertempat di Simalingkar B Milik Univeritas sumatera Utara, Pasir Basah di Pantai Cermin Kabupaten Deli Serdang dan Tanah Rawa di Desa Sangkaran Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatera Utara.

#### 3.2. Alat dan bahan penelitian

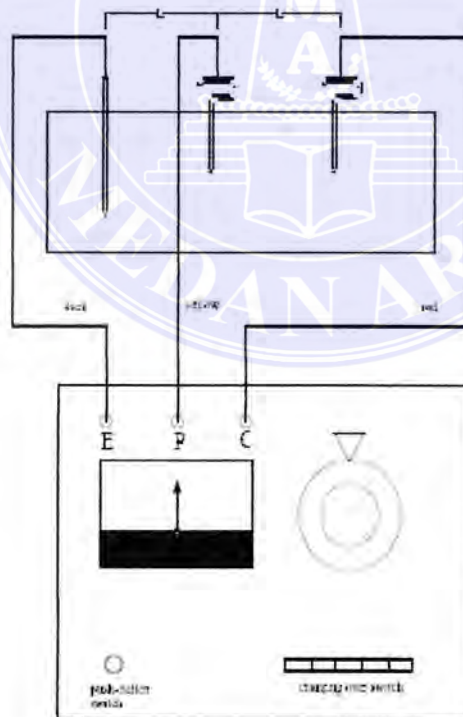
Alat-alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Elektroda batang yang berbentuk pejal/silindris berbahan tembaga, diameter 0,5 mm dan 2 cm, panjang konduktor 2,4 meter.
2. Alat ukur *Earth Tester* Analog Merk Hioki Model 3150.
3. Kabel tiga warna ( merah, kuning, dan hitam )
4. Cangkul,
5. Meteran 50 m
6. Termometer

7. Tang Kombinasi, kunci pipa
8. Penjepit dan kayu.
9. Martil

### 3.3. Metodologi penelitian

Untuk melihat pengaruh jarak elektroda pembumian dengan jarak probe pembantu yang diubah-ubah terhadap hasil pengukuran tahanan pembumian pada jenis Tanah Ladang, Pasir Basah, dan Tanah Rawa, maka dilakukan pengukuran di lapangan. Hal ini bertujuan sebagai nilai pembandingan pada ke tiga jenis tanah tersebut sehingga dapat diketahui perbedaan hasil pengukuran yang diperoleh. Gambar 3.1. menggambarkan Skema Pengukuran Tahanan Pembumian.



Gambar 3.1. Skema pengukuran tahanan pembumian



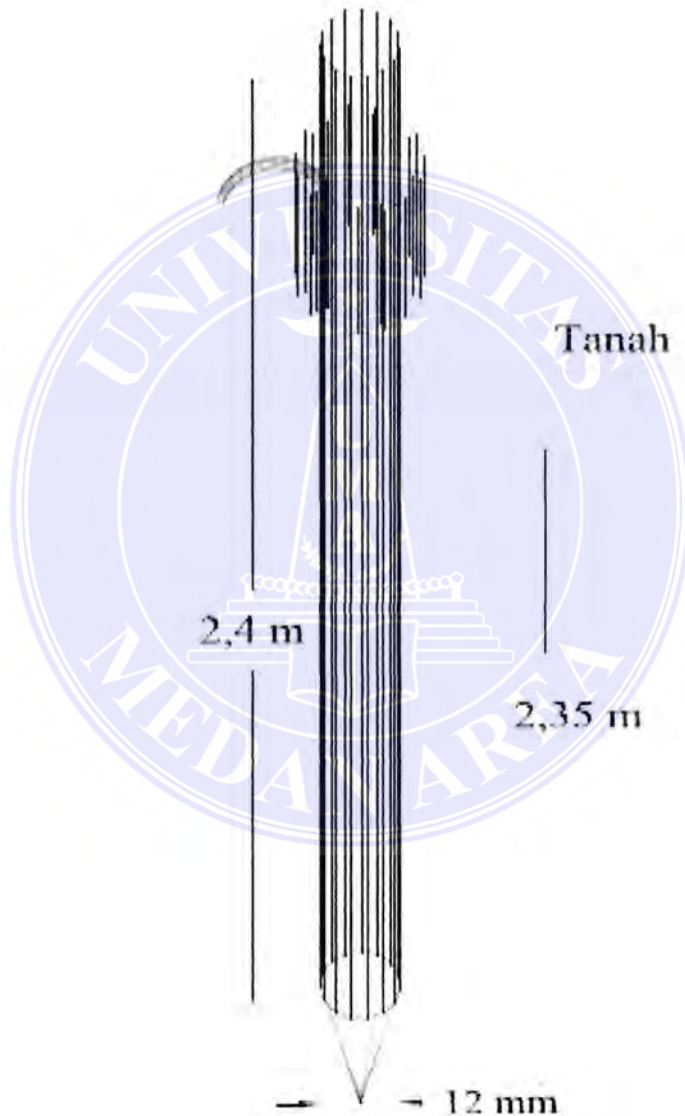
Adapun langkah-langkah dalam pengukuran di lapangan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan *survey* lapangan untuk mencari ke tiga jenis tanah tersebut.
2. Pengukuran tahanan pembumian secara berturut dimulai dari jenis Tanah Ladang, Pasir Basah, dan Tanah Rawa.
3. Membuat skema rangkaian percobaan seperti pada Gambar 3.1. Pertama-tama yang dilakukan adalah menancapkan elektroda pembumian (probe E) ke Tanah Ladang sedalam 2,35 m.
4. Kemudian tancapkan pula dua buah elektroda (probe) bantu membentuk garis lurus, kemudian dihubungkan dengan jepitan P dan C.
5. Memeriksa *battery* pada *Earth Tester* dengan menekan tombol *Batt Check*, jarum Galvanometer harus menunjukkan posisi *range* yang berwarna hijau. Hal ini menandakan bahwa *battery* masih dalam kondisi baik.
6. *Checking* tegangan tanah (*Earth voltage*) dengan cara sebagai berikut :
  - a. Tekan tombol AC Volt, besar tegangan AC V dibaca pada Galvanometer.
  - b. Bila tegangan AC V < 10 volt, pengukuran tahanan pembumian dapat dilakukan.
  - c. Bila tegangan AC V > 10 volt, pengukuran tahanan pembumian tidak dapat dilakukan. Agar pengukuran dapat dilakukan maka elektroda pengukuran E dijauhkan dari pembumian alat-alat listrik yang ada di tempat tersebut.
  - d. Bila tegangan AC V tidak diperoleh, maka jarak elektroda E dan P harus diperbesar (10-20 m).

7. Jarak E-P dan E-C ditentukan sesuai tabel percobaan. Tahap pertama penelitian diatur jarak probe E ke P sejauh 0 meter dan jarak probe E ke C sejauh 20 meter. Kemudian tahap berikutnya probe pembantu P berturut-turut dipindahkan secara linear menaik dengan jarak range 1 meter dari 0 meter sampai 20 meter dengan posisi probe C tetap 20 meter.
8. Mengukur tahanan pbumian dengan menekan tombol pada posisi tombol *range* tahanan (1x, 10x, 100x). Lalu tekan tombol *push On* pada *Earth Tester*.
9. Mencari tahanan pbumian dengan memutar-mutar *range variabel resistance* pada *Earth Tester* sampai penunjukan pada Galvanometer menunjukkan posisi seimbang.
10. Melihat posisi dari *range variabel resistance* pada *Earth Tester*.
11. Mengalikan hasil penunjukan pada *range* tahanan (1x, 10x, 100x) dengan penunjukan pada *resistance variabel*.
12. Mencatat hasil-hasil pengukuran pada tabel data.
13. Mengulangi langkah 1-12 untuk pengukuran selanjutnya. Setiap perpindahan probe pembantu tersebut diukur kembali dengan *earth tester* analog, sehingga dapat dilihat pengaruh hasil pengukurannya bila jarak probe pembantu diubah-ubah.

Untuk pengukuran pada Pasir Basah, dan Tanah Rawa, prosedur penelitian yang dilakukan sama seperti halnya prosedur yang dilakukan pengukuran tahanan pbumian terhadap Tanah Ladang.

Adapun posisi elektroda dalam tanah tidak hanya tergantung pada kedalaman dan luas permukaan elektroda, tetapi juga pada tahanan tanah. Karena tahanan tanah merupakan faktor kunci yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa pasak harus ditanam agar diperoleh tahanan yang rendah, terlihat pada gambar 3.2. (Pabla, A.S, 1994, 159)



Gambar 3.2. Posisi elektroda dalam tanah

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN



#### 5.1. Kesimpulan

1. Dalam pengujian dengan suatu penguji tanah, Jarak antara elektroda merupakan faktor terpenting, oleh karena itu harus dijaga agar tidak terjadi dua daerah tahanan saling menutup (*overlap*).
2. Resistansi pembumiannya sebagian besar tergantung pada panjangnya dan sedikit bergantung pada ukuran penampangnya. Jika beberapa elektroda diperlukan untuk memperoleh resistansi pembumian yang rendah, jarak antara elektroda tersebut minimum harus dua kali panjangnya. Jika elektroda tersebut tidak bekerja efektif pada seluruh panjangnya, maka jarak minimum antara elektroda harus dua kali panjang efektif.
3. Dengan menggunakan jarak minimal 5 meter untuk probe pembantu P dan minimal 10 meter untuk probe pembantu C terhadap elektroda pembumian E, maka didapat hasil pengukuran tahanan pembumian yang akurat pada ketiga jenis tanah tersebut, karena berada di luar dua daerah tahanan efektif, dalam hal ini probe pembantu P diletakkan pada daerah datar dari kurva. Sedangkan untuk jarak  $< 5$  meter antar elektroda sudah berada pada daerah tahanan efektif dengan ditunjukkan pola kurva yang cenderung linear naik karena daerah tahanan keduanya akan saling tumpang-tindih (*overlap*), sehingga menyebabkan kenaikan pembacaan nilai tahanan pembumian pada alat ukur *Earth Tester* sehingga tidak dapat dijadikan acuan pengukuran pada daerah ini.

4. Berdasarkan Gambar 4.4. terlihat bahwa grafik ke tiga jenis tanah tersebut memiliki hasil pengukuran tahanan pembumian yang berbeda-beda, berturut-turut mulai dari tahanan yang tertinggi sampai terendah yaitu tanah ladang sebesar  $11 \Omega$ , tanah rawa sebesar  $2,06 \Omega$  dan tanah pasir basah sebesar  $1,1 \Omega$ .
5. Berdasarkan hasil penelitian yang telah disimpulkan, maka untuk mendapatkan nilai tahanan pembumian yang kecil disarankan menanam beberapa elektroda secara paralel dengan konfigurasi kedalaman yang dalam dan jarak yang lebar.



## 5.2. Saran

Untuk mengetahui pengaruh perubahan jarak probe pembantu yang lebih signifikan lagi dapat dilakukan dengan melakukan penelitian Pada Tanah Berbatu, Tanah Liat, Tanah Kerikil, dan lain-lain.



## PERCOBAAN II

Tabel 5.1. Hasil pengukuran tahanan pembumian pada Tanah Ladang jarak sama tetapi kedalaman berbeda

NO	Jarak probe E-P, E-C Sama ( meter )	Kedalaman P ( cm )	Kedalaman E ( cm )	Kedalaman C ( cm )	Besar Tahanan Pembumian ( ohm )
1	20	15	10	150	4 x 10
2	20	30	20	135	2,3 x 10
3	20	45	30	120	0,8x10
4	20	60	40	105	1,4 x 10
5	20	75	50	90	1 x 100
6	20	90	60	75	1 x 100
7	20	105	70	60	0,4 x 100
8	20	120	80	45	0,8 x 10
9	20	135	90	30	2,3 x 10
10	20	150	100	15	4 x 10

Tabel 5.2 Hasil pengukuran tahanan pembumian pada Pasir Basah jarak sama tetapi kedalaman berbeda

NO	Jarak probe E-P,E-C Sama ( meter )	Kedalaman P ( cm )	Kedalaman E ( cm )	Kedalaman C ( cm )	Besar Tahanan Pembumian ( ohm )
1	20	15	10	150	5,4 x 100
2	20	30	20	135	2,1 x 100
3	20	45	30	120	1,5 x 100
4	20	60	40	105	1,5 x 100
5	20	75	50	90	1 x 100
6	20	90	60	75	0,9 x 100
7	20	105	70	60	0,7 x 100
8	20	120	80	45	0,6 x 100
9	20	135	90	30	0,6 x 100
10	20	150	100	15	0.4 x 100



Tabel 5.3 .Hasil pengukuran tahanan pembumian pada Tanah Rawa jarak sama tetapi kedalaman berbeda

NO	Jarak probe E-P, E-C Sama ( meter )	Kedalaman P ( cm )	Kedalaman E ( cm )	Kedalaman C ( cm )	Besar Tahanan Pembumian ( ohm )
1	20	15	10	150	1 x 10
2	20	30	20	135	1,2 x 10
3	20	45	30	120	2 x 10
4	20	60	40	105	4 x 10
5	20	75	50	90	1 x 10
6	20	90	60	75	0,9 x10
7	20	105	70	60	0,9 x10
8	20	120	80	45	0,9 x 10
9	20	135	90	30	0,9 x 10
10	20	150	100	15	0,9 x 10

## PERCOBAAN III

Tabel 5.4 .Hasil pengukuran tahanan pembumian pada Tanah Lading kedalaman sama dan jarak sama.

NO	Jarak probe E-P, E-C Sama ( meter )	Kedalaman P ( cm )	Kedalaman E ( cm )	Kedalaman C ( cm )	Besar Tahanan Pembumian ( Ohm )
1	20	10	10	10	9 x 10
2	20	20	20	20	7 x 10
3	20	30	30	30	5,6 x 10
4	20	40	40	40	2,6 x 10
5	20	50	50	50	1,6 x 10
6	20	60	60	60	1,6 x 10
7	20	70	70	70	0,8 x 10
8	20	80	80	80	0,8 x 10
9	20	90	90	90	0,5 x 10
10	20	100	100	100	0,5 x 10

Tabel 5.5. Hasil pengukuran tahanan pembumian pada Pasir Basah kedalaman sama dan jarak sama.

NO	Jarak probe E-P, E-C Sama ( meter )	Kedalaman P ( cm )	Kedalaman E ( cm )	Kedalaman C ( cm )	Besar Tahanan Pembumian ( Ohm )
1	20	10	10	10	4,5 x 100
2	20	20	20	20	2,5 x 100
3	20	30	30	30	1,8 x 100
4	20	40	40	40	1,5 x 100
5	20	50	50	50	1,4 x 100
6	20	60	60	60	1,4 x 100
7	20	70	70	70	1 x 100
8	20	80	80	80	0,8 x 100
9	20	90	90	90	10 x 100
10	20	100	100	100	8,2 x 100

Tabel 5.6. Hasil pengukuran tahanan pembumian pada Tanah Rawa kedalaman sama dan jarak sama.

NO	Jarak probe E-P, E-C Sama ( meter )	Kedalaman P ( cm )	Kedalaman E ( cm )	Kedalaman C ( cm )	Besar Tahanan Pembumian ( Ohm )
1	20	10	10	10	1 x 10
2	20	20	20	20	1,2 x 10
3	20	30	30	30	1,5 x 10
4	20	40	40	40	3 x 10
5	20	50	50	50	9 x 10
6	20	60	60	60	9 x 10
7	20	70	70	70	9 x 10
8	20	80	80	80	9 x 10
9	20	90	90	90	12 x 10
10	20	100	100	100	12 x 10

## PERCOBAAN IV

Tabel 5.7. Hasil pengukuran tahanan pembumian pada Tanah Ladang jarak sama tetapi kedalaman berbeda ( E Tetap 235 cm)

NO	Jarak probe E-P, E-C Sama ( meter )	Kedalaman P ( cm )	Kedalaman E ( cm )	Kedalaman C ( cm )	Besar Tahanan Pembumian ( Ohm )
1	20	10	235	100	5,2 x 10
2	20	20	235	90	5,0 x 10
3	20	30	235	80	2,3 x 10
4	20	40	235	70	0,8 x 100
5	20	50	235	60	5,8 x100
6	20	60	235	50	5 x100
7	20	70	235	40	0,8 x 100
8	20	80	235	30	2,3 x 100
9	20	90	235	20	5,0 x 10
10	20	100	235	10	5,2 x 10

Tabel 5.8. Hasil pengukuran tahanan pembumian pada Pasir Basah jarak sama tetapi kedalaman berbeda ( E Tetap 235 cm)

NO	Jarak probe E-P, E-C Sama ( meter )	Kedalaman P ( cm )	Kedalaman E ( cm )	Kedalaman C ( cm )	Besar Tahanan Pembumian ( Ohm )
1	20	10	235	30	1 x 10
2	20	20	235	10	0,4 x 100
3	20	30	235	20	0,4 x 100

Tabel 5.9. Hasil pengukuran tahanan pembumian pada Tanah Rawa jarak sama. tetapi kedalaman berbeda ( E Tetap 235 cm)

NO	Jarak probe E-P, E-C Sama ( meter )	Kedalaman P ( cm )	Kedalaman E ( cm )	Kedalaman C ( cm )	Besar Tahanan Pembumian ( Ohm )
1	20	10	235	100	1 x 10
2	20	20	235	90	5 x10
3	20	30	235	80	10 x 10
4	20	40	235	70	13 x10
5	20	50	235	60	15 x10
6	20	60	235	50	18 x10
7	20	70	235	40	18 x 10
8	20	80	235	30	18 x 10
9	20	90	235	20	20 x 10
10	20	100	235	10	25 x 10

## DAFTAR PUSTAKA

- Neidle, Michael, 1999 "*Teknologi Instalasi Listrik*", Jakarta: Erlangga.
- Pabla, A S, 1994 "*Sistem Distribusi Daya Listrik*", terj. Ir. Abdul Hadi. Jakarta: Erlangga.
- Badan Standarisasi Nasional, 2000 "*Persyaratan Umum Instalasi Listrik Indonesia*". Jakarta : Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Hutauruk, T.S. 1987 "*Pentanahan Netral Sistem Tenaga dan Pentanahan Peralatan*". Jakarta : Erlangga.
- Chow Y L, et al., 1996 "*Resistansi Formula of Grounding System in Two-Layer Earth*", Ontario.
- "Earthing Technique," <http://www.lightningman.com.au/Earthing.pdf>
- Elektro Indonesia – PLN, "*Faktor Pencemaran Lingkungan dan Gangguan Kesehatan*".. (27 September 2009).  
<http://elektroindonesia.com/elektro//ener15a1.html>
- American National Standard, 1989 "*IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*". New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (24Nopember2009)
- Hakim, Nurhajati, dkk. 1986 "*Dasar Dasar Ilmu Tanah*". Jakarta : Universitas Lampung.
- "*Ground Resistance Testing Principle*," <http://www.dranetz-bmi.com/pdf/groundprinciples.pdf>. (27 September 2009).