



UNIVERSITAS INDONESIA

STUDI ANALISIS PENGARUH JENIS TANAH, KELEMBABAN,  
TEMPERATUR DAN KADAR GARAM TERHADAP TAHANAN  
PENTANAHAN TANAH

TESIS

LINDA PASARIBU

08 06 42 45 16

FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JUNI 2011



UNIVERSITAS INDONESIA

STUDI ANALISIS PENGARUH JENIS TANAH, KELEMBABAN,  
TEMPERATUR DAN KADAR GARAM TERHADAP TAHANAN  
PENTANAHAN TANAH

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister  
Bidang Ilmu Teknik Program Studi Teknik Elektro

LINDA PASARIBU  
08 06 42 45 16

FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
KEKHUSUSAN TENAGA LISTRIK DAN ENERGI  
DEPOK  
JUNI 2011

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Seminar ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Linda Pasaribu

NPM : 0806424516

Tanda tangan : 

Tanggal : Juni 2011



## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : Linda Pasaribu  
NPM : 0806424516  
Program Studi : Teknik Mamajemen Energi dan Ketenagalistrikan  
Judul Tesis : STUDI ANALISIS PENGARUH JENIS TANAH, KELEMBABAN,  
TEMPERATUR DAN KADAR GARAM TERHADAP TAHANAN  
PENTANAHAN TANAH.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister **Teknik** pada Program Studi **Teknik Tenaga Listrik** Fakultas **Teknik Elektro** Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Iwa Garnia M K, MT ( )  
Penguji : Ir. Amien Rahardjo, MT ( )  
Penguji : Ir. I Made Ardita Y, MT ( )  
Penguji : Aji Nur Widyanto, ST, MT ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 08 Juli 2011



## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan Tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai Gelar Master Teknik Jurusan Teknik Tenaga Listrik pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terimakasih kepada :

- 1) Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa M K MT selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam menyusun tesis ini.
- 2) PT. Lontar Papyrus yang telah banyak membantu dalam penelitian dan usaha memperoleh data yang saya perlukan.
- 3) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- 4) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 14 Juli 2011

Penulis

Universitas Indonesia

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai sivitis akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Linda Pasaribu

NPM : 0806424516

Program Studi : Teknik Mamajemen Energi dan Ketenagalistrkan

Departemen : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

STUDI ANALISIS PENGARUH JENIS TANAH, KELEMBABAN, TEMPERATUR DAN KADAR GARAM TERHADAP TAHANAN PENTANAHAN TANAH

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Depok

Pada Tanggal : 08 Juli 2011

Yang menyatakan

( Linda. Pasaribu )



## ABSTRAK

Nama : Linda Pasaribu  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : STUDI ANALISIS PENGARUH JENIS TANAH,  
KELEMBABAN, TEMPERATUR DAN KADAR  
GARAM TERHADAP TAHANAN PENTANAHAN  
TANAH

Pentanahan merupakan salah satu faktor kunci dalam usaha pengamanan (perlindungan) sistem tenaga listrik. Pentanahan sistem merupakan usaha untuk menghubungkan bagian konduktif terbuka perlengkapan dengan tanah. Adanya perbedaan beberapa jenis tanah yang ada di wilayah Indonesia sangat berpengaruh pada kelayakan keamanan dari sistem pentanahan yang akan dibangun.

Penelitian dilakukan dengan menganalisis setiap parameter parameter yang mempengaruhi tahanan tanah. Elektroda pentanahan tersebut di stel dengan kedalaman 2,5 meter dan 5 meter. Besarnya tahanan tanah akan diukur sesuai dengan tahanan tanah yang sebenarnya dengan pengaruh parameter tanah.

Kata Kunci: Tegangan Permukaan Tanah, Pentanahan, Analisis.

## ABSTRAC

Nama : Linda Pasaribu  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : STUDI ANALISIS PENGARUH JENIS TANAH,  
KELEMBABAN, TEMPERATUR DAN KADAR  
GARAM TERHADAP TAHANAN PENTANAHAN  
TANAH

Grounding is one factor in business protection power system. Grounding system is an attempt to link the open conductive equipment by land. The difference of several types of land in the territory of Indonesia is very influential on the security worthiness of the grounding system to be built.

The study was conducted by analyzing each yag parameters affecting soil resistance. Earth electrode in the stel degan depth measuring 0.5 meters by 2.5 meters and a distance of 5 meters. The amount of land surface tension will drop from a point above the earth electrode until it is equal to the actual ground voltage so away from the earth electrode. Based on research that transactions are carried out on several parameters that affect the resistance of the soil surface.



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	1
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	2
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>3</b>
2.1 Pengertian Umum Pentanahan.....	2
2.1.1 Sistem Pentanahan.....	5
2.1.2 Tujuan Sistem Pentanahan.....	9
2.1.3 Karakteristik Sistem Pentanahan.....	9
2.1.4 Bagian Bagian Yang Ditanahkan.....	10
2.2 Faktor-Faktor Yang Menentukan Tahanan Pentanahan.....	11
2.2.1 Sifat Geologi Tanah.....	11
2.2.2 Kelembapan Tanah.....	12
2.2.3 Temperatur tanah.....	12
2.2.4 Kadar Garam Tanah.....	14
<b>3. METODOLOGI</b> .....	<b>15</b>
3.1 Pengukuran dengan Perubahan Jarak Pengukuran.....	15
3.2 Pengukuran dengan Perubahan Kedalaman Elektroda Batang.....	16
3.3 Pengukuran dengan Perubahan Jenis Tanah.....	17
3.4 Pengukuran Pengaruh Uap Lembab Dalam Tanah.....	17
3.5 Pengukuran Pengaruh Temperatur.....	17
3.6 Flowchart pengukuran dan Pengujian Tahanan Tanah.....	18
3.7 Alat Pengujian Tanah.....	19
3.8 Rangkaian Pengujian.....	20

3.9 Pengujian Tahanan Tanah .....	20
<b>4. Analisa Hasil Pengujian.....</b>	<b>21</b>
4.1 Kelembababn .....	21
4.1.1 Hubungan antara Kelembaban vs keadaan cuaca (2,5m).....	22
4.1.2 Hubungan antara Kelembaban vs keadaan cuaca (5m).....	23
4.2 Temperatur.....	24
4.2.1 Hubungan antara Temperatur vs keadaan cuaca (2,5m).....	24
4.2.2 Hubungan antara Temperatur vs keadaan cuaca (5m).....	25
4.3 pH.....	26
4.3.1 Hubungan antara pH vs keadaan cuaca (2,5m).....	26
4.3.2 Hubungan antara pH vs keadaan cuaca (5m).....	27
4.4 Tahanan Tanah.....	28
4.4.1 Hubungan antara R vs keadaan cuaca (2,5m).....	28
4.4.2 Hubungan antara R vs keadaan cuaca (5m).....	29
4.5 Hubungan antara temperatur, pH, kelembeben terhadap tahanan tanah.....	30
4.5.1 Hubungan antara kelembaban dengan tahanan tanah (2,5m dan 5m).....	30
4.5.2 Hubungan antara pH dengan tahanan tanah (2,5m dan 5m).....	31
4.5.3 Hubungan antara temperatur dengan tahanan tanah (2,5m dan 5m).....	32
4.5.1 Hubungan antara resistivitas dengan tahanan tanah (2,5m dan 5m).....	33

## **5. KESIMPULAN**

## **DAFTAR REFERENSI**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sambaran langsung pada kawat tegangan tinggi .....	3
Gambar 2.2	Kerusakan pada sistem kelistrikan .....	4
Gambar 2.3	Switching .....	4
Gambar 2.4	Kerusakan pada peralatan komputer .....	5
Gambar 2.5	Rangkaian pengganti elektroda batang .....	6
Gambar 2.6	Elektroda pelat .....	7
Gambar 2.7	Macam macam pentanahan .....	11
Gambar 2.8	Batang pentanahan beserta aksesorisnya .....	12
Gambar 2.9	Batang pentanahan dan lingkaran pengaruhnya (sphere influence) .....	12
Gambar 2.10	Kurva Pengaruh Kelembaban, Temperatur dan Kandungan Garam Terhadap Tahanan Jenis Tanah .....	15
Gambar 3.1	Metode Fall of Potential .....	17
Gambar 3.2	Rangkaian pengukuran tahanan tanah .....	18
Gambar 3.3	Flowchart pengukuran dan pengujian tahanan tanah .....	18
Gambar 3.4	Ground earth resistance motor .....	19
Gambar 3.5	Soil tester .....	19
Gambar 3.6	Thermometer tanah .....	19

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Hubungan antara kelembaban –vs- keadaan cuaca pada tanah humus, pasir, dan lempung (2,5m).....	22
Grafik 4.2	Hubungan antara kelembaban –vs- keadaan cuaca pada tanah humus, pasir, dan lempung (5m).....	23
Grafik 4.3	Hubungan antara temperatur –vs- keadaan cuaca pada tanah humus, pasir, dan lempung (2,5m).....	24
Grafik 4.4	Hubungan antara temperatur –vs- keadaan cuaca pada tanah humus, pasir, dan lempung (5m).....	25
Grafik 4.5	Hubungan antara pH–vs- keadaan cuaca pada tanah humus, pasir, dan lempung (2,5m).....	26
Grafik 4.6	Hubungan antara pH –vs- keadaan cuaca pada tanah humus, pasir, dan lempung (5m).....	27
Grafik 4.7	Hubungan antara tahanan tanah –vs- keadaan cuaca pada tanah humus, pasir, dan lempung (2,5m).....	28
Grafik 4.8	Hubungan antara tahanan tanah –vs- keadaan cuaca pada tanah humus, pasir, dan lempung (5m).....	29
Grafik 4.9	Hubungan antara kelembaban dengan tahanan tanah (2,5m dan 5m).....	30
Grafik 4.10	Hubungan antara pH dengan tahanan tanah (2,5m dan 5m).....	31
Grafik 4.11	Hubungan antara temperatur dengan tahanan tanah (2,5m dan 5m).....	32
Grafik 4.12	Hubungan antara resistivitas dengan tahanan tanah (2,5m dan 5m).....	33

## DAFTAR TABEL

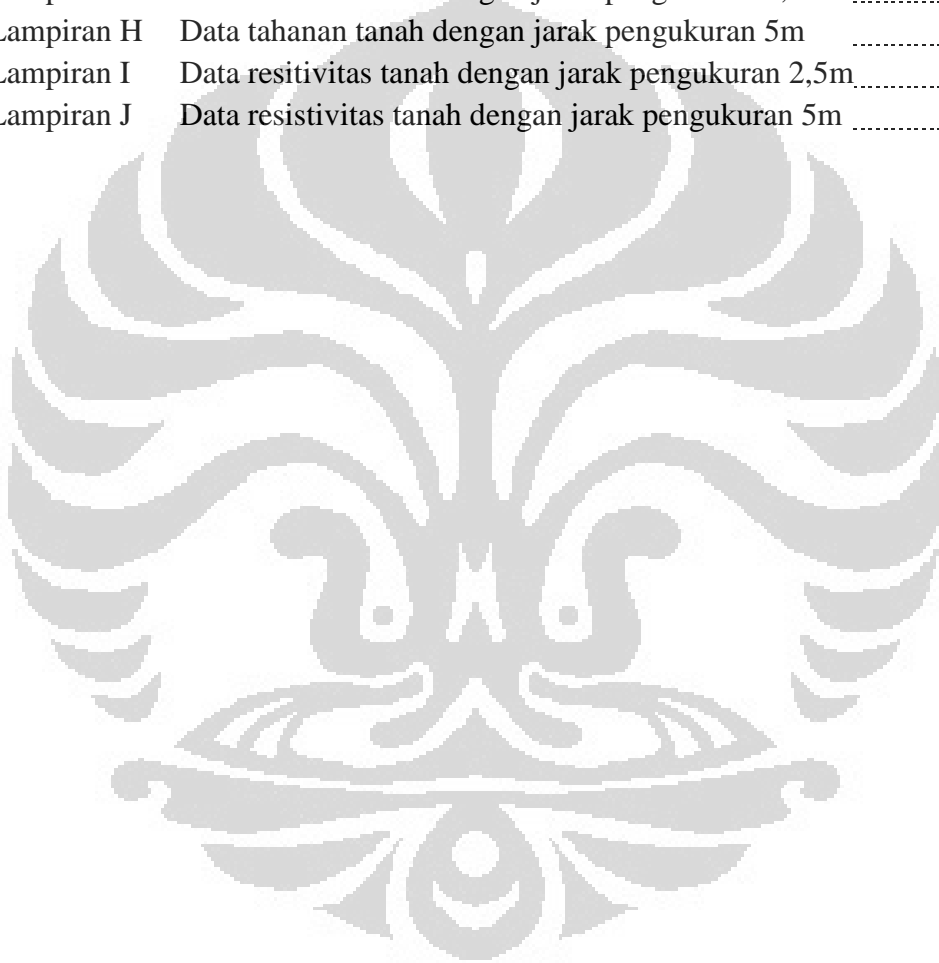
Tabel 2.1 Harga tahanan jenis tanah.....	13
Tabel 3.1 Pengaruh kelembapan terhadap tahanan jenis tanah.....	19
Tabel 3.2 Pengaruh temperatur terhadap tahanan tanah.....	20
Tabel 4.1 Resistivitas yang mempengaruhi tanah.....	26





## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Data tanah humus dengan jarak pengukuran 2,5m	.....37
Lampiran B	Data tanah humus dengan jarak pengukuran 5m	.....38
Lampiran C	Data tanah berpasir dengan jarak pengukuran 2,5m	.....39
Lampiran D	Data tanah berpasir dengan jarak pengukuran 5m	.....40
Lampiran E	Data tanah lempung dengan jarak pengukuran 2,5m	.....41
Lampiran F	Data tanah lempung dengan jarak pengukuran 5m	.....42
Lampiran G	Data tahanan tanah dengan jarak pengukuran 2,5m	.....43
Lampiran H	Data tahanan tanah dengan jarak pengukuran 5m	.....44
Lampiran I	Data resistivitas tanah dengan jarak pengukuran 2,5m	.....45
Lampiran J	Data resistivitas tanah dengan jarak pengukuran 5m	.....46





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Sistem petanahan belum digunakan ketika sistem tenaga masih memiliki ukuran kapasitas yang kecil (sekitar tahun 1920). Alasan saat itu karena bila ada gangguan ke tanah pada sistem, dan dimana besarnya arus gangguan sama atau kurang dari 5 ampere, maka pada kondisi demikian busur api akan padam dengan sendirinya.

Arus gangguan listrik terjadi semakin besar, seiring sistem tenaga listrik yang berkembang semakin besar sangat berbahaya bagi sistem, karena bisa menimbulkan tegangan lebih transien yang sangat tinggi. Oleh karena itu, para ahli kemudian merancang suatu sistem yang membuat sistem tenaga tidak lagi mengambang. Sistem tersebut kemudian dikenal dengan sistem petanahan atau *grounding system*.

Usaha pengetanahan sistem merupakan usaha untuk menghubungkan bagian konduktif terbuka perlengkapan dengan tanah. Adanya perbedaan jenis tanah, kelembaban, temperatur, dan kadar garam sangat mempengaruhi tahanan jenis tanah itu sendiri. Sehingga sangat perlu dilakukan penelitian yang dapat melihat sejauh mana pengaruh parameter parameter tersebut pada sistem petanahan.

### 1.2 Perumusan Masalah

Pembahasan tentang pengaruh jenis tanah, kelembaban, temperatur dan kadar garam terhadap tegangan permukaan tanah ini dilakukan mengingat keadaan fisik Indonesia yang sangat beragam. Perbedaan fisik terhadap beberapa parameter ini akan menjadi pertimbangan dunia industri ketika akan mengembangkan potensi daerah ini.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Analisis dilakukan untuk melihat berapa besar pengaruh kelembaban, pH, temperatur terhadap ketahanan jenis tanah dengan membandingkan beberapa jenis tanah.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Penelitian ini dilakukan di daerah Jambi, Provinsi Jambi, tanah yang digunakan untuk penelitian adalah tanah sebenarnya mengikuti keadaan sebenarnya (tanpa setingan). Beberapa faktor yang diamati meliputi: jenis tanah, temperatur tanah, kelembaban tanah, serta kadar garam tanah dengan kedalaman penanaman elektroda batang 2,5m dan 5m dengan jarak ukur 1 m pada keadaan panas, lembab, hujan.

#### **1.5 Metode Penelitian**

1. Studi literatur.

Dimaksudkan untuk mempelajari karakteristik pentanahan dari beberapa jenis tanah yang akan diukur, diambil dari buku-buku teks, jurnal, katalog, dan internet.

2. Melakukan pengumpulan data pengukuran tahanan jenis tanah pada setiap parameter parameter yang berbeda.

3. Menganalisa data terukur hingga diketahui tahanan tanah.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Pada bab 1 dibahas tentang latar belakang meliputi rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan; bab 2 dibahas tentang teori dasar meliputi pengertian umum pentanahan, elektroda elektroda pentanahan, faktor faktor yang menentukan pentanahan; bab 3 dibahas tentang metodologi meliputi langkah – langkah penelitian, fungsi dari alat alat pengukuran pengukuran pengukuran terhadap parameter tanah; bab 4 dilakukan pencatatan hasil penukuran, perhitungan terhadap hasil pengukuran, menggambarkan hasil pengukuran dalam bentuk grafik, mencari persamaan dari grafik; bab 5 merupakan kesimpulan.

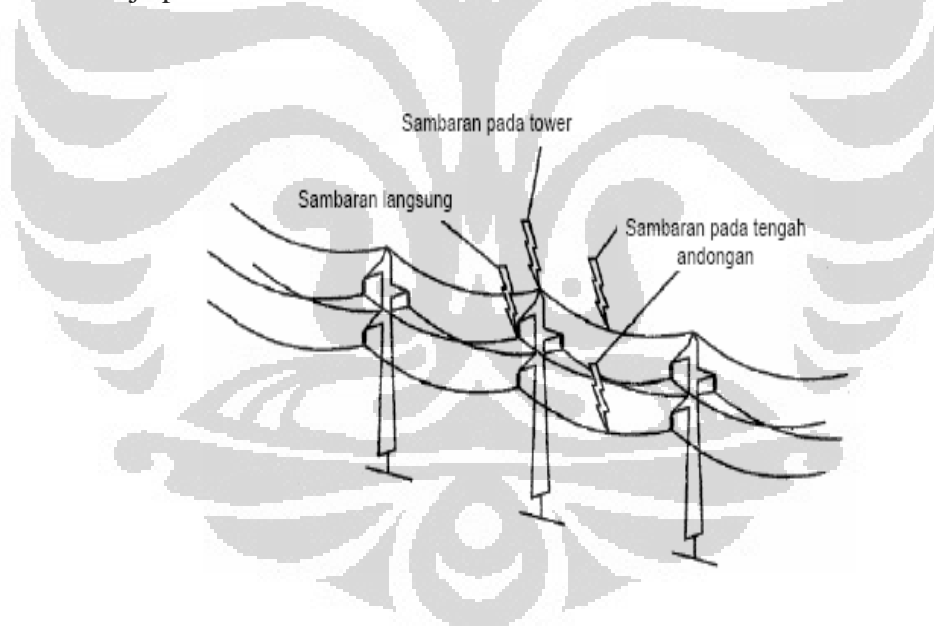


## BAB II TEORI DASAR

### 2.1 Pengertian Umum Pentanahan

Surja merupakan sumber gelombang berjalan dan dapat menimbulkan gangguan pada sistem tenaga listrik. Dari sudut energi, surja pada kawat adalah penyuntikan energi secara tiba-tiba pada kawat. Surja dapat dibedakan menjadi surja petir dan surja hubung. Surja petir disebabkan oleh sambaran petir dan memiliki impuls standard  $1.2/50 \mu s$ . Sedangkan surja hubung disebabkan oleh operasi switching dan memiliki impuls standard  $250/2500 \mu s$ . Jika tegangan surja melebihi BIL (Basic Insulation Level) atau BSL (Basic Switching Insulation Level), maka surja dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan isolasi tersebut.

#### a. Surja petir<sup>[13]</sup>



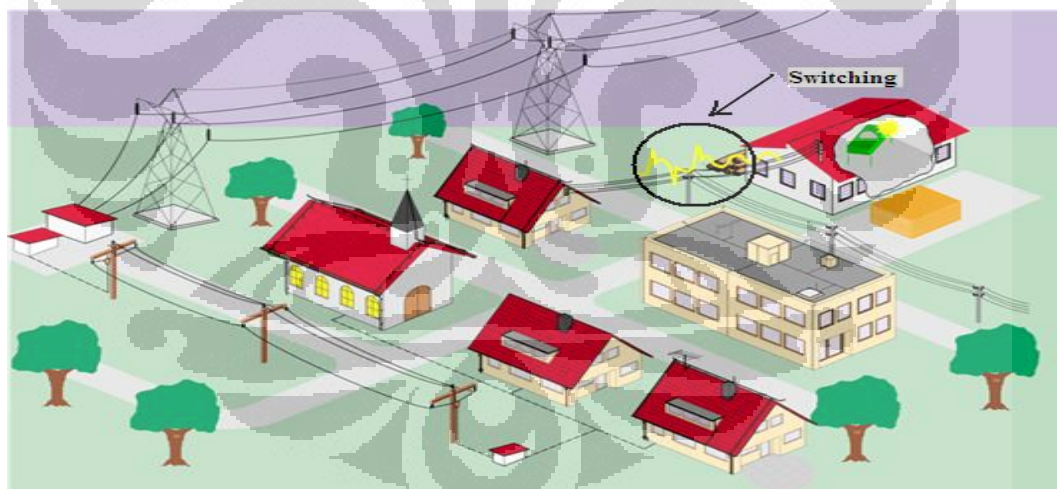
Gambar 2.1. Sambaran langsung pada kawat tegangan tinggi

Sambaran langsung pada sistem distribusi akan menyebabkan overvoltages (voltage surges) sehingga terjadi kerusakan pada sistem listrik itu sendiri.

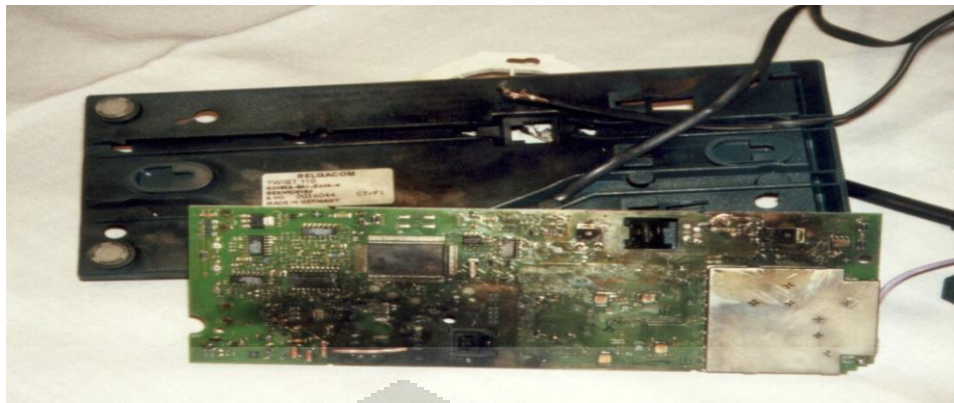


**Gambar 2.2 Kerusakan pada sistem kelistrikan**

b. Surja hubung<sup>[13]</sup>



**Gambar 2.3 Switching**



**Gambar 2.4 Kerusakan pada peralatan komputer**

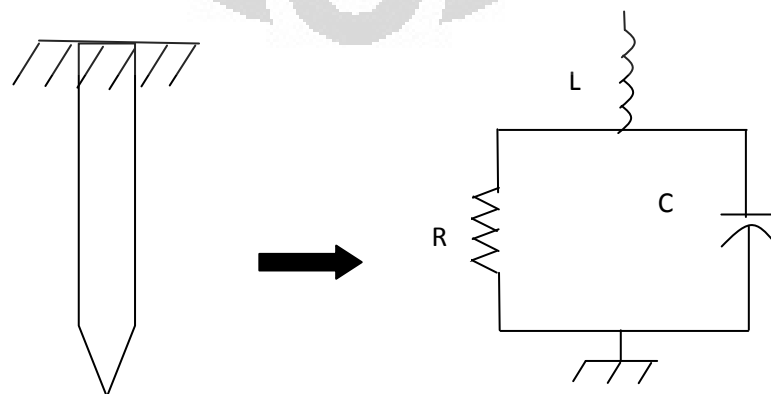
Melihat bahaya yang diakibatkan sambaran petir di atas, maka system proteksi petir harus mampu melindungi fisik maupun peralatan dari bahaya sambaran langsung (external protection) dan sambaran petir tidak langsung (internal protection) serta penyediaan sistem pentanahan yang memadai serta terintegrasi dengan baik.

### 2.1.1 Sistem Pentanahan

Yang dimaksud dengan Sistem pentanahan adalah hubungan konduksi antara jaringan atau peralatan listrik dengan bumi. Bagian yang langsung berhubungan dengan bumi atau ditanam di tanah ialah elektroda pentanahan. Pemilihan jenis elektroda pentanahan ini diarahkan kepada usaha pemenuhan hambatan pentanahan sekecil mungkin.

Ada beberapa jenis elektroda pentanahan yang sering digunakan, yaitu :

- a. Elektroda Batang





### Gambar 2.5 Rangkaian pengganti elektroda batang<sup>[5]</sup>

Rangkaian ekuivalen satu elektrode batang dibuat dengan elemen rangkaian terkonsentrasi (Gonos, et al., 1998, 1999) seperti ditunjukkan pada gambar 1.

Untuk satu batang elektrode pentanahan yang mempunyai panjang  $l$  dan radius  $r$  ditanam tegak lurus pada tanah yang mempunyai resistivitas tanah  $\rho$  homogen, maka elektrode bersama tanah akan mempunyai tahanan, induktansi dan kapasitansi yang besarnya adalah <sup>[5]</sup>:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left[ \ln \frac{4l}{r} - 1 \right] \quad (1)$$

$$L = 2l \cdot \ln \left[ \frac{2l}{r} \right] \cdot 10^{-7} \quad (2)$$

$$C = \frac{\epsilon_r \cdot l}{18 \cdot \ln \frac{4l}{r}} \cdot 10^{-9} \quad (3)$$

dengan,

$R$  : tahanan pengetanahan (ohm)

$\rho$  : resistivitas tanah (ohm-m)

$l$  : panjang elektrode pentanahan (m)

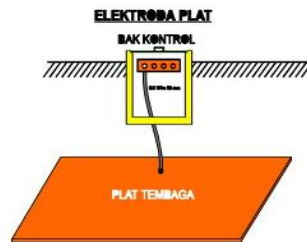
$r$  : radius elektrode pentanahan (m)

$\epsilon_r$  : permitivitas relatif tanah

#### b. Elektroda Pita

Elektroda pita jenis ini terbuat dari bahan metal berbentuk pita atau juga kawat BCC yang di tanam di dalam tanah secara horizontal sedalam  $\pm 2$  feet. Elektroda pita ini bisa dipasang pada struktur tanah yang mempunyai tahanan jenis rendah pada permukaan dan pada daerah yang tidak mengalami kekeringan. Hal ini cocok untuk daerah – daerah pegunungan dimana harga tahanan jenis tanah makin tinggi dengan kedalaman.

### c. Elektroda Pelat



**Gambar 2.6 Elektroda pelat**<sup>[5]</sup>

Bentuk elektroda pelat biasanya empat persegi atau empat persegi panjang yang terbuat dari tembaga, timah atau pelat baja yang ditanam didalam tanah. Cara penanaman biasanya secara vertical, sebab dengan menanam secara horizontal hasilnya tidak berbeda jauh dengan vertical. Penanaman secara vertical adalah lebih praktis dan ekonomis.

Elektroda yang digunakan untuk pentanahan harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain:

- Memiliki daya hantar jenis (conductivity) yang cukup besar sehingga tidak akan memperbesar beda potensial lokal yang berbahaya.
- Memiliki kekerasan (kekuatan) secara mekanis pada tingkat yang tinggi terutama bila digunakan pada daerah yang tidak terlindung terhadap kerusakan fisik.
- Tahan terhadap peleburan dari keburukan sambungan listrik, walaupun konduktor tersebut akan terkena magnitudo arus gangguan dalam waktu yang lama.
- Tahan terhadap korosi.

Dari persamaan kapasitas arus untuk elektroda tembaga yang dianjurkan oleh IEEE Guide standar, Onderdonk menemukan suatu persamaan<sup>[5]</sup>:

$$A = I \sqrt{\frac{33t}{\text{Log}_{10}\left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1\right)}} \quad (4)$$

dimana :

A : penampang konduktor (circular mills)

I : arus gangguan (Ampere)

t : lama gangguan (detik)

$T_m$  : suhu maksimum konduktor yang diizinkan ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_a$  : suhu sekeliling tahunan maksimum ( $^{\circ}\text{C}$ )

Persamaan di atas dapat digunakan untuk menentukan ukuran penampang minimum dari konduktor tembaga yang dipakai sebagai kisi-kisi pentanahan.

### 2.1.2 Tujuan Sistem Pentanahan

Tujuan utama pentanahan adalah menciptakan jalur yang *low-resistance* (tahanan rendah) terhadap permukaan tanah untuk arus listrik. Penerangan, arus listrik, *circuit switching* dan *electrostatic discharge* adalah penyebab umum dari adanya sentakan listrik atau *transient voltage*. Sistem pentanahan yang efektif akan meminimalkan efek tersebut.

Menurut **IEEE Std 142™-2007**, tujuan sistem pentanahan adalah:

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

Salah satu fungsi sistem pentanahan adalah mengurangi kerusakan pada peralatan akibat surja. Kerugian yang ditimbulkan akibat sistem pentanahan yang tidak memenuhi standard dapat mengakibatkan cedera pada manusia dan kerugian material yang cukup besar. Banyak organisasi mengeluarkan rekomendasi dan standard untuk sistem pentanahan sebagai proteksi seperti NEC (National Electric

Code), ANSI (American National Standard Institute), TIS (Telecommunications Industry Standard) dan IEEE.

### **2.1.3 Karakteristik Sistem Pentanahan**

Karakteristik sistem pentanahan yang efektif antara lain adalah:

1. Terencana dengan baik, semua koneksi yang terdapat pada sistem harus merupakan koneksi yang sudah direncanakan sebelumnya dengan kaidah-kaidah tertentu.
2. Verifikasi secara visual dapat dilakukan.
3. Menghindarkan gangguan yang terjadi pada arus listrik dari perangkat.
4. Semua komponen metal harus ditahan/diikat oleh sistem pentanahan, dengan tujuan untuk meminimalkan arus listrik melalui material yang bersifat konduktif pada potensial listrik yang sama.

### **2.1.4 Bagian-bagian Yang Ditanahkan**

Dalam sebuah instalasi listrik ada empat bagian yang harus ditanahkan atau sering juga disebut dibumikan. Tiga bagian dari instalasi listrik ini adalah:

- a. Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam (menghantar listrik) dan dengan mudah bisa disentuh manusia. Hal ini perlu agar potensial dari logam yang mudah disentuh manusia selalu sama dengan potensial tanah (bumi) tempat manusia berpijak sehingga tidak berbahaya bagi manusia yang menyentuhnya.
- b. Bagian pembuangan muatan listrik (bagian bawah) dari lightning arrester. Hal ini diperlukan agar lightning arrester dapat berfungsi dengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah (bumi) dengan lancar.
- c. Kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi. Kawat petir ini sesungguhnya juga berfungsi sebagai lightning arrester. Karena letaknya yang ada di sepanjang saluran transmisi, maka semua kaki tiang transmisi

harus ditanahkan agar petir yang menyambar kawat petir dapat disalurkan ke tanah dengan lancar melalui kaki tiang saluran transmisi.

Hal ini diperlukan dalam kaitan dengan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah. Dalam praktik, diinginkan agar tahanan pentanahan dari titik-titik pentanahan tersebut di atas tidak melebihi 4 ohm.

Secara teoretis, tahanan dari tanah atau bumi adalah nol karena luas penampang bumi tak terhingga. Tetapi kenyataannya tidak demikian, artinya tahanan pentanahan nilainya tidak nol. Hal ini terutama disebabkan oleh adanya tahanan kontak antara alat pentanahan dengan tanah di mana alat tersebut dipasang (dalam tanah). Alat untuk melakukan pentanahan ditunjukkan oleh gambar dibawah ini :



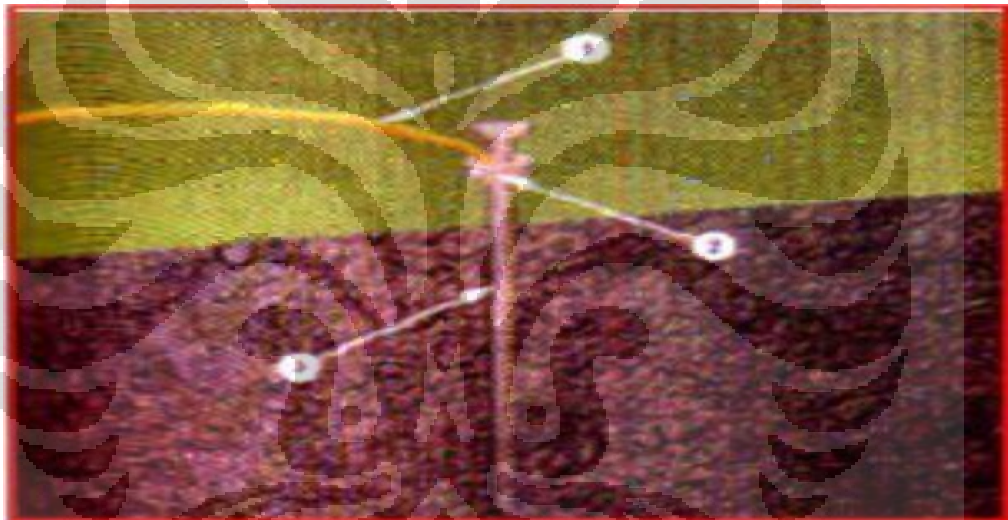
**Gambar 2.7** Macam macam pentanahan<sup>[14]</sup>

Dari gambar 2.7 tampak bahwa ada empat alat pentanahan, yaitu:

1. Batang pentanahan tunggal (*single grounding rod*).
2. Batang pentanahan ganda (*multiple grounding rod*). Terdiri dari beberapa batang tunggal yang dihubungkan paralel.
3. Anyaman pentanahan (*grounding mesh*), merupakan anyaman kawat tembaga.
4. Pelat pentanahan (*grounding plate*), yaitu pelat tembaga.

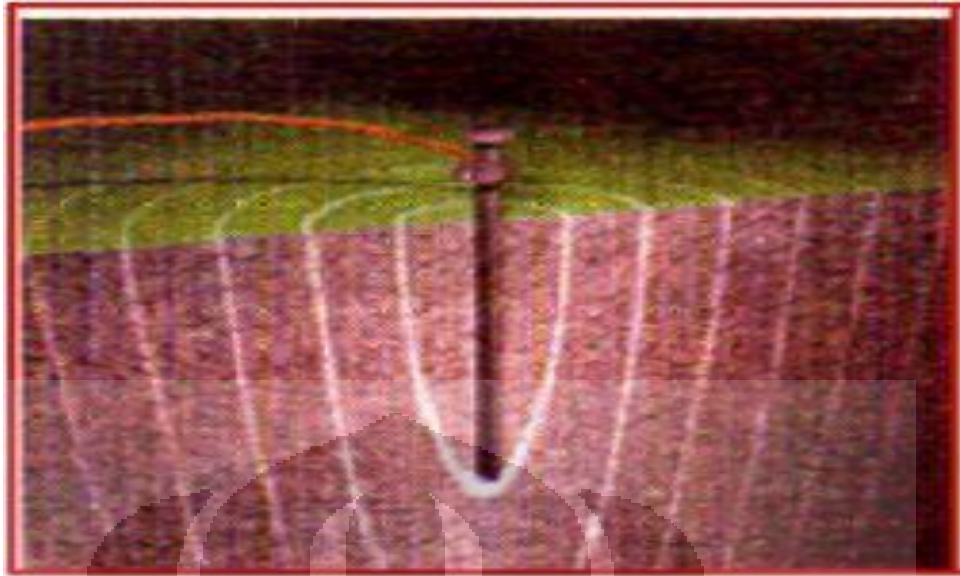
Tahanan pentanahan selain ditimbulkan oleh tahanan kontak tersebut diatas juga ditimbulkan oleh tahanan sambungan antara alat pentanahan dengan kawat penghubungnya. Unsur lain yang menjadi bagian dari tahanan pentanahan

adalah tahanan dari tanah yang ada di sekitar alat pentanahan yang menghambat aliran muatan listrik (arus listrik) yang keluar dari alat pentanahan tersebut. Arus listrik yang keluar dari alat pentanahan ini menghadapi bagian-bagian tanah yang berbeda tahanan jenisnya. Untuk jenis tanah yang sama, tahanan jenisnya dipengaruhi oleh kedalamannya. Makin dalam letaknya, umumnya makin kecil tahanan jenisnya, karena komposisinya makin padat dan umumnya juga lebih basah. Oleh karena itu, dalam memasang batang pentanahan, makin dalam pemasangannya akan makin baik hasilnya dalam arti akan didapat tahanan pentanahan yang makin rendah.



**Gambar 2.8 Batang pentanahan beserta aksesorisnya<sup>[14]</sup>.**

Pada gambar 2.8 menggambarkan batang pentanahan beserta aksesorisnya, yaitu; (1) Konduktor tanah, (2) Penghubung antara konduktor dengan elektroda tanah, dan (3) Elektroda tanah.



**Gambar 2.9 Batang pentanahan dan lingkaran pengaruhnya (sphere of influence)<sup>[14]</sup>.**

Sedangkan gambar 2.9 menggambarkan batang pentanahan beserta lingkaran pengaruhnya (sphere of influence) didalam tanah. Tampak bahwa pengaruh batang pentanahan akan semakin dalam letaknya di dalam tanah dan pengaruh terkecil pada kedalaman yang sama dengan kedalaman batang pentanahan. Lingkaran pengaruh ini makin dekat dengan batang pentanahan. Hal ini disebabkan oleh adanya variasi tahanan jenis tanahnya.

## 2.2 Faktor-Faktor Yang Menentukan Tahanan Jenis Tanah ( $\rho$ ).

Untuk berbagai tempat harga  $\rho$  ini tidak sama dan tergantung pada beberapa faktor, yaitu sifat geologi tanah, kelembaban tanah, temperatur dan kadar garam tanah.

### 2.2.1 Sifat geologi tanah

Ini merupakan faktor utama yang menentukan tahanan jenis tanah. Bahan dasar dari pada tanah relatif bersifat bukan penghantar. Tanah liat umumnya mempunyai tahanan jenis terendah, sedang batu-batuan dan quartz bersifat sebagai insulator.

Tabel dibawah ini menunjukkan harga-harga ( $\rho$ ) dari berbagai jenis tanah.

**Tabel 2.1 Harga tahanan jenis tanah<sup>[4]</sup>**

No	Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (ohm meter)
1	Tanah yang mengandung air garam	5 – 6
2	Tanah rawa	30
3	Tanah Liat	100
4	Tanah Pasir basah	200
5	Tanah Batu batu kerikil basah	500
6	Tanah pasir dan kerikil kering	1000
7	Tanah batu	3000

### 2.2.2 Kelembaban Tanah

Kelembaban tanah sangat berpengaruh terhadap perubahan tahanan jenis tanah ( $\rho$ ) terutama kandungan air tanah sampai dengan 20%. Dalam salah satu test laboratorium untuk tanah merah penurunan kandungan air tanah dari 20% ke 10% menyebabkan tahanan jenis tanah naik samapai 30 kali. Kenaikan kandungan air tanah diatas 20% pengaruhnya sedikit sekali. Semakin lembab maka kadar air pada lapisan tanah tersebut semakin tinggi dan tahanan jenisnya akan semakin rendah.

### 2.2.3 Temperatur Tanah

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-

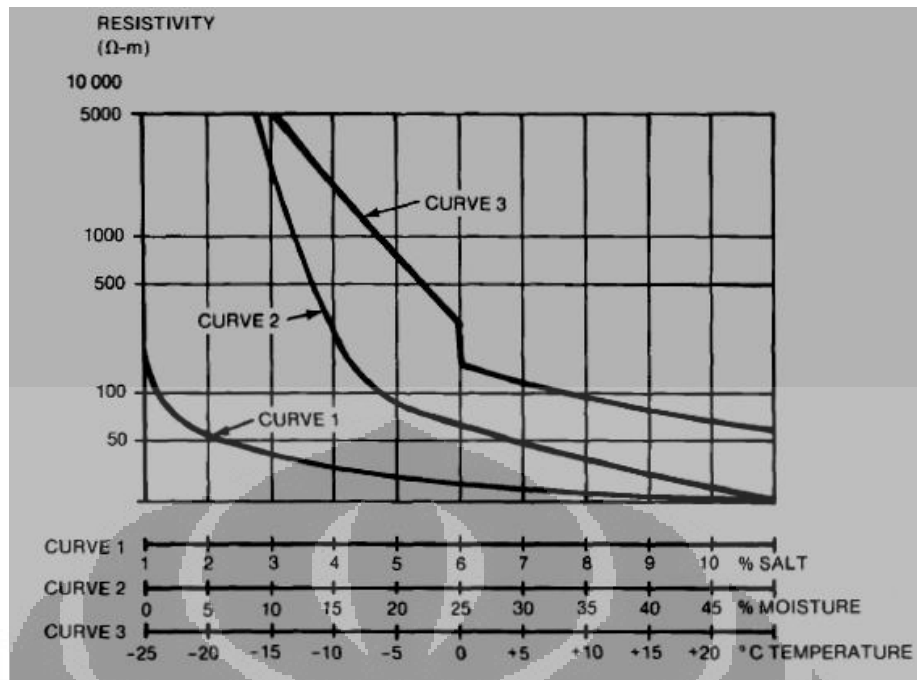


gerakan air tanah turut membasuh sejumlah kation yang dapat dipertukarkan. Kation-kation basa itu digantikan oleh H- dan peristiwa ini akan menurunkan persen jenuh basa tanah.

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 dihitung 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 2.10 Pada kurva 2 tahanan jenis tanah mempunyai efek yang lebih kecil ketika kandungan kelembaban tanah melebihi 22%.

1. Efek temperatur yang terdapat pada Tahanan Jenis Tanah hampir tidak ada di atas titik beku. Pada  $0^{\circ}\text{C}$  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 2.11 menunjukkan sebuah efek dari larutan garam tersebut (sodium klorida) pada Tahanan Jenis Tanah terkandung 30% kelembaban dari berat jenis tanah.
2. Efek temperatur yang terdapat pada Tahanan Jenis Tanah hampir tidak ada di atas titik beku. Pada  $0^{\circ}\text{C}$  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 2.11 menunjukkan sebuah efek dari larutan garam tersebut (sodium klorida) pada Tahanan Jenis Tanah terkandung 30% kelembaban dari berat jenis tanah.

Gambar 2.11 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 2.10 Kurva Pengaruh Kelembaban, Temperatur dan Kandungan Garam Terhadap Tahanan Jenis Tanah**

#### 2.2.4 Kadar Garam Tanah

Kandungan zat – zat kimia dalam tanah terutama sejumlah zat organik maupun anorganik yang dapat larut perlu untuk diperhatikan pula. Di daerah yang mempunyai tingkat curah hujan tinggi biasanya mempunyai tahanan jenis tanah yang tinggi disebabkan garam yang terkandung pada lapisan atas larut. Pada daerah yang demikian ini untuk memperoleh pentanahan yang efektif yaitu dengan menanam elektroda pada kedalaman yang lebih dalam dimana larutan garam masih terdapat.

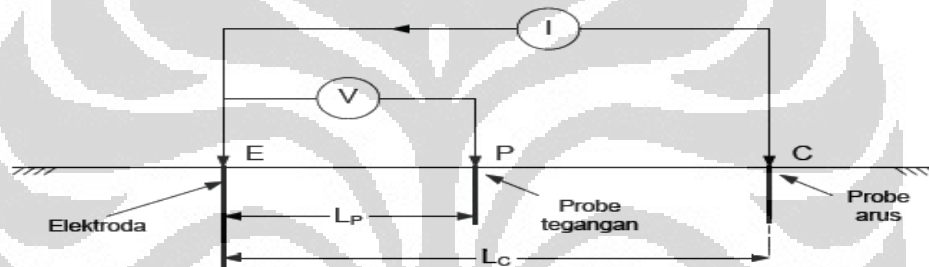


### BAB III

## METODOLOGI PENGUJIAN DAN PENGUKURAN PADA KELEMBABAN, TEMPERATUR, KADAR GARAM, TAHANAN

Metode yang sering digunakan untuk mengukur tahanan pembumian adalah :

Metode Fall of Potensial. Dengan asumsi E adalah elektroda yang akan diukur P dan C adalah probe pembantu. Arus (I) disirkulasikan diantara C dan E, dan jatuh tegangan (V) antara P dan E diukur, tahanan pembumian E diperoleh dari  $V/I$ .



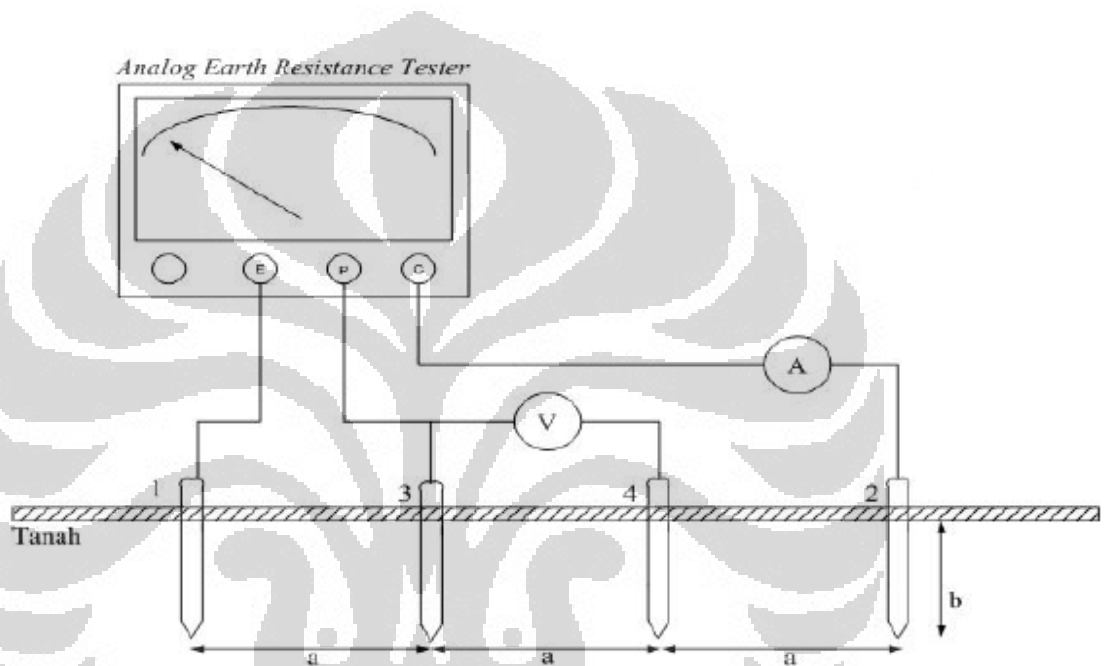
**Gambar 3.1 Metode Fall Of Potensial<sup>[6]</sup>**

Selain itu akan ditambahkan dengan parameter parameter lain yang dibagi menjadi 6 bagian, yaitu:

1. Pengukuran dengan perubahan jarak pengukuran
2. Pengukuran dengan perubahan kedalaman elektroda batang
3. Pengukuran dengan perubahan jenis tanah
4. Perubahan temperatur tanah
5. Pengaruh uap lembab dalam tanah
6. Pengaruh kadar garam tanah

### 3.1 Pengukuran dengan Perubahan Kedalaman Elektroda

Struktur fisik elektroda berpengaruh besar terhadap besarnya tahanan sistem pentanahan. Pembahasan berikut akan memperjelas bahwa selain tahanan jenis tanah, perubahan jarak pengukuran dari elektroda pentanahan juga merupakan faktor dominan dalam sistem pentanahan. Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 3.2 Rangkaian pengukuran tahanan tanah<sup>[6]</sup>**

Nilai tegangan yang dilewatkan pada elektroda diusahakan tetap yakni 220 Volt. Pelaksanaan pengukuran tahanan tanah dilakukan dengan variasi kedalaman ukur 2,5m dan 5m.

### 3.2 Pengukuran dengan Kedalaman Elektroda Batang

Kedalaman elektroda pentanahan adalah faktor penting dalam sistem pentanahan. Semakin dalam elektroda dipasang resistansi pentanahan semakin turun, hal ini disebabkan semakin dalam elektroda dipasang kelayakan kualitas secara elektrik semakin baik diperoleh. Panjang elektroda yang dipasang sedapat mungkin dekat dengan daerah embunan permanen tanah. Kegagalan mencapai

embunan tidak hanya menyebabkan resistansi yang tinggi, tetapi juga menyebabkan variasi-variasi tahanan pentanahan yang cukup kompleks selama perubahan musim.

Resistivitas tanah jarang dijumpai memiliki nilai yang sama atau seragam, biasanya beberapa titik pertama dari kedalaman yang dekat permukaan mempunyai resistansi yang relatif tinggi dan merupakan pokok persoalan untuk mengganti pembahasan dan pengeringan karena variasi curah hujan, sedangkan tanah yang lebih dalam relatif lebih stabil.

### 3.3 Pengukuran dengan Perubahan Jenis Tanah

Jenis tanah merupakan salah satu faktor yang menentukan tahanan jenis tanah. Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran tahanan jenis tanah dengan beberapa jenis tanah, yaitu:

1. Jenis tanah lembab pasir
2. Jenis tanah liat atau lempung
3. Jenis tanah kering pasir

### 3.4 Pengukuran Pengaruh Uap Lembab Dalam Tanah

Kandungan uap lembab dalam tanah merupakan faktor penentu nilai tegangan tanah. Variasi dari perubahan uap lembab akan membuat perbedaan yang menonjol dalam efektifitas hubungan elektroda pentanahan dengan tanah.

**Tabel 3.1 Pengaruh kelembaban terhadap tahanan jenis tanah<sup>[4]</sup>**

No	Persentase Air	Tahanan Tanah Lapisan Atas ( $\Omega/\text{cm}^3$ )	Tahanan Tanah Liat Berpasir ( $\Omega/\text{cm}^3$ )
1	0	$10 \times 10^6$	$10 \times 10^6$
2	2,5	2500	1500
3	2	1650	430
4	10	530	185
5	15	190	10
6	20	120	63
7	30	64	42

### 3.5 Pengaruh temperatur

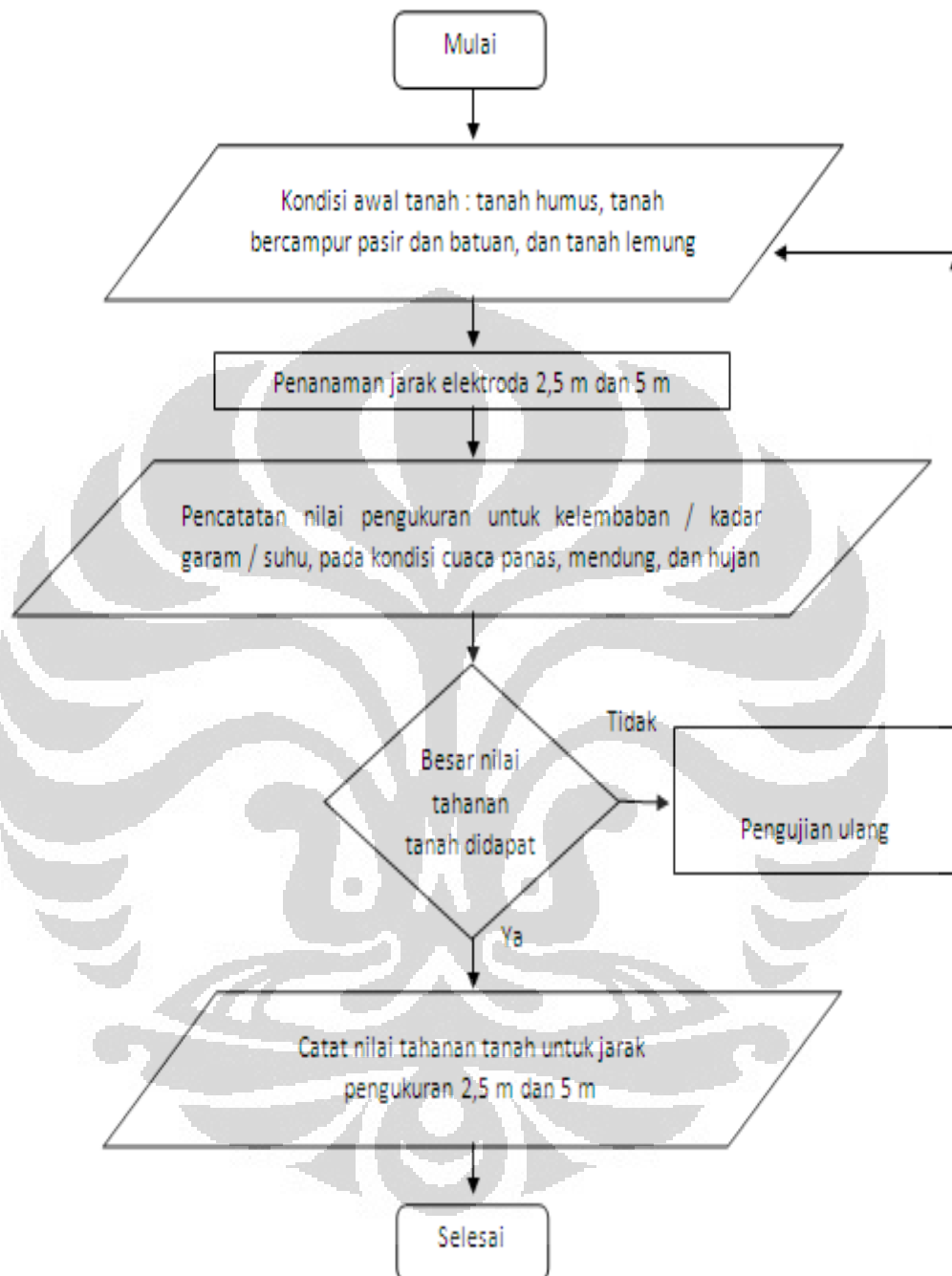
Temperatur akan berpengaruh langsung terhadap resistivitas tanah dengan demikian akan berpengaruh juga terhadap performa tegangan permukaan tanah. Pada musim dingin struktur fisik tanah menjadi sangat keras, dan tanah membeku pada kedalaman tertentu. Air di dalam tanah membeku pada suhu di bawah  $0^{\circ}\text{C}$  dan hal ini menyebabkan peningkatan yang besar dalam koefisien temperatur resistivitas tanah.

Koefisien ini negatif, dan pada saat temperatur menurun, resistivitas naik dan resistansi hubung tanah tinggi. Pengaruh temperatur terhadap resistivitas tanah dijelaskan dalam tabel 3.2 sebagai berikut (**Sumber : IEEE std 142-1991**)

**Tabel 3.2 Pengaruh temperatur terhadap tahanan tanah<sup>[4]</sup>**

No	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	Resistivitas (Ohm.cm)
1	-5	70.000
2	0	30.000
3	0	10.000
4	10	8.000
5	20	7.000
6	30	6.000
7	40	5.000
8	50	4.000

### 3.6 Flowchart pengukuran dan pengujian tahanan tanah (ohm)



**Gambar 3.3 flowchart pengukuran dan pengujian tahanan tanah**



### 3.7 Alat Pengujian

Peralatan yang digunakan untuk pengujian tahanan tanah terhadap pengaruh kelembaban, temperatur, pH dan cuaca adalah sebagai berikut :

1. Ground tester, sebagai alat pengukur tahanan tanah



**Gambar 3.4 ground earth resistance motor**

2. Soil tester, sebagai alat pengukur pH dan kelembaban tanah



**Gambar 3.5 Soil tester**

3. Thermometer tanah, sebagai alat mengukur temperatur tanah



**Gambar 3.6 Thermometer tanah**

### 3.8 Rangkaian Pengujian

Pengujian dilakukan pada tiga area tanah, dimana pada tanah pertama berupa tanah humus, tanah kedua berupa tanah bercampur pasir dan batu, dan pada tanah ketiga berupa tanah lempung, yang dilakukan pengukuran pada variasi jarak dan kondisi cuaca.

### 3.9 Pengujian tahanan tanah

Persiapan awal yang dilakukan terlebih dahulu sebelum pengujian adalah sebagai berikut ini :

1. Mempersiapkan lokasi dengan luas  $1 \text{ m}^2$  berjenis 100% tanah humus.
2. Mempersiapkan tempat dengan luas  $1 \text{ m}^2$  berjenis 100% tanah berpasir.
3. Mempersiapkan tempat dengan luas  $1 \text{ m}^2$  berjenis 100% tanah lempung.
4. Merangkai alat ukur pada media tanah seperti pada gambar .
5. Mencatat nilai kelembaban, temperatur, pH pada saat cuaca panas, mendung, dan hujan.
6. Mencatat nilai tahanan tanah yang dipengaruhi oleh kelembaban, temperatur, dan pH pada perubahan cuaca dengan kedalaman elektroda 2,5 m dan 5 m.



## BAB IV

### ANALISA HASIL PENGUJIAN

Prinsip pengukuran tahanan pentanahan pada dasarnya sama dengan cara pengukuran pada umumnya yaitu Tahanan (R) = Tegangan (V) / Arus (I). Hasil pengukuran hambatan akan dimasukkan dalam persamaan rumus :

$$\rho = 2. \pi. L. R$$

Dimana :

R = Tahanan rata rata tanah ( $\Omega$ )

$\rho$  = hambatan tanah ( $\Omega.m$ )

L = jarak elektroda(m)

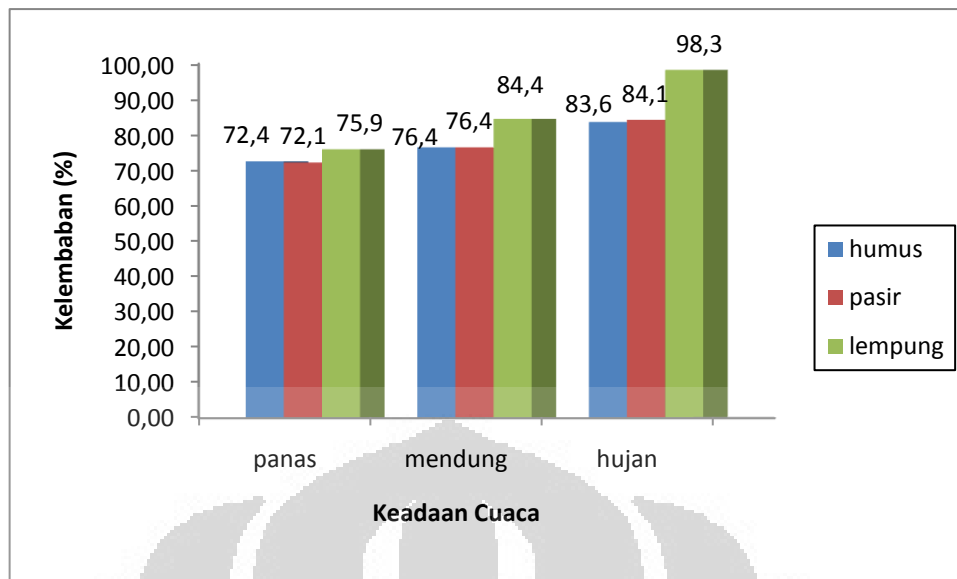
Adapun hasil pengukuran pada pengujian ini meliputi pengukuran nilai :

#### 4.1 Kelembaban

Berkaitan dengan kandungan uap lembab, tes sebidang tanah menunjukkan bahwa dengan lapisan permukaan tanah 10 kali akan lebih baik bila ditahan oleh batas dasar. Elektroda yang dipasang dengan dasar batu biasanya memberikan kualitas pentanahan yang baik, hal ini disebabkan dasar-dasar batu sering tidak dapat tembus air dan menyimpan uap lembab sehingga memberikan kandungan uap lembab yang tinggi.

##### 4.1.1 Hubungan antara kelembaban – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir dan lempung (L=2,5m).

Saat jarak pengukuran elektroda sebesar 2,5 m maka dapat dilihat nilai kelembaban pada tanah humus, pasir, lempung diukur saat keadaan cuaca panas, mendung dan hujan.

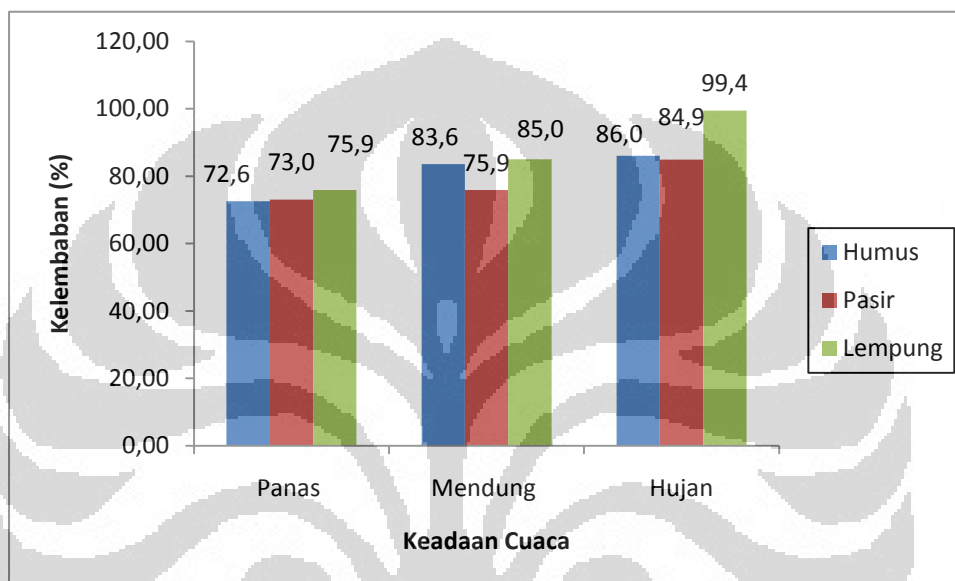


**Grafik 4.1 Hubungan antara kelembaban – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir dan lempung (L=2,5m)**

Pada grafik 4.1 Dapat dilihat bahwa nilai kelembaban saat keadaan panas untuk ketiga jenis tanah : 72,4, 72,1, 75,9. Pada keadaan mendung untuk ke tiga jenis tanah : 76,4, 76,4, 84,4. Pada keadaan hujan : 83,6, 84,1, 98,3 dari pergerakan nilai grafik tersebut dapat dilihat bahwa kelembaban akan semakin tinggi pada masing-masing jenis tanah jika keadaan tanah semakin basah. Nilai kelembaban tertinggi oleh tanah lempung pada titik 98,29% saat keadaan hujan dan nilai kelembaban terendah oleh tanah berpasir pada titik 72,13% saat keadaan panas. Hal ini sesuai dengan teori bahwa semakin tinggi kandungan air maka nilai kelembaban pada tanah akan semakin tinggi pula.

#### 4.1.2 Hubungan antara kelembaban – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir dan lempung (L = 5m).

Dengan mengganti kedalaman pengukuran elektroda sebesar 5m maka dapat dilihat nilai kelembaban pada tanah humus, pasir, lempung diukur saat keadaan cuaca panas, mendung dan hujan.



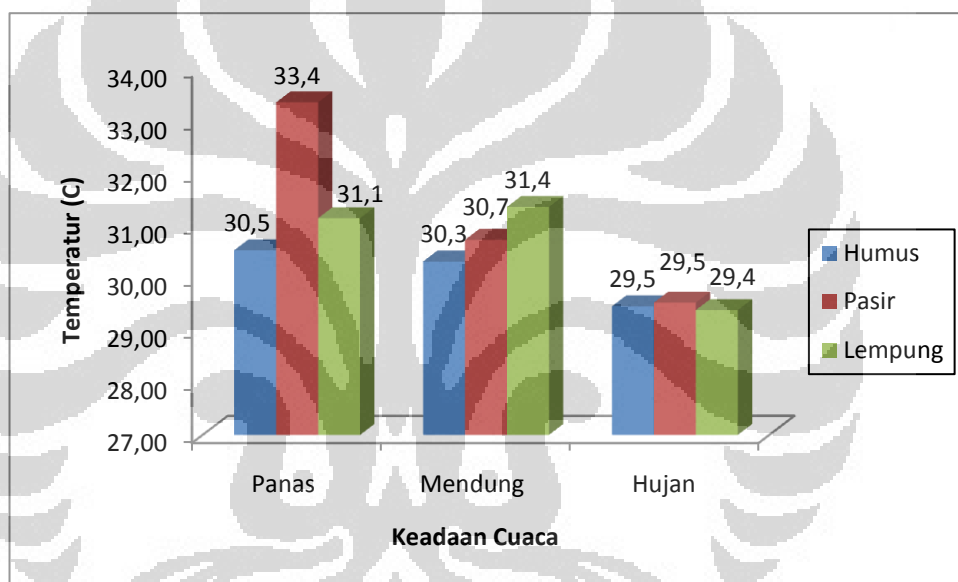
**Grafik 4.2 Hubungan antara kelembaban – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir dan lempung (L = 5m)**

Pada grafik 4.2 Dapat dilihat bahwa nilai kelembaban saat keadaan panas untuk ketiga jenis tanah : 72,6, 73,0, 75,9. Pada keadaan mendung untuk ke tiga jenis tanah : 83,6, 75,9, 85,0. Pada keadaan hujan : 86,0, 84,9, 99,4 dari pergerakan nilai grafik tersebut dapat dilihat bahwa kelembaban akan semakin tinggi pada masing-masing jenis tanah jika keadaan tanah semakin basah. Dimana pada grafik diatas dapat dilihat bahwa jenis tanah lempung mempunyai tingkat kelembaban yang lebih tinggi (99,43%) dari pada jenis tanah yang lain. Dan nilai kelembaban terendah pada keadaan cuaca panas oleh tanah humus (72,6%). Hal ini juga sesuai dengan teori bahwa semakin tinggi kandungan air maka nilai kelembaban pada tanah akan semakin tinggi pula

## 4.2 Temperatur.

Temperatur akan berpengaruh langsung terhadap resistivitas tanah dengan demikian akan berpengaruh juga terhadap performa tegangan permukaan tanah. Pada musim dingin struktur fisik tanah menjadi sangat keras, dan tanah membeku pada kedalaman tertentu. Air di dalam tanah membeku pada suhu di bawah  $0^{\circ}\text{C}$  dan hal ini menyebabkan peningkatan yang besar dalam koefisien temperatur resistivitas tanah.

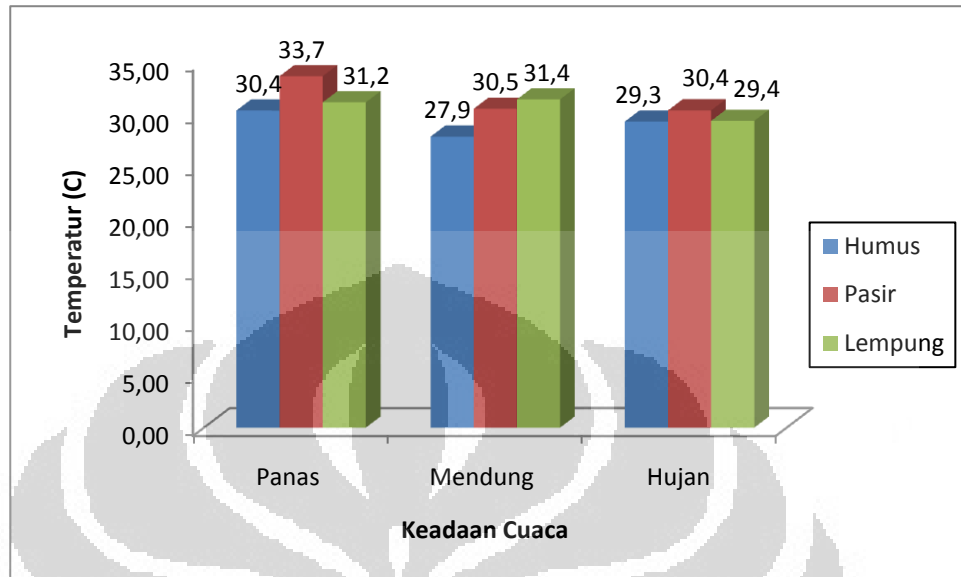
### 4.2.1 Hubungan antara temperatur – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir lempung ( $L = 2,5\text{m}$ )



**Grafik 4.3 Hubungan antara temperatur – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir dan lempung ( $L = 2,5\text{m}$ )**

Pada grafik 4.3 Temperatur dengan jarak pengukuran 2,5 m dapat dilihat bahwa pada Dapat dilihat bahwa nilai kelembaban saat keadaan panas untuk ketiga jenis tanah : 30,5, 33,4, 31,1. Pada keadaan mendung untuk ke tiga jenis tanah : 33,3, 30,7, 31,4. Pada keadaan hujan : 29,50, 29,54, 279,4. Dapat dilihat dari pergerakan grafik bahwa hubungan cuaca terhadap temperatur yaitu semakin cuaca dalam keadaan dingin (menuju hujan) maka temperatur akan semakin rendah. Dengan demikian antara temperatur dengan kelembaban berbanding terbalik.

#### 4.2.2 Hubungan antara temperatur – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir dan lempung (L = 5m)



**Grafik 4.4 Hubungan antara temperatur – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir dan lempung (L = 5m)**

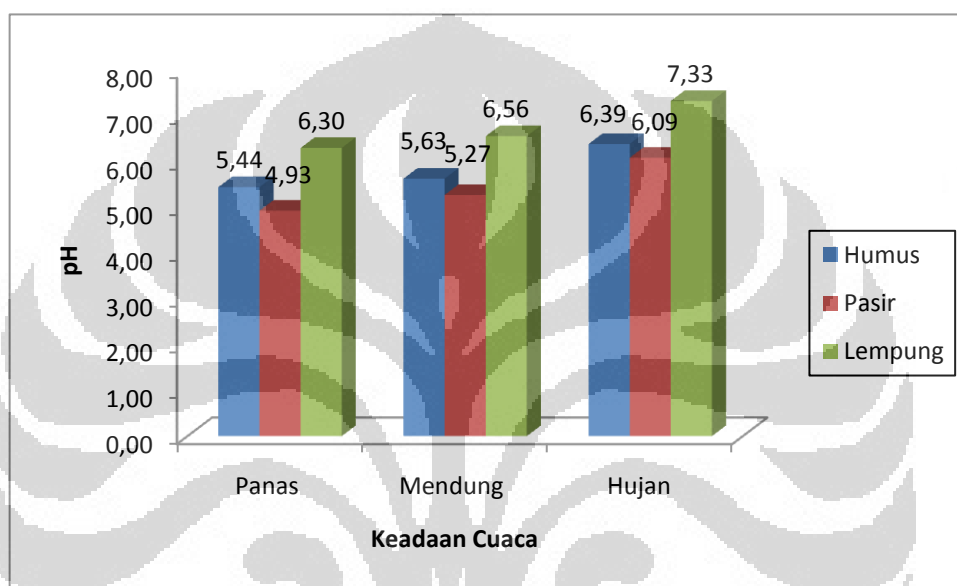
Begitu juga saat pengukuran pada jarak 5 m, dapat dilihat bahwa pada nilai kelembaban saat keadaan panas untuk ketiga jenis tanah : 30,4, 33,7, 31,2. Pada keadaan mendung untuk ke tiga jenis tanah : 27,9, 30,5, 31,4. Pada keadaan hujan : 29,3, 30,4, 29,4. Dapat dilihat dari pergerakan grafik bahwa hubungan cuaca terhadap temperatur yaitu semakin cuaca dalam keadaan dingin (menuju hujan) maka temperatur akan semakin rendah dan nilai pengukuran tidak berbeda jauh dengan pengukuran 2,5 m. Dengan demikian antara temperatur dengan kelembaban berbanding terbalik.



### 4.3 Kadar Garam (pH)

Semakin tinggi kadar asam pH pada lapisan tanah permukaan, maka tahanan jenisnya semakin rendah. Tingkat keasaman tanah yang diizinkan yaitu  $\ll 5\Omega$ .

#### 4.3.1 Hubungan antara pH – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir dan lempung (L = 2,5m)

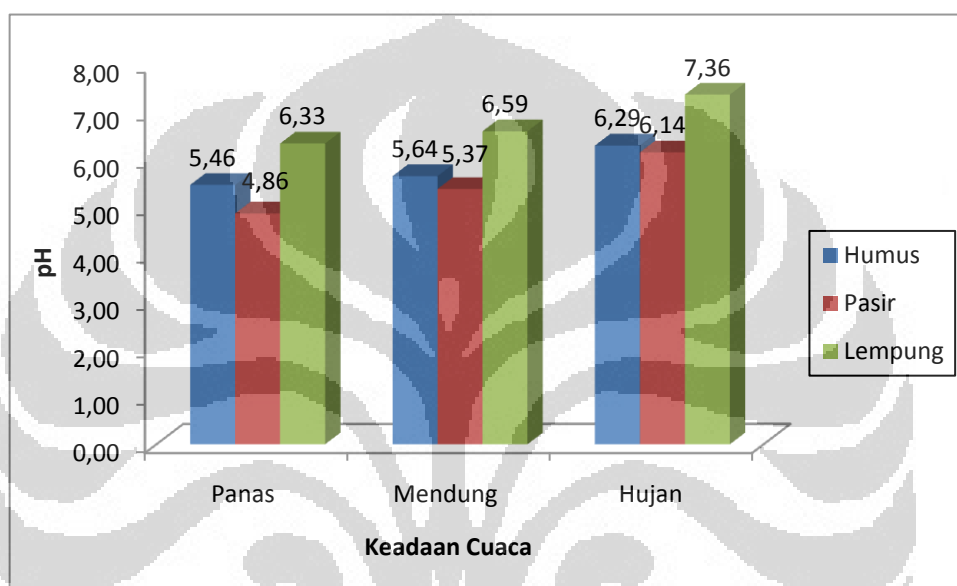


**Grafik 4.5 Hubungan antara pH – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir dan lempung (L = 2,5m)**

Nilai kadar garam (pH) terukur pada ke-3 jenis tanah terlihat bahwa semakin keadaan tanah dipengaruhi oleh air dalam tanah maka nilai kadar garam (pH) juga akan semakin meningkat. Baik itu pada jarak ukur 2,5m maupun jarak ukur 5m. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar air dalam tanah maka tingkat keasaman tanah akan semakin tinggi pula. Pada pengukuran kedalaman 2,5 m terlihat saat cuaca panas nilai kadar garam (pH) tanah humus 5,44, tanah pasir 4,93 dan tanah lempung 6,30. Nilai untuk cuaca mendung pada tanah humus 5,63, tanah berpasir 5,27, dan tanah lempung 6,56. Sedangkan saat cuaca hujan nilai kadar garam (pH) naik pada ketiga jenis tanah, pada tanah humus 6,39, tanah berpasir 6,09 dan tanah lempung 7,33. Dari

kenaikan grafik ini dapat disimpulkan bahwa semakin keadaan hujan maka nilai kadar garam (pH) akan semakin asam.

#### 4.3.2 Hubungan antara pH – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir dan lempung (L = 5m)

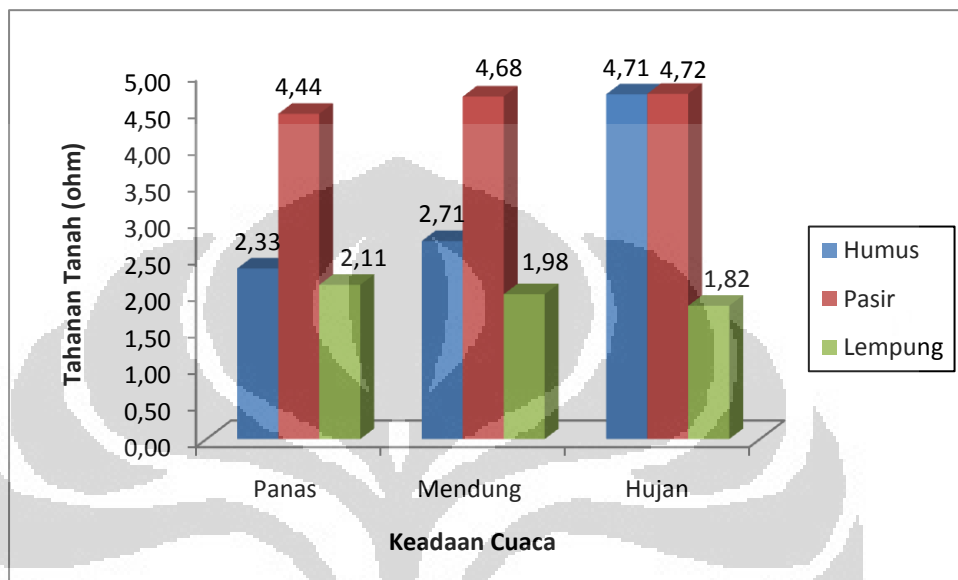


**Grafik 4.6 Hubungan antara pH – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir dan lempung (L = 5m)**

Pada grafik 4.6 terlihat Pada pengukuran kedalaman 5 m terlihat saat cuaca panas nilai kadar garam (pH) tanah humus 5,46, tanah pasir 4,86 dan tanah lempung 6,33. Nilai untuk cuaca mendung pada tanah humus 5,64, tanah berpasir 5,37, dan tanah lempung 6,96. Sedangkan saat cuaca hujan nilai kadar garam (pH) naik pada ketia jenis tanah, pada tanah humus 6,29, tanah berpasir 6,14 dan tanah lempung 7,36. Pergerakan grafik tidak jauh berbeda dengan pengukuran 2,5 m dimana semakin keadaan cuaca dalam keadaan hujan nilai kadar garam (pH) akan semakin asam.

#### 4.4 Tahanan Tanah (Rh).

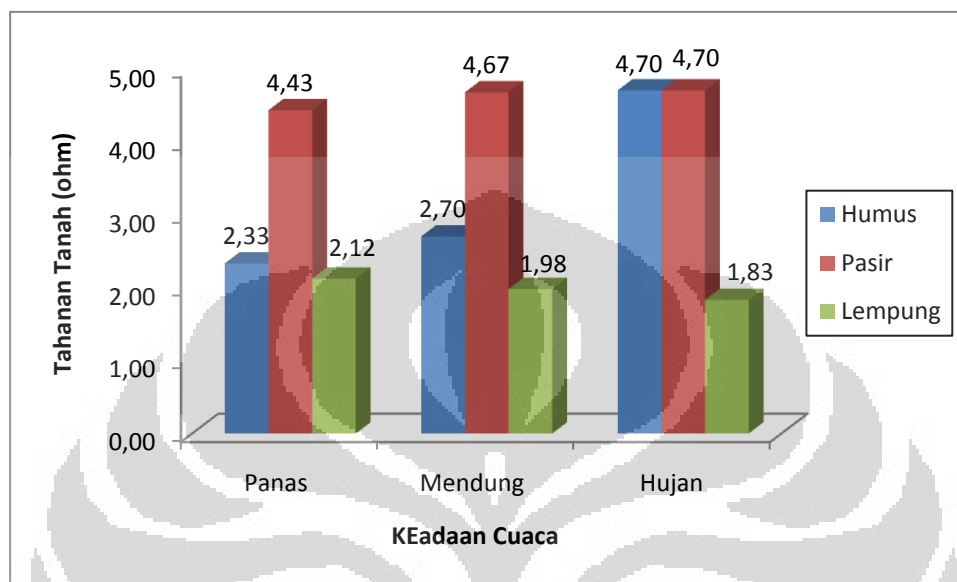
##### 4.4.1 Hubungan antara tahanan tanah (R) – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir dan lempung (L = 2,5m)



**Grafik 4.7 Hubungan antara tahanan tanah (R) – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir dan lempung (L = 2,5m)**

Pada grafik 4.7 dapat dilihat bahwa pada saat cuaca panas tahanan tanah tanah humus terukur 2,33  $\Omega$ , tanah berpasir 4,44  $\Omega$  dan tanah lempung 2,11  $\Omega$ . Pada saat cuacamendung tahanan tanah tanah humus terukur 2,71  $\Omega$ , tanah berpasir 4,68  $\Omega$  dan tanah lempung 1,98  $\Omega$ . Pada saat cuaca hujan tahanan tanah tanah humus terukur 4,71  $\Omega$ , tanah berpasir 4,72  $\Omega$  dan tanah lempung 1,82  $\Omega$ . Semakin dipengaruhi cuaca basah maka nilai tahanan juga semakin naik, sedangkan pada tanah lempung cenderung semakin turun (berbanding terbalik). Hal ini disebabkan karena partikel tanah lempung yang padat sehingga semakin tanah basah maka tahanan semakin kecil.

#### 4.4.2 Hubungan antara tahanan tanah (R) – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir dan lempung (L = 5m)



**Grafik 4.8 Hubungan antara tahanan tanah (R) – VS – keadaan cuaca pada tanah humus, pasir dan lempung (L = 5m)**

Pada grafik 4.8 dapat dilihat bahwa pada saat cuaca panas tahanan tanah tanah humus terukur 2,33  $\Omega$ , tanah berpasir 4,43  $\Omega$  dan tanah lempung 2,12  $\Omega$ . Pada saat cuacamendung tahanan tanah tanah humus terukur 2,70  $\Omega$ , tanah berpasir 4,67  $\Omega$  dan tanah lempung 1,98  $\Omega$ . Pada saat cuaca hujan tahanan tanah tanah humus terukur 4,70  $\Omega$ , tanah berpasir 4,70  $\Omega$  dan tanah lempung 1,83  $\Omega$ . Semakin dipengaruhi cuaca basah maka nilai tahanan juga semakin naik, sedangkan pada tanah lempung cenderung semakin turun (berbanding terbalik). Hal ini disebabkan karena partikel tanah lempung yang padat sehingga semakin tanah basah maka tahanan semakin kecil.

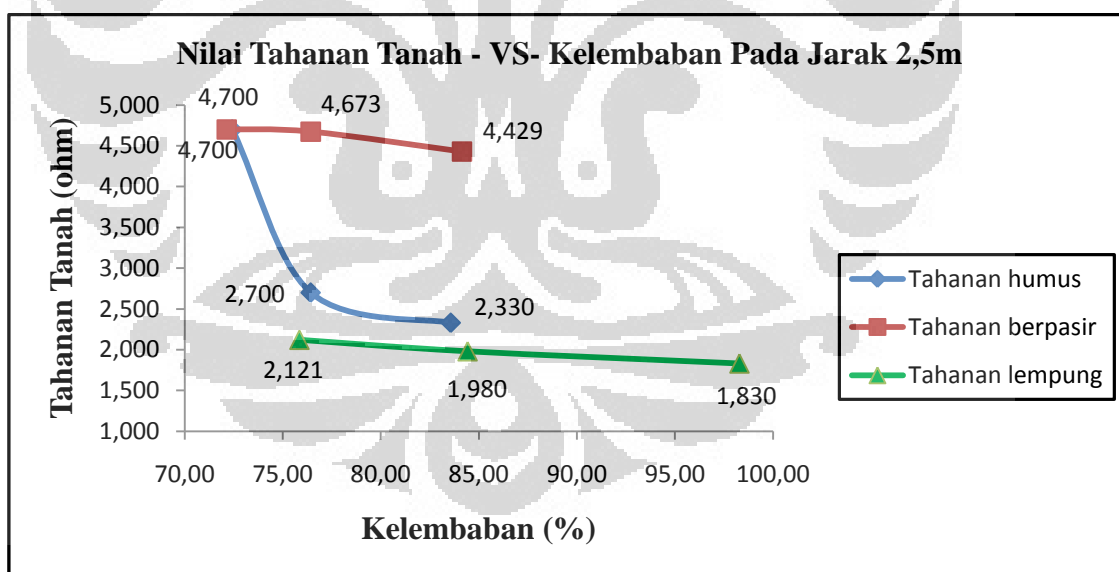
#### 4.5 Hubungan antara temperatur, pH, kelembaban terhadap tahanan tanah.

Sesuai dengan data pengukuran maka dapat dilihat pergerakan grafik tahanan pentanahan yang dipengaruhi oleh parameter – parameter tanah.

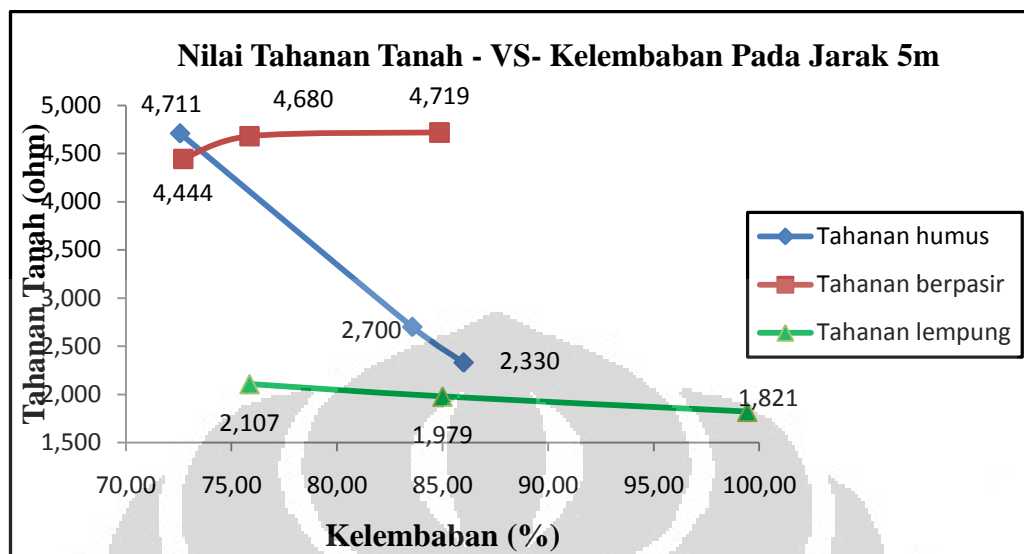
##### 4.5.1 Hubungan kelembababan dengan tahanan tanah (jarak ukur 2,5m dan 5m)

Pada pengukuran antara tahanan tanah dan kelembaban akan dilakukan pengukuran nilai tahanan pada saat cuaca panas, mendung dan hujan untuk ketiga jenis tanah dengan kedalaman elektroda ukur 2,5 m. Dalam pengukuran ini tidak dilakukan simulasi tanah, dalam artian kelembaban tanah & temperatur mengikuti nilai sebenarnya.

##### a. Grafik 4.9 Hubungan kelembaban terhadap tahanan tanah pada jarak 2,5m



**b. Grafik 4.10 Hubungan kelembaban terhadap tahanan tanah pada jarak 5m**



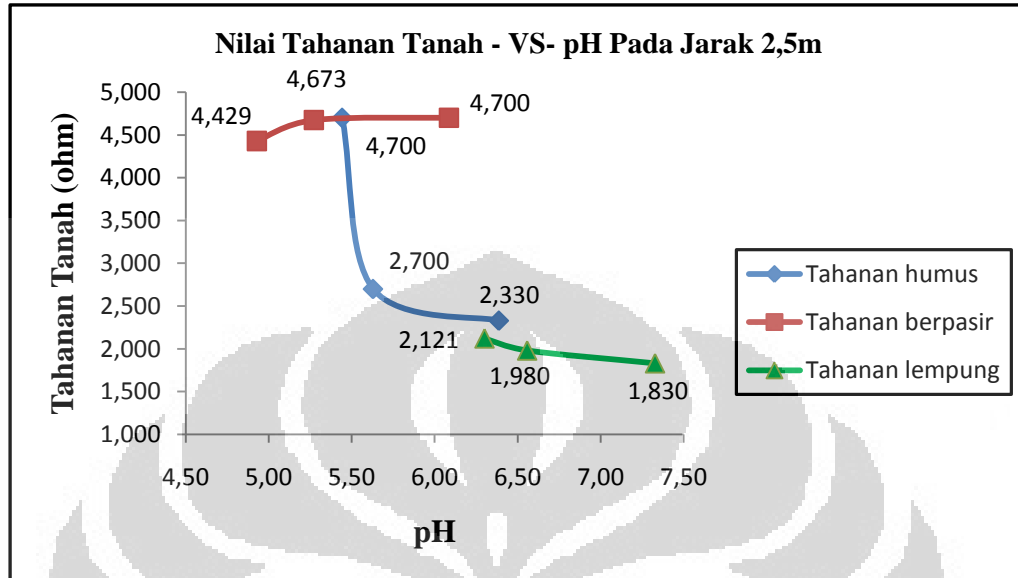
Pada grafik 4.9 Untuk pengukuran kedalaman elektroda 2,5 m dapat dilihat hubungan antara tahanan dan kelembaban dimana pada tanah humus nilai tahanan terukur berada di titik 4,700 (panas), 2,700 (mendung), 2,33 (hujan). Untuk tanah berpasir berada di titik 4,700 (panas), 4,673 (mendung), 4,429 (hujan). Dan untuk tanah lempung 2,121 (panas), 1,980 (mendung), 1,83 (hujan).

Pada grafik 4.10 Untuk pengukuran kedalaman elektroda 5 m dapat dilihat hubungan antara tahanan dan kelembaban dimana pada tanah humus nilai tahanan terukur berada di titik 4,711 (panas), 2,700 (mendung), 2,30 (hujan). Untuk tanah berpasir berada di titik 4,444 (panas), 4,680 (mendung), 4,719 (hujan). Dan untuk tanah lempung 2,107 (panas), 1,979 (mendung), 1,821 (hujan).

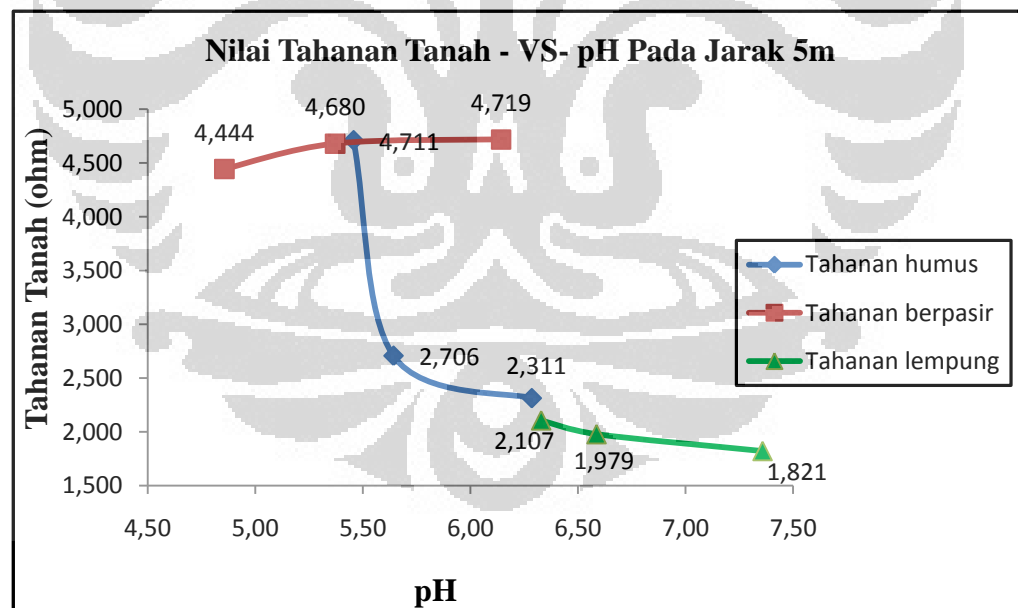
Dari hasil pengukuran dengan kedalaman 2,5 m dan 5 m dapat dilihat bahwa kecendrungan nilai tahanan semakin kecil, hal ini mendukung penelitian sebelumnya *Semakin lembab maka kadar air pada lapisan tanah akan semakin tinggi dan tahanan jenis tanah akan semakin rendah.* <sup>[1][4]</sup>

#### 4.5.2 Hubungan pH dengan tahanan tanah (jarak ukur 2,5m an 5m).

##### a. Grafik 4.11 Hubungan pH terhadap tahanan tanah pada jarak 2,5m



##### b. Grafik 4.12 Hubungan pH terhadap tahanan tanah pada jarak 5m



Pada grafik 4.11 Untuk pengukuran kedalaman elektroda 2,5 m dapat dilihat hubungan antara tahanan dan Kadar Garam (pH) dimana pada tanah humus nilai tahanan terukur berada di titik 4,700 (panas), 2,700 (mendung), 2,330 (hujan). Untuk tanah berpasir berada di titik 4,429 (panas), 4,673 (mendung),

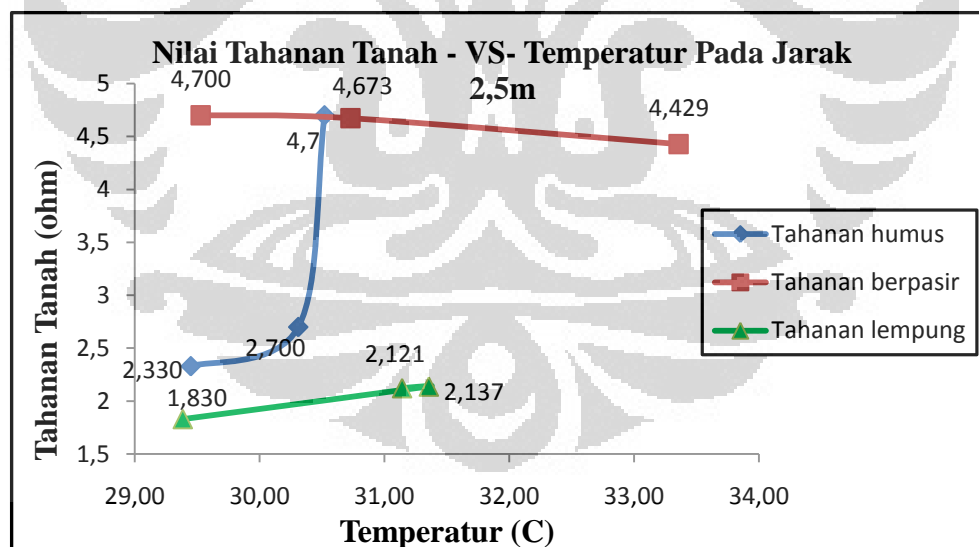
4,700 (hujan). Dan untuk tanah lempung 2,121 (panas), 1,980 (mendung), 1,830 (hujan).

Pada grafik 4.12 Untuk pengukuran kedalaman elektroda 5 m dapat dilihat hubungan antara tahanan dan Kadar Garam (pH) dimana pada tanah humus nilai tahanan terukur berada di titik 4,711 (panas), 2,706 (mendung), 2,311 (hujan). Untuk tanah berpasir berada di titik 4,444 (panas), 4,680 (mendung), 4,719 (hujan). Dan untuk tanah lempung 2,107 (panas), 1,979 (mendung), 1,821 (hujan).

Nilai pH yang diizinkan untuk tahanan terukur  $\gg$  dari  $5 \Omega$ , secara teori *Semakin tinggi kadar asam pH pada lapisan tanah, maka tahanan tanahnya akan semakin rendah.* <sup>[1][4]</sup>

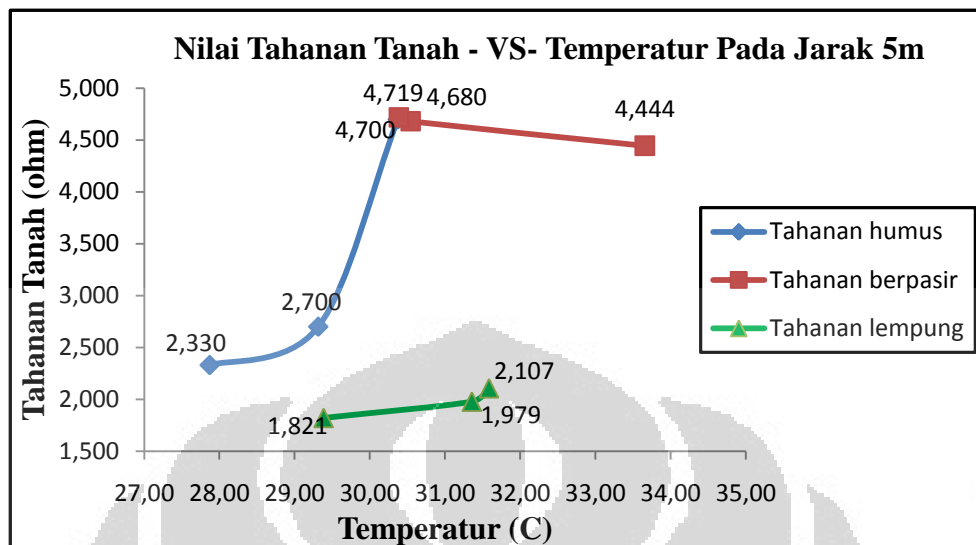
#### 4.5.3 Hubungan temperatur dengan tahanan tanah

##### a. Grafik 4.13 Hubungan temperatur terhadap tahanan tanah pada jarak 2,5m





b. **Grafik 4.14 Hubungan temperatur terhadap tahanan tanah pada jarak 5m**



Pada grafik 4.13 Untuk pengukuran kedalaman elektroda 2,5 m dapat dilihat hubungan antara tahanan dan Temperatur dimana pada tanah humus nilai tahanan terukur berada di titik 4,674 (panas), 2,700 (mendung), 2,330 (hujan). Untuk tanah berpasir berada di titik 4,700 (panas), 4,673 (mendung), 4,429 (hujan). Dan untuk tanah lempung 1,830 (panas), 2,121 (mendung), 2,137 (hujan).

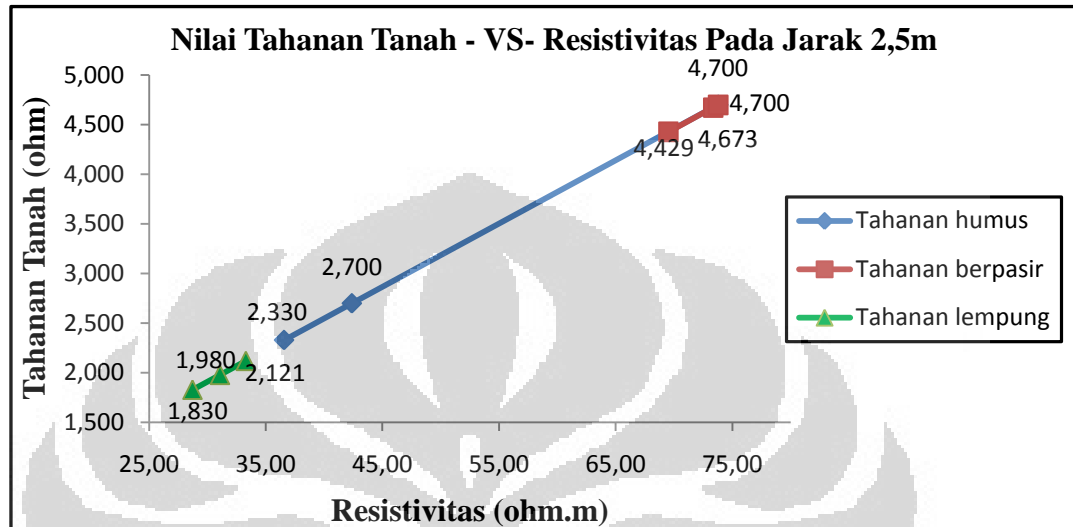
Pada grafik 4.14 Untuk pengukuran kedalaman elektroda 5 m dapat dilihat hubungan antara tahanan dan Temperatur dimana pada tanah humus nilai tahanan terukur berada di titik 4,700 (panas), 2,700 (mendung), 2,330 (hujan). Untuk tanah berpasir berada di titik 4,719 (panas), 4,680 (mendung), 4,444 (hujan). Dan untuk tanah lempung 1,821 (panas), 1,979 (mendung), 2,107 (hujan).

Dari pergerakan grafik dapat dilihat pada tanah humus dan lempung bahwa semakin tinggi temperature tanah maka tahanan tanah nya juga semakin meningkat. Secara teori *Temperatur dibawah titik beku menyebabkan ion-ion ya sulit bergerak jika dibandingkan pada keadaan cair, dan ini menyebabkan konduktivitasnya menurun serta tahanan tanahnya akan semakin tinggi.*<sup>[1][4]</sup>

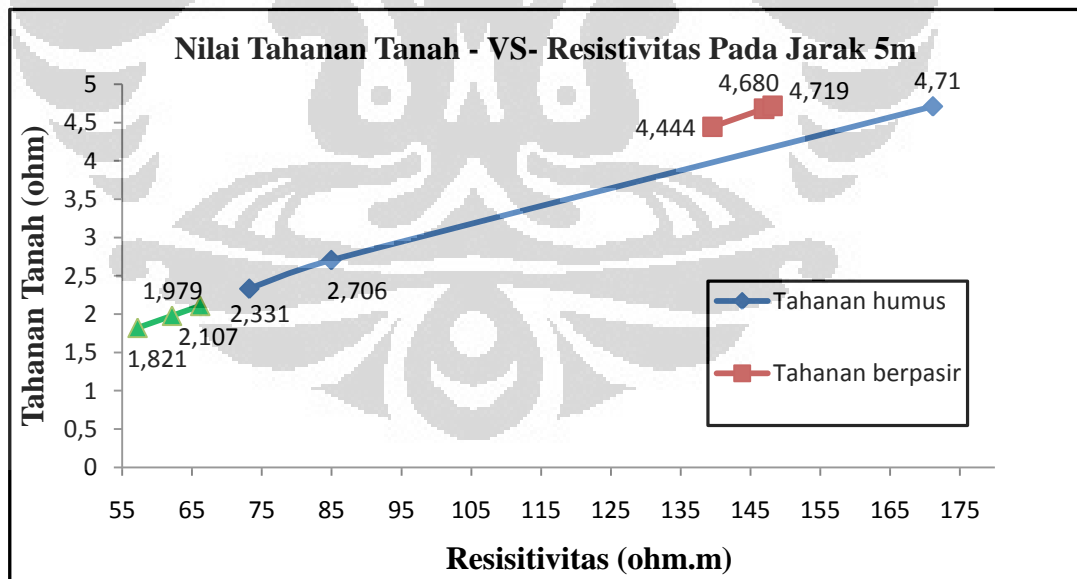
Sedangkan pada tanah berpasir bertentangan dengan teori, hal ini disebabkan pada tanah berpasir tidak hanya satu jenis tanah saja, namun merupakan campuran dari beberapa jenis sehingga *semakin kecil butiran-butiran tanah akan semakin sedikit kemampuan tanah menyimpan air, sehingga kadar airnya turun dan tahanan tanahnya semakin tinggi.*

#### 4.5.4 Hubungan resistivitas dengan tahanan tanah(jarak ukur 2,5m dan 5m)

- a. Grafik 4.15 Hubungan resistivitas terhadap tahanan tanah pada jarak 2,5m



- b. Grafik 4.11 Hubungan temperatur terhadap tahanan tanah pada jarak 5m



Dengan menggunakan rumus dasar :  $\rho = 2\pi AR$

Dimana :

$\rho$  = Resistivitas tanah

A = Jarak ukur elektroda

R = Tahanan tanah

Dari nilai tahanan tanah terukur (R) bahwa saat nilai R naik maka resistivitas ( $\rho$ ) juga akan naik, dan bila nilai R terukur turun maka resistivitas juga turun.

#### 4.6 Persamaan pengaruh Kelembaban, pH, Temperatur terhadap tahanan tanah

Berdasarkan hasil pengujian dan berdasarkan grafik yang diperoleh dapat dirumuskan persamaan perkiraan tanah terhadap kelembaban dengan menggunakan program bantuan *Microsoft Office Excel 2007* sehingga diperoleh untuk tanah humus rumus yang paling mendekati hasil dan grafik adalah.

##### a. Kelembaban.

Tabel 4.1 persamaan pengaruh kelembaban terhadap tahanan tanah.

Ketika kedalaman 2,5m, maka persamaan	Tanah humus	$y = -0,1938x + 18,258$
	Tanah berpasir	$y = -0,0237x + 6,4387$
	Tanah lempung	$y = -0,0139x + 3,2248$
Ketika kedalaman 5m, maka persamaan	Tanah humus	$y = -0,012x + 3,0111$
	Tanah berpasir	$y = 2,5506x - 11,599$
	Tanah lempung	$y = -0,179x + 17,695$

### b. pH

Tabel 4.2 persamaan pengaruh pH terhadap tahanan tanah.

Ketika kedalaman 2,5m, maka persamaan	Tanah humus	$y = -0,3098x + 4,1142$
	Tanah berpasir	$y = 0,1981x + 3,525$
	Tanah lempung	$y = -1,9283x + 14,464$
Ketika kedalaman 5m, maka persamaan	Tanah humus	$y = -0,2607x + 3,7305$
	Tanah berpasir	$y = 0,2004x + 3,5205$
	Tanah lempung	$y = -2,3052x + 16,602$

### c. Temperatur

Tabel 4.3 persamaan pengaruh temperatur terhadap tahanan tanah.

Ketika kedalaman 2,5m, maka persamaan	Tanah humus	$y = 1,6977x - 47,845$
	Tanah berpasir	$y = -0,0745x + 6,925$
	Tanah lempung	$y = 0,1597x - 2,8613$
Ketika kedalaman 5m, maka persamaan	Tanah humus	$y = 0,9074x - 23,239$
	Tanah berpasir	$y = -0,0802x + 7,1418$
	Tanah lempung	$y = 0,1102x - 1,4237$

Dari pergerakan grafik hubungan parameter parameter tanah terukur dengan tahanan tanah maka dengan bantuan *Microsoft Excel 2007* dapat ditarik persamaan linear untuk tiap pengaruh parameter. Dimana persamaan yang ditandai dengan nilai negatif (-) berarti grafik bergerak turun/nilai tahanan tanah semakin kecil mendekati nol, sedangkan yang bernilai (+) berarti grafik bergerak naik/nilai tahanan tanah semakin besar.



## BAB V

### KESIMPULAN

1. Dari hasil perhitungan dan pergerakan grafik dapat dilihat bahwa jenis tanah, temperatur, kelembaban dan kadar garam sangat mempengaruhi nilai tahanan (R) tanah, hal itu dibuktikan dari pergerakan data dan grafik.
2. Pengaruh kelembaban terhadap tahanan tanah, semakin tanah dalam keadaan lembab maka tahanan tanah akan semakin kecil. Dengan nilai tertinggi pada tanah humus dengan kedalaman elektroda 5m (4,711) dan nilai terendah pada tanah lempung dengan kedalaman elektroda 5 m (1,821)
3. Pengaruh kadar garam (pH) terhadap tahanan tanah, semakin tinggi kadar asam tanah maka tahanan tanah akan semakin kecil. Dengan nilai tertinggi pada tanah humus dengan kedalaman elektroda 5m (4,711) dan nilai terendah pada tanah lempung dengan kedalaman elektroda 5 m (1,821)
4. Pengaruh temperatur terhadap tahanan tanah, semakin tinggi nilai temperatur tanah maka tahanan tanah akan semakin tinggi. Dengan nilai tertinggi pada tanah humus dengan kedalaman elektroda 5m (4,719) dan nilai terendah pada tanah lempung dengan kedalaman elektroda 5 m (1,821).
5. Nilai Tahanan tanah terhadap Resistivitas tanah dengan nilai tertinggi pada tanah humus dengan kedalaman pengukuran elektroda 5m (4,712) dan nilai terendah pada tanah lempung dengan pengukuran elektroda 5m (1.820)



## DAFTAR ACUAN

- [1] Adib Chumaidy, *Analisis Penentuan Luas Minimum Elektroda Jaring Pada pembedaan Gardu Sebagai Fungsi dari Tahanan Jenis Tanah Dan Besar Arus Gangguan*, Tesis, 2000.
- [2] Adriyanto, S.D., *Analisis Pentanahan Kaki Menara Transmisi 150 kV Kentungan-Sanggrahan Bertahanan Tinggi dan Usaha Menurunkannya*, Jurusan Teknik Elektro UGM, Yogyakarta, 2003.
- [2] Arismunandar, A., dan Kuwahara, S., *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik, Jilid III Gardu Induk*, Pradnya Paramita, Jakarta, 1997.
- [4] Aris Sunawar, *Analisis Hambatan Jenis Tanah Yang Dipengaruhi Lingkungan pada Tanah Berpasir dan Berbatu*, 2008.
- [5] Charlton, T., *Earthing Practice*, Copper Development Association Publication 119, Orchard House Mutton Lane, 1997.
- [6] Graha, D.S., *Batuan dan Mineral*, Nova, Bandung, 1987.
- [7] Hutaeruk, T.S., *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*, Erlangga, Jakarta, 1987.
- [8] IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power System, *Power System Engineering Committee of the IEEE Industry Application Society*, IEEE Standards Board 142, 1991.
- [9] IEEE J. Ma, Senior Member, Dawalibi, and R. D. Southey, *Effect of The Changes in IEEE Std. 80 on the Design and Analysis of Power System Grounding*, Standart 80 156, 2000.
- [10] Mukhedhar, Dinkar, Nagar, R.P., *Review of Analytical Methods for Calculating The Performance of Large Grounding Electrodes Part. I*, Theoretical Considerations, IEEE Transactions Vol. PAS-104, No. 11, 1985
- [11] NPFA 70, National Electrical Code 2002 Edition, *An International Electrical Code TM Series*, 2002.
- [12] Sumerti, I.N., *Diktat Kuliah Peralatan Tegangan Tinggi*, Jurusan Teknik Elektro UGM.
- [13] Iwa Garniwa, *Pengaruh Harmonisa pada GTT (bahan ajar) - 4 Aug 06.mht*.
- [14] Iwa Garniwa, *Pengaman Bangunan dan Peralatan Elektronika Terhadap Fenomena Petir*, PETIR, PSTIK JE-FTUI, 2008.



## LAMPIRAN A

## Lampiran A. Data tanah humus dengan jarak pengukuran 2,5m

Tanah humus dengan titik 2.5m					
jam	pH	Kelembapan	Temperatur	$\rho$ ( $\Omega$ -m)	R ( $\Omega$ )
10.00	5,9	74	30,6	71,749	4,57
11.00	5,4	74	30,6	72,534	4,62
12.00	5,3	70	30,7	72,534	4,62
13.00	5,4	70	30,7	73,476	4,68
14.00	5,1	72	30,4	75,203	4,79
15.00	5,4	72	30,4	75,203	4,79
16.00	5,6	75	30,3	75,831	4,83
<b>Rata-rata</b>	<b>5,44285714</b>	<b>72,42857143</b>	<b>30,52857143</b>	<b>73,79</b>	<b>4,7</b>
Tanah humus dengan titik 2.5m					
	pH	Kelembapan	Temperatur	resistivitas	R ( $\Omega$ )
10.00	5,8	75	30,4	41,919	2,67
11.00	5,8	75	30,4	41,919	2,67
12.00	5,7	76	30,3	42,076	2,68
13.00	5,4	77	30,4	42,547	2,71
14.00	5,7	76	30,2	42,547	2,71
15.00	5,5	78	30,2	42,39	2,7
16.00	5,5	78	30,3	43,332	2,76
<b>Rata-rata</b>	<b>5,62857143</b>	<b>76,42857143</b>	<b>30,31428571</b>	<b>42,39</b>	<b>2,7</b>
Tanah humus dengan titik 2.5m					
	pH	Kelembapan	Temperatur	resistivitas	R ( $\Omega$ )
10.00	6,1	81	30,1	36,424	2,32
11.00	6	81	30,1	36,11	2,3
12.00	6,3	83	29,5	36,267	2,31
13.00	6,3	85	29,5	36,738	2,34
14.00	6,5	85	30	36,738	2,34
15.00	6,8	84	29	37,523	2,39
16.00	6,7	86	28	36,267	2,31
<b>Rata-rata</b>	<b>6,38571429</b>	<b>83,57142857</b>	<b>29,45714286</b>	<b>36,581</b>	<b>2,33</b>

## LAMPIRAN B

## Lampiran B. Data tanah humus dengan jarak pengukuran 5m

Tanah humus dengan titik 5 m					
jam	pH	Kelembapan	Temperatur	$\rho$ ( $\Omega$ -m)	R ( $\Omega$ )
10.00	5,7	73	30,7	144,754	4,61
11.00	5,5	75	30,8	147,266	4,69
12.00	5,3	72	31,1	144,44	4,6
13.00	5,4	71	31,2	145,382	4,63
14.00	5,3	72	30	151,034	4,81
15.00	5,4	72	30	150,406	4,79
16.00	5,6	73	28,8	314,765	4,85
<b>Rata-rata</b>	<b>5,45714286</b>	<b>72,57</b>	<b>30,37142857</b>	<b>171,1495714</b>	<b>4,711428571</b>
Tanah humus dengan titik 5 m					
	pH	Kelembapan	Temperatur	resistivitas	R ( $\Omega$ )
10.00	5,7	82	30,1	84,466	2,69
11.00	5,8	83	30,1	83,838	2,67
12.00	5,7	83	29,5	84,152	2,68
13.00	5,4	85	29,5	85,722	2,73
14.00	5,7	84	29	84,466	2,69
15.00	5,5	85	29	84,466	2,69
16.00	5,7	83	28	87,606	2,79
<b>Rata-rata</b>	<b>5,64285714</b>	<b>83,57142857</b>	<b>29,31428571</b>	<b>84,95942857</b>	<b>2,705714286</b>
Tanah humus dengan titik 5 m					
	pH	Kelembapan	Temperatur	resistivitas	R ( $\Omega$ )
10.00	6,1	86	27,4	73,162	2,33
11.00	5,3	86	27,5	72,534	2,31
12.00	6,3	87	28	72,534	2,31
13.00	6,3	87	28,2	73,162	2,33
14.00	6,5	85	28,3	73,476	2,34
15.00	6,8	85	28,2	75,36	2,4
16.00	6,7	86	27,5	72,22	2,3
<b>Rata-rata</b>	<b>6,28571429</b>	<b>86,00</b>	<b>27,87142857</b>	<b>73,20685714</b>	<b>2,331428571</b>

## LAMPIRAN C

## Lampiran C. Data tanah bercampur pasir dan batu kerikil dengan jarak pengukuran 2,5m

Tanah berpasir dengan titik 2.5m					
Jam	pH	Kelembapan	Temperatur	$\rho$ ( $\Omega$ -m)	R ( $\Omega$ )
10.00	5,1	73	33,2	70,964	4,52
11.00	5	72	33,5	71,121	4,53
12.00	4,8	73	35	72,534	4,62
13.00	4,9	73	35	72,848	4,64
14.00	4,8	72	32,8	68,609	4,37
15.00	5	72	32,5	65,312	4,16
16.00	4,9	70	31,5	65,312	4,16
<b>Rata-rata</b>	<b>4,92857143</b>	<b>72,14285714</b>	<b>33,35714286</b>	<b>69,52857143</b>	<b>4,428571429</b>
Tanah berpasir dengan titik 2.5m					
Jam	pH	Kelembapan	Temperatur	resistivitas	Tahanan
10.00	5,2	75	30,4	73,319	4,67
11.00	5,4	75	30,4	73,319	4,67
12.00	5,4	76	31,7	72,691	4,63
13.00	5,1	77	31,4	72,848	4,64
14.00	5	76	30,2	73,633	4,69
15.00	5,3	78	30,7	73,947	4,71
16.00	5,5	78	30,3	73,79	4,7
<b>Rata-rata</b>	<b>5,27142857</b>	<b>76,42857143</b>	<b>30,72857143</b>	<b>73,36385714</b>	<b>4,672857143</b>
Tanah berpasir dengan titik 2.5m					
Jam	pH	Kelembapan	Temperatur	$\rho$ ( $\Omega$ -m)	R ( $\Omega$ )
10.00	5,7	82	30,2	71,749	4,57
11.00	5,5	81	30,1	72,534	4,62
12.00	5,8	83	29,5	72,534	4,62
13.00	6,2	85	29,5	73,476	4,68
14.00	6,3	85	29,4	75,203	4,79
15.00	6,6	88	29,4	75,203	4,79
16.00	6,5	85	28,6	75,831	4,83
<b>Rata-rata</b>	<b>6,08571429</b>	<b>84,14285714</b>	<b>29,52857143</b>	<b>73,79</b>	<b>4,7</b>

## LAMPIRAN D

### Lampiran D. Data tanah bercampur pasir dan batu kerikil dengan jarak pengukuran 5m

Tanah berpasir dengan titik 5 m					
Jam	pH	Kelembapan	Temperatur	$\rho$ ( $\Omega$ -m)	R ( $\Omega$ )
10.00	5	73	33,6	142,242	4,53
11.00	5,1	73	33,5	141,614	4,51
12.00	4,9	75	35,6	143,812	4,58
13.00	4,6	73	35,3	145,696	4,64
14.00	4,7	72	32,6	137,218	4,37
15.00	4,8	72	33,2	134,078	4,27
16.00	4,9	71	31,8	132,194	4,21
<b>Rata-rata</b>	<b>4,85714286</b>	<b>73</b>	<b>33,65714286</b>	<b>139,5505714</b>	<b>4,444285714</b>
Tanah berpasir dengan titik 5 m					
Jam	pH	Kelembapan	Temperatur	resistivitas	Tahanan
10.00	5,3	75	30,4	146,324	4,66
11.00	5,4	75	30,3	146,638	4,67
12.00	5,5	76	31	144,44	4,6
13.00	5,4	74	31	146,638	4,67
14.00	5,3	75	30,1	146,324	4,66
15.00	5,3	78	30,3	148,522	4,73
16.00	5,4	78	30,7	149,778	4,77
<b>Rata-rata</b>	<b>5,37142857</b>	<b>75,85714286</b>	<b>30,54285714</b>	<b>146,952</b>	<b>4,68</b>
Tanah berpasir dengan titik 5 m					
Jam	pH	Kelembapan	Temperatur	$\rho$ ( $\Omega$ -m)	R ( $\Omega$ )
10.00	5,6	84	29,8	144,754	4,61
11.00	5,4	82	29,7	146,01	4,65
12.00	5,7	83	30,3	144,754	4,61
13.00	6,5	83	30,2	146,952	4,68
14.00	6,3	86	30	151,034	4,81
15.00	6,7	88	31,2	151,348	4,82
16.00	6,8	88	31,5	152,29	4,85
<b>Rata-rata</b>	<b>6,14285714</b>	<b>84,85714286</b>	<b>30,38571429</b>	<b>148,1631429</b>	<b>4,718571429</b>

## LAMPIRAN E

## Lampiran E. Data tanah lempung dengan jarak pengukuran 2,5m

Tanah lempung dengan titik 2.5m					
Jam	pH	Kelembapan	Temperatur	$\rho$ ( $\Omega$ -m)	R ( $\Omega$ )
10.00	6,2	79	31,4	35,011	2,23
11.00	6,2	79	31,2	35,482	2,26
12.00	6,3	75	31,5	34,697	2,21
13.00	6,3	75	30,7	29,673	1,89
14.00	6,4	73	30,8	30,301	1,93
15.00	6,4	74	30,9	33,755	2,15
16.00	6,3	76	31,5	34,226	2,18
<b>Rata-rata</b>	<b>6,3</b>	<b>75,85714286</b>	<b>31,14285714</b>	<b>33,30642857</b>	<b>2,121428571</b>
Tanah lempung dengan titik 2.5m					
Jam	pH	Kelembapan	Temperatur	$\rho$ ( $\Omega$ -m)	R ( $\Omega$ )
10.00	6,6	83	31,6	32,656	2,08
11.00	6,6	82	31,8	34,383	2,19
12.00	6,4	84	31,1	34,383	2,19
13.00	6,5	87	31,5	34,697	2,21
14.00	6,5	86	30,8	34,226	2,18
15.00	6,6	84	30,8	33,441	2,13
16.00	6,7	85	31,9	31,086	1,98
<b>Rata-rata</b>	<b>6,55714286</b>	<b>84,42857143</b>	<b>31,35714286</b>	<b>33,55314286</b>	<b>2,137142857</b>
Tanah lempung dengan titik 2.5m					
Jam	pH	Kelembapan	Temperatur	$\rho$ ( $\Omega$ -m)	R ( $\Omega$ )
10.00	7,1	92	30,1	29,359	1,87
11.00	7,1	94	30,1	29,045	1,85
12.00	7,3	96	29,5	29,673	1,89
13.00	7,4	98	29,5	28,574	1,82
14.00	7,5	102	30	27,946	1,78
15.00	7,5	105	28,5	28,417	1,81
16.00	7,4	101	28	28,103	1,79
<b>Rata-rata</b>	<b>7,32857143</b>	<b>98,28571429</b>	<b>29,38571429</b>	<b>28,731</b>	<b>1,83</b>

## LAMPIRAN F

## Lampiran F. Data tanah lempung dengan jarak pengukuran 5m

Tanah lempung dengan titik 5 m					
Panas	pH	Kelembapan	Temperatur	$\rho$ ( $\Omega$ -m)	R ( $\Omega$ )
10.00	6,2	79	31,5	69,708	2,22
11.00	6,2	79	31,8	70,336	2,24
12.00	6,3	75	31,7	69,394	2,21
13.00	6,3	75	32,4	60,602	1,93
14.00	6,4	73	31,3	59,974	1,91
15.00	6,4	74	30,9	64,684	2,06
16.00	6,5	76	31,5	68,452	2,18
<b>Rata-rata</b>	<b>6,32857143</b>	<b>76</b>	<b>31,58571429</b>	<b>66,16428571</b>	<b>2,107142857</b>
Tanah lempung dengan titik 5 m					
mendung	pH	Kelembapan	Temperatur	resistivitas	Tahanan
10.00	6,6	83	31,8	66,568	2,12
11.00	6,7	82	31,8	65,626	2,09
12.00	6,4	84	31,1	60,916	1,94
13.00	6,5	87	31,5	60,602	1,93
14.00	6,5	88	30,6	61,23	1,95
15.00	6,7	86	30,8	60,602	1,93
16.00	6,7	85	31,9	59,346	1,89
<b>Rata-rata</b>	<b>6,58571429</b>	<b>85</b>	<b>31,35714286</b>	<b>62,12714286</b>	<b>1,978571429</b>
Tanah lempung dengan titik 5 m					
Hujan	pH	Kelembapan	Temperatur	$\rho$ ( $\Omega$ -m)	R ( $\Omega$ )
10.00	7,2	93	30,1	57,462	1,83
11.00	7,1	93	30,1	59,032	1,88
12.00	7,3	96	29,5	57,148	1,82
13.00	7,4	101	29,5	57,148	1,82
14.00	7,6	105	30	56,206	1,79
15.00	7,5	106	28,5	56,206	1,79
16.00	7,4	102	28	57,148	1,82
<b>Rata-rata</b>	<b>7,35714286</b>	<b>99,42857143</b>	<b>29,38571429</b>	<b>57,19285714</b>	<b>1,821428571</b>