



# Jurnal Darma Agung

Volume XVI No. 01/ Juni / 2010

*Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Permintaan Uang  
Di Indonesia Sebelum Dan Setelah Krisis Moneter*

..... Anton AP. Sinaga

*Pengaruh Faktor - Faktor Fundamental Dan Resiko Sistematis Terhadap  
Harga Saham Perusahaan Real Estate Dan Property Di Bursa Efek Indonesia*

..... Luminggom Simamora

*Analisis Pengaruh Rasio - Rasio Keuangan Terhadap Return Saham  
Perusahaan Makanan Dan Minuman Yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia*

..... Erdianto Hulu

*Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Investasi Di Indonesia*

..... Santi Raya Siahaan

*Sistem Pemasaran Tomat*

..... Asmina Herawaty Sinaga

*Kajian Teoritis Pita Energi, Energi Gap, Dopping (Pengotoran) Dan Sifat  
Konduktivitas Semikonduktor Secara Umum*

..... Parlindungan Sitorus

*Optimasi Teoritik Ketebalan Lapisan Aktif C<sub>60</sub> Pada Sel Surya Organik Untuk  
Mendapatkan Efisiensi Maksimum*

..... Hebron Pardede

*Kajian Sosiologis Terhadap Pemahaman Hukum Atas Perlindungan Hak Cipta  
Karya Cipta Buku*

..... Herlina Manullang

*Kemiskinan: Sebuah Kajian Multidimensi*

..... Dame Esther M. Hutabarat

*Perbandingan Pengujian Bahan Perkerasan Jalan Secara Cepat Dengan  
Pengujian Bahan Perkerasan Jalan Secara Laboratorium*

..... Yetty R Saragi

*Gambaran Peranan Pasta Gigi Pemutih Mengangkat Noda Gigi - Geligi Pada  
Murid Kelas III Dan IV SD Negeri 060972 Simalingkar B Kecamatan Medan  
Tuntungan Tahun 2009*

..... Arlyana Harahap

*Analisa Pengetahuan Lingkungan Ibu Rumah Tangga Terhadap Pola  
Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Di Kecamatan Pancurbatu Kabupaten  
Deli Serdang*

..... Betty Mangkuji

*Analisis Faktor - Faktor Yang Mempengaruhi Permintaan Siswa SMA Terhadap  
Jasa Perguruan Tinggi*

..... Rosmawati

*Perbedaan Penambahan Garam Dengan Penambahan Bentonit Terhadap Nilai  
Tahanan Pembumian*

..... Baranitua Simanjorang

# Perbedaan Penambahan Garam Dengan Penambahan Bentonit Terhadap Nilai Tahanan Pembumian

Ir. Baranitua Simanjorang, M.T

Dosen tetap Fak. Teknik Jur. Elektro Univ. HKBP Nommensen Medan

## Abstract

Equipments protection for ground system influenced by some factor like : land type, geology, obstetrical land electrolyte, and also wheater condition. Obstetrical convertible land electrolyte with the addition of additive at land, for example salt, water, bentonite and the other. Variety the additive have own the chemistry content which difference causing happen of different earth prisoner value - difference also. In this research will be checked to hit the difference of salt addition with the bentonite addition at earth system. In this research, land selected only clay and research time [is] at 15.00 wib. Statistical analysis done by using anticipation formula certain period interval confidence 95%.

onit  
nan  
apat  
litif  
air

ang  
ian  
gan  
di  
nah  
aktu  
erta  
iran  
upa  
upa  
rata  
ada

## 1. Latar Belakang

Sistem pembumian adalah untuk membatasi tegangan lebih dari saluran yang mendadak naik, serta sambungan antara dua lintasan rel dengan saluran tegangan yang tinggi, dan petir. Penanaman elektroda tersebut dapat secara horisontal (sejajar dengan tanah) dan secara vertikal (tegak lurus dengan tanah). Untuk mengamankan gedung beserta peralatan yang ada di sekitarnya dibutuhkan tahanan pentanahan sekecil mungkin. Tahanan pembumian untuk pengamanan gedung diharapkan < 5 ohm Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL, 2000) dan tahanan pembumian untuk pengamanan peralatan diharapkan < 3 ohm. Agar mendapatkan tahanan pembumian sekecil mungkin tidak cukup hanya dilakukan dengan menanam pasak saja, karena selain sistem pembumian kandungan elektrolit pada tanah juga berpengaruh terhadap tahanan pembumian.

Kandungan elektrolit pada tanah tersebut dipengaruhi oleh jenis tanah yang berbeda. Perubahan kandungan elektrolit pada tanah tersebut dapat dilakukan dengan penambahan zat aditif misalnya ; bentonit, garam, air dan lain-lain. Penambahan zat aditif pada tanah tersebut justru cukup besar mempengaruhi tahanan pembumian.

## 2. Perumusan Masalah

Adakalanya terdapat perbedaan secara signifikan antara pembumian dengan penambahan

zat aditif berupa garam dengan zat aditif berupa bentonit. Kedua jenis zat aditif tersebut dapat menurunkan nilai tahanan pembumian. Sehingga perlu dilakukan penelitian langsung dilapangan dengan penambahan garam dengan penambahan bentonit terhadap nilai tahanan pembumian. Metode analisis yang digunakan adalah dengan statistik pendugaan selang.

## 3. Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan penambahan garam dengan penambahan bentonit terhadap nilai tahanan pembumian yang diharapkan dapat digunakan sebagai acuan didalam perencanaan atau pemasangan sistem pembumian. Disamping itu penelitian ini juga bertujuan untuk dapat meningkatkan akreditasi Program Studi Teknik elektro Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen dimasa yang akan datang.

## 4. Batasan Masalah

Mengingat waktu yang sangat terbatas, maka penelitian ini hanya dilakukan pada satu jenis tanah dan pada waktu tertentu saja.

## 5. Tinjauan Teoritis

### Sistem Pembumian

Dalam sistem tenaga listrik bagian yang dibumikan adalah titik netral generator, titik netral

nan  
dan

aan  
nan  
ilai  
uit.

aan  
onit  
em  
gai

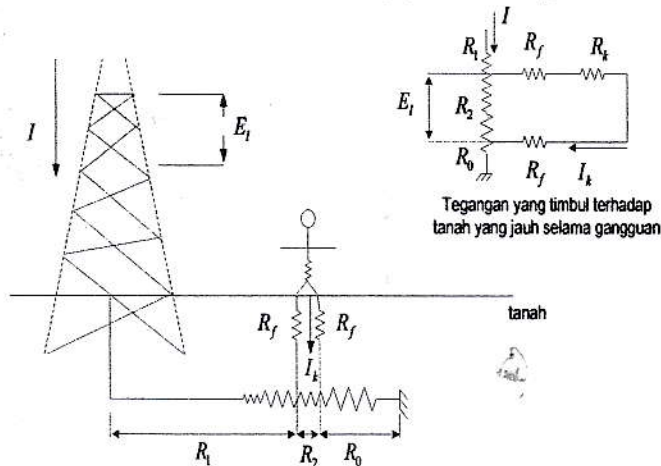
nan  
leh  
mit

Baranitu Simanjoang  
trafo dan hantaran netral. Pada keadaan seimbang tidak ada arus yang mengalir melalui elektroda pbumian. Arus akan mengalir melalui elektroda pbumian apabila terjadi gangguan ke tanah atau pada keadaan seimbang. Pbumian sistem yang setidaknya dihubungkan dengan satu konduktor (biasanya kabel tengah atau netral dari lilitan transformator atau generator) adalah penghubung terhadap tanah, atau melalui satu impendansi.

Pbumian peralatan adalah penghubungan badan atau rangka peralatan listrik (motor, generator, transformator, pemutus daya dan bagian-bagian logam lainnya yang pada keadaan normal tidak dialirin arus) dengan tanah. Maksud dari pbumian peralatan adalah untuk factor keamanan. Apabila terjadi gangguan ke tanah di sekitar peralatan tersebut akan terjadi *gradient* tegangan, yang dapat menyebabkan ; Tegangan langkah., Tegangan sentuh, dan Tegangan pindah. Hal ini dapat membahayakan keselamatan manusia apabila perencanaan pbumiannya tidak baik.

#### ❖ Tegangan Langkah

Tegangan langkah adalah tegangan yang timbul diantara dua kaki orang yang sedang berdiri diatas tanah yang sedang dialiri oleh arus kesalahan ke tanah. Pada Gambar 1. ditunjukkan tegangan langkah dan rangkaian penggantinya dimana jarak kedua kaki dimisalkan 1 meter dan diameter kaki 8 cm dalam keadaan tidak menggunakan sepatu.



Gambar 1. Tegangan langkah dengan rangkaian penggantinya

Dengan menggunakan rangkaian pengganti dapat ditentukan tegangan langkah sebagai berikut:

Perbedaan Penambahan Garam Dengan Penambahan Bentonit  
 $E_s = (R_k + R_f/2) \cdot I_k \dots \dots (1)$

Dengan,

$E_1$  = Tegangan langkah (Volt)

$R_k$  = Tahanan badan orang (Ohm) = 1000 Ohm

$R_f$  = Tahanan kontak ke tanah dari satu kaki (Ohm) =  $3\rho_s$ ,

$t$  = waktu kejut (detik)

= tahanan jenis tanah sekitar permukaan tanah (ohm-Meter)

$I_k$  = Arus fibrilasi

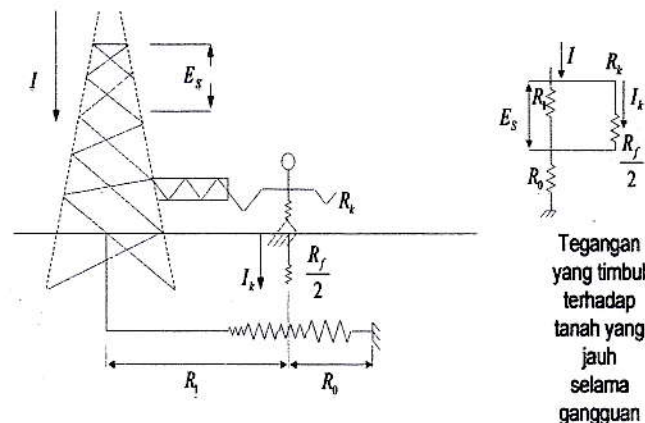
Besarnya tegangan langkah yang diizinkan dan lamanya gangguan yang diberikan dapat dilihat pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Tegangan langkah yang diizinkan dan lama gangguan

Lama gangguan (detik)	Tegangan sentuh yang diizinkan (volt)
0,1	7000
0,2	4950
0,3	4040
0,4	3500
0,5	3140
1,0	2216
2,0	1560
3,0	7000

#### ❖ Tegangan Sentuh

Tegangan sentuh adalah tegangan yang terdapat diantara suatu obyek yang disentuh dan suatu titik berjarak 1 meter, dengan asumsi bahwa obyek yang disentuh dihubungkan dengan kisi-kisi pbumian yang berada dibawahnya. Dalam hal ini peralatan yang dihubungkan dengan elektroda pbumian yang ditanam seperti Gambar berikut :



Gambar 2. Tegangan Sentuh dengan rangkaian penggantinya

anitia Simanjoang  
 Dari rangkaian pengganti dapat dilihat hubungannya sebagai berikut :

$$E_s = (R_k + R_f/2) \cdot I_k \dots \dots \dots (2).$$

Dengan,

$E_s$  = Tegangan sentuh (Volt)

$R_k$  = Tahanan badan orang (= 1000 Ohm).

$R_f$  = Tahanan kontak ke tanah dari satu kaki pada tanah yang diberi lapisan koral 10 cm (=3000 Ohm)

$I_k$  = Besarnya arus yang melalui badan (Ampere)

Tahanan badan orang telah diselidiki oleh beberapa ahli dan sebagai harga pendekatan diambil  $R_k = 1000$  Ohm. Tahanan  $R_f$  mendekati harga  $3\rho_s$  dimana  $\rho_s$  adalah tahanan jenis tanah di sekitar permukaan. Arus  $I_k = 0,116/\sqrt{t}$   
 Dengan demikian tegangan sentuh menjadi:

$$E_s = (1000 + 3\rho_s/2) \cdot 0,116 / \sqrt{t} \dots \dots \dots (3).$$

Dengan,

$\rho_s$  = tahanan jenis sekitar permukaan tanah (Ohm-meter)

= 3000 ohmmeter untuk permukaan tanah yang dilapisi koral 10 cm

t = waktu kejut atau lama gangguan tanah (detik)

besar tegangan sentuh yang diizinkan dan lamanya gangguan diberikan pada Tabel berikut :

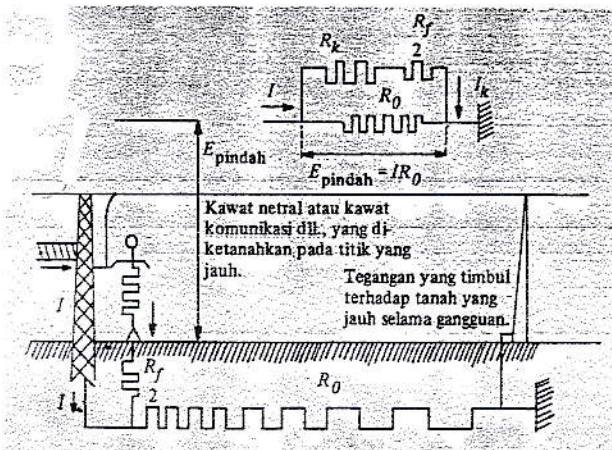
Tabel 2. Tegangan sentuh yang diizinkan dan lama gangguan

Lama gangguan t (detik)	Tegangan sentuh yang diizinkan (volt)
0.1	1980
0.2	1400
0.3	1140
0.4	990
0.5	890
1.0	626
2.0	443
3.0	362

**Tegangan Pindah**

Tegangan pindah adalah hal khusus dari tegangan sentuh, dimana tegangan ini terjadi bila pada saat terjadi kesalahan orang berdiri di dalam gardu induk, dan menyentuh suatu

Perbedaan Penambahan Garam Dengan Penambahan Bentonit peralatan yang dibumikan pada titik jauh, sedangkan alat tersebut dialiri oleh arus kesalahan ke tanah seperti yang dapat dilihat berikut ini



Gambar 3. Tegangan Pindah dengan rangkaian penggantinya

Batas- batas besarnya arus dan pengaruhnya terhadap manusia berbadan sehat :

1. Arus Persepsi

Tangan yang menyentuh penghantar yang bertegangan akan menyebabkan terjadinya pengaliran arus dan hal ini akan dirasakan sebagai rangsangan oleh syaraf, yang merupakan suatu getaran. Besarnya arus persepsi ini diperoleh dari suatu percobaan yang dilakukan oleh suatu laboratorium Electrical Testing Laboratory New York tahun 1993 yaitu :

- 1. Untuk laki-laki : 1.1 mA
- 2. Untuk perempuan : 0.7 mA

2. Arus Mempegaruhi Otot

Bila tegangan dan penghantar yang tersentuh tersebut dinaikkan lagi maka orang akan merasa sakit dan akhirnya pada tegangan tertentu otot-otot akan kaku yang dapat menyebabkan tangan tidak mampu lagi melepaskan penghantar tersebut. Hasil penelitian yang dilakukan di Universitas of California Medical School diperoleh angka rata-rata dari arus yang mempengaruhi otot yaitu :

- 1. Untuk laki-laki : 16 mA
- 2. Untuk perempuan : 10,5 mA

3. Arus Fibrilasi

Dengan semakin besarnya arus yang mengalir pada tubuh manusia dapat menyebabkan pingsan ataupun kematian. Hal ini disebabkan

onit nan apat litif air

ang ian gan di nah ktu erta iran upa upa rata ada

nan dan

aan nan ilai iit.

aan mit em gai

ian leh mit

Baranitia Simanjourang

karena arus fibrilasi dapat mempengaruhi jantung yang disebut *venticular fibrillation* dan ini dapat menyebabkan berhentinya jantung secara tiba-tiba dan dengan sendirinya peredaran darah yang dari jantung terhenti dan mengakibatkan kematian bagi orang tersebut. Besarnya arus yang diizinkan mengalir melalui tubuh manusia menurut Dalziel untuk lama gangguan antara 0,01 - 3 detik adalah :

$$I_k^2 \cdot t = K \text{ atau } I_k / \sqrt{t} \dots (4).$$

Dengan,  $k = \sqrt{K}$

$K = 0,0135$  untuk manusia dengan berat 50 Kg

$= 0,0246$  untuk manusia dengan berat 70 Kg.

Maka :

$$k_{50} = 0,116 \text{ Ampere.}$$

$$k_{70} = 0,157 \text{ Ampere.}$$

Jadi :

$$I_k^2 \cdot t = 0,0135 \text{ untuk berat badan 50 Kg.}$$

$$\text{Dan : } I_k = \frac{0,116}{\sqrt{t}} \dots (5).$$

Dengan,

$I_k =$  Besarnya arus lewat tubuh manusia (Amper).

$t =$  Waktu arus lewat tubuh manusia atau lama gangguan tanah (detik).

#### 4. Arus Reaksi

Arus reaksi adalah arus terkecil yang dapat menyebabkan orang menjadi terkejut, hal inilah yang sering menyebabkan kecelakaan yang fatal yang sering terjadi pada manusia. Karena terkejut tersengat arus listrik ketika berada di tempat yang tinggi dapat menyebabkan kematian akibat jatuh ataupun kecelakaan. Batasan-batasan arus dan pengaruhnya pada tubuh manusia dan hasil dari penyelidikan yang dilakukan oleh DR. Hans Prinz dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel. 3. Batasan-batasan arus dan pengaruhnya pada manusia

Besar arus	Pengaruh pada tubuh manusia
0 - 0,9 mA	Belum dirasakan pengaruhnya, tidak menimbulkan reaksi apa-apa.
0,9 - 1,2 mA	Baru terasa adanya arus listrik, tetapi tidak menimbulkan kejang, kontraksi atau kehilangan control.
1,2 - 1,6 mA	Mulai terasa seakan-akan ada yang merayap didalam tangan.
1,6 - 6,0 mA	Tangan sampai ke siku merasa kesemutan.
6,0 - 8,0 mA	Tangan mulai kaku, rasa kesemutan

Perbedaan Penambahan Garam Dengan Penambahan Bentonit masih bertambah.	
8,0 - 15,0 mA	Rasa sakit tidak tertahankan, pengantar masih dapat melepaskan dengan gaya yang besar sekali.
15,0 - 20,0 mA	Otot tidak sanggup lagi melepaskan pengantar.
20,0 - 50,0 mA	Dapat mengakibatkan kerusakan pada Tubuh Manusia.
50,0 - 100,0 mA	Batas arus yang dapat menyebabkan kematian.

#### 5. Jenis - jenis Pembumian pada Sistem Tenaga Listrik

Pada pembumian sistem tenaga listrik terdapat beberapa metode-metode untuk melakukan pembumian yaitu :

a. Pembumian melalui tahanan.

1. tahanan rendah dengan syarat :  $R_o \geq 2X_o$

2. tahanan tinggi dengan syarat :  $R_o \leq X_o/3$

b. Pembumian melalui reaktor :  $X_o \leq 10X_1$

c. Pembumian tanpa impedansi (tidak ada impedansi yang sengaja ditambahkan).

d. Pembumian Efektif :  $X_o \leq 3X_1$  dan  $R_o \leq X_1$

Di bawah ini akan dibahas metode- metode tersebut satu - persatu.

#### 6. Elektroda Pembumian

Elektroda Pembumian adalah penghantar yang ditanam dalam tanah dan membuat kontak langsung dengan tanah. Adanya kontak langsung tersebut diatas dengan maksud agar diperoleh pengaliran arus yang sebaik mungkin apabila terjadi gangguan sehingga arus tersebut disalurkan ke tanah. Tujuan dari pembumian adalah untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dilalui arus dan antara bagian-bagian ini dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman (tidak membahayakan) untuk semua kondisi operasional normal atau tidak normal. Untuk memperoleh impedansi yang kecil/rendah dari jalan balik arus hubung singkat ketanah oleh gangguan tegangan lebih.

Tahanan tanah disekitar elektroda tergantung pada tahanan jenis. Pada sistim pembumian terdapat beberapa komponen tahanan yang berpengaruh terhadap besar tahanan yang berpengaruh terhadap besar tahanan pembumian :

1. Tahanan kontak antar elektroda pembumian dengan tanah disekitarnya.
2. Tahanan tanah disekitarnya.
3. Tahanan pembumian.

Ketiga komponen tahanan, tahanan pembumian merupakan besaran yang paling besar pengaruhnya pada sistim pembumian dibandingkan tahanan elektroda pembumian dan tahanan kontak.

Untuk mendapatkan tahanan pembumian yang kecil, diperlukan elektroda pembumian. Prinsip dasar untuk memperoleh tahanan pembumian yang kecil adalah dengan membuat permukaan elektroda bersentuhan dengan tanah sebesar mungkin, sesuai dengan rumus :

$$R = \frac{\rho L}{A} \dots\dots\dots(6).$$

Dengan,

R = tahanan pembumian (Ohm)

$\rho$  = tahanan jenis tanah (Ohm meter)

L = panjang elektroda (meter)

A = luas penampang elektroda (meter<sup>2</sup>)

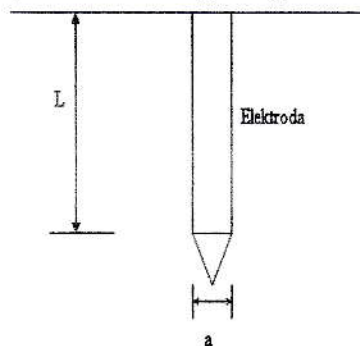
Selain ditentukan oleh luas penampang elektroda pembumian dan tahanan jenis tanah, tahanan pembumian yang diperoleh juga ditentukan pula oleh jenis dan bentuk elektroda pembumiannya.

1. Macam-macam Elektroda Pembumian

Ada 3 (tiga) jenis elektroda yang digunakan pada sistem pembumian yang biasa dipakai ini dapat digunakan secara tunggal maupun multiple dan juga secara gabungan dari ketiga jenis dalam satu sistem yaitu : a. Elektroda Pita, jenis ini terbuat dari bahan metal berbentuk pita atau juga kawat BCC yang ditanam di dalam tanah secara horizontal sedalam kurang lebih 2 feet. Elektroda 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. b. Elektroda Batang, terbuat dari batang atau pipa logam yang ditanam vertical didalam tanah. Biasanya dibuat dari bahan tembaga, staninless atau galvanized stell. Perlu diperhatikan pula dalam pemilihan bahan agar terhindar dari *galvanic couple* yang dapat menyebabkan korosi. Elektroda batang ini menyalurkan arus discharge petir maupun untuk pemakaian pembumian yang lain. c. Elektroda Pelat, bentuk biasanya empat persegi atau empat persegi panjang yang terbuat dari tembaga, timah atau pelat baja

Perbedaan Penambahan Garam Dengan Penambahan Bentonit yang ditanam didalam tanah. Cara pananaman biasanya secara vertical, sebab dengan menanam secara horizontal hasilnya tidak berbeda jauh dengan vertical. Penanaman secara vertical lebih praktis dan ekonomis.

2. Macam - macam Susunan Elektroda Pembumian  
Susunan elektroda pembumian dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pembumian elektroda yang ditanam secara horizontal. Untuk daerah-daerah yang tanahnya keras dan berbatu lebih praktis kalau menggunakan pembumian secara horizontal karena tidak memerlukan penanaman yang dalam, tetapi memerlukan lebih banyak batang pembumian sehingga biayanya akan lebih besar. Sedangkan untuk daerah yang struktur tanahnya tidak terlalu keras, pembumian secara vertical dapat dipakai karena memungkinkan untuk menanam elektroda lebih dalam ke dalam tanah sehingga tahanan pembumian dapat diperkecil.



Gambar 4. Pembumian satu batang elektroda secara vertical

Cara perhitungan tahanan pembumian adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho}{2\pi\epsilon} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \quad (\Omega) \dots\dots(7).$$

Untuk n batang pembumian berlaku persamaan berikut :

$$R_n = \frac{\eta R}{n} \quad (\Omega) \dots\dots(8).$$

Keterangan :

R = Tahanan pembumian dari batang pembumian (Ohm)

L = Panjang elektroda pembumian (m)

$\rho$  = Tahanan jenis tanah

a = Jari-jari elektroda pembumian (m)

$\eta$  = Koefisien kombinasi

n = Banyaknya elektroda pembumian

onit nan ipat litif air

ang nian gan di nah lktu erta iran upa upa rata ada

nan dan

aan nan ilai lit.

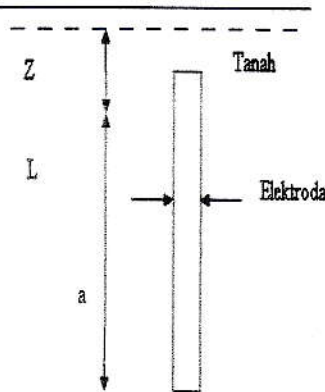
aan mit em gai

ian leh mit

Baranitua Simanjorang  
7 tergantung jarak antara dari masing-masing yang harganya diperlihatkan dalam Tabel berikut.

Jarak	0,5	1	2	3	4
7	1,35	1,20	1,15	1,10	1,05

SJ. Schwarz telah menurunkan persamaan yang telah umum yang bias dipergunakan untuk menghitung tahanan pbumian elektroda yang ujung atasnya tidak tepat diatas permukaan tanah seperti berikut.



Gambar 5. Satu Batang Elektroda yang Ditanam dengan Kedalaman Z dari Ujung Atasnya

Persamaan yang digunakan menghitung tahanan pbumian adalah :

$$R = \frac{\rho}{2\pi a} \left[ \ln \frac{4L}{a} - 1 + \ln \frac{1 + \frac{Z}{L}}{1 + 2\frac{Z}{L}} + \dots + \frac{Z}{L} \ln \frac{4\frac{Z}{L} + 4\sqrt{\frac{Z}{L}}}{1 + 4\frac{Z}{L} + 4\sqrt{\frac{Z}{L}}} \right] (\Omega) \dots (9)$$

Dengan,

R = Tahanan pbumian (Ohm)

L = Panjang elektroda pbumian (m)

z = Jarak elektroda dengan permukaan tanah (m)

a = Jari-jari elektroda pbumian (m)

### 3. Tahanan Jenis Tanah

Tahanan pbumian selain ditimbulkan oleh tahanan kontak juga ditimbulkan oleh tahanan sambungan antara alat pbumian dengan kawat penghubungnya. Unsur lain yang menjadi bagian dari tahanan pbumian adalah tahanan dari tanah yang ada di sekitar alat pbumian yang menghambat aliran muatan listrik (arus listrik) yang keluar dari alat pbumian tersebut. Arus listrik yang keluar dari alat pbumian ini menghadapi bagian-bagian tanah yang berbeda tahanan jenisnya. Untuk jenis tahanan jenis yang sama, tahanan jenisnya dipengaruhi oleh kedalaman nya. Makin dalam letaknya, umumnya makin kecil tahanan jenisnya, karena komposisinya makin padat dan umumnya juga lebih basah. Oleh karena itu, dalam memasang batang

Perbedaan Penambahan Garam Dengan Penambahan Bentonit pbumian, makin dalam pemasangannya akan makin baik hasilnya dalam akan didapat tahanan pbumian yang makin rendah. Hal ini disebabkan oleh adanya variasi tahanan jenis tanah.

Faktor keseimbangan antara tahanan dan kapasitansi sekelilingnya adalah tahanan jenis tanah yang direpresentasikan dengan  $\rho$ . Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung dari beberapa faktor yaitu :

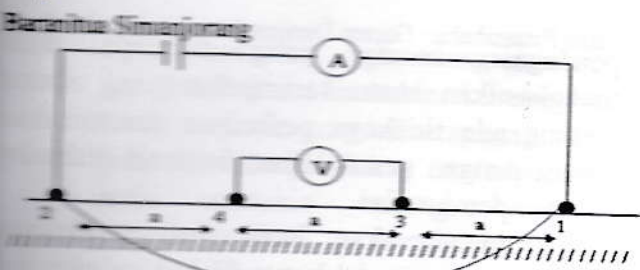
- Jenis tanah : tanah liat, berpasir, berbatu dan lain-lain.
- Lapisan : berlapis-lapis dengan tahanan berbeda atau uniform.
- Pengaruh Kelembaban
- Pengaruh Temperatur.

Untuk mendapatkan tahanan tanah yang rendah sering dicoba dengan memberi air atau dengan membasahi tanah, serta dengan mengubah komposisi kimia tanah dengan memberikan garam pada tanah dekat elektroda. Penelitian mengenai pengukuran tahanan jenis tanah yang dilakukan menunjukkan bahwa hasil-hasil yang diperoleh ternyata hampir sama. Tabel 2.5. akan memberikan gambaran mengenai besarnya tahanan jenis untuk bermacam-macam tanah.

Tabel 4. Tahanan Jenis Bermacam Tanah

Jenis Tanah	Tahanan Jenis (Ohm-m)
Sawah, rawa	30
Tanah Liat	100
Pasir Basah	200
Kerikil Basah	500
Pasir dan Kerikil kering	1000
Tanah Berbatu	3000

Kesulitan praktis dalam menggunakan data-data di atas adalah karena tanah biasanya terdiri dari dua atau lebih kombinasi dari bermacam-macam tanah. Hal yang penting dalam penyelidikan karakteristik tanah ialah mencari tahanan jenis tanah. Harga tahanan jenis tanah ini selalu bervariasi sesuai dengan keadaan pada saat pengukuran. Karena itu pada data tahanan jenis tanah sebaiknya dicantumkan keadaan cuaca dan basah keringnya tanah pada waktu pengukuran dilakukan. Dewasa ini ada beberapa cara dilakukan untuk mengukur tahanan tanah. Disini akan digambarkan cara empat elektroda. Di dalam cara ini rangkaian yang dipakai adalah seperti ini.



Gambar 6. Cara Mengukur Tahanan Jenis Tanah

Legenda : a dan d adalah elektroda arus

b dan c adalah elektroda tegangan

Dari Gambar di atas maka tahanan jenis tanahnya akan dapat dihitung sebagai berikut :

$$R = \frac{V}{I} \dots \dots \dots (10).$$

Dimana :

$$\rho = 2 \pi l R$$

Dengan,

V = Pembacaan volt meter (volt)

I = Pembacaan ampere meter (ampere)

R = Tahanan antara b dan c (Ohm)

l = Jarak antara tiap elektroda (meter)

$\rho$  = Tahanan Jenis Tanah (Ohm meter)

Perlu dijelaskan bahwa besarnya harga tahanan jenis tanah sangat mempengaruhi besarnya tahanan pembumian.

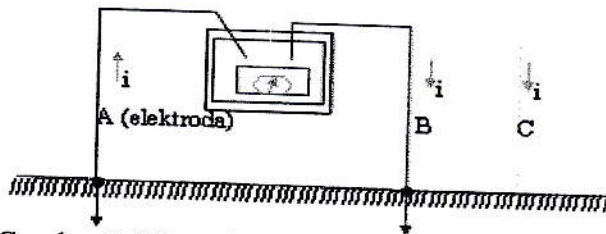
**Teknik Pengkondisi Tanah**

Cara untuk menurunkan tahanan jenis tanah ini disebut dengan teknik pengkondisian tanah. Adapun macam-macam teknik pengkondisian tanah antara lain, teknik bentonit, teknik kokas atau arang, teknik tepung logam, teknik garam, teknik semen konduktif. Pemilihan teknik pengkondisian tanah tersebut disesuaikan dengan kondisi lokasi tergantung pada kemudahan memperoleh bahan – bahan, kemudahan pemasangan, kemudahan pemeliharaan, besarnya tahanan jenis tanah efektif yang dapat dicapai, bahaya karat terhadap elektroda pembumian.

**Pengukuran Nilai Tahanan Pembumi Dengan Penambahan Garam Dan Bentonit**

Dalam sistem pembumian cara mengukur tahanan tanah secara umum adalah seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 7. Pada gambar ini tampak batang pembumian yang diukur tahanan pembumiannya ditanam paling kiri yaitu batang A. Batang kanan adalah batang pembantu yaitu batang B dan C, untuk menyuntikan arus dari alat pengukur tahanan pembumian. Arus kemudian

Perbedaan Penambahan Garam Dengan Penambahan Bentonit mengalir kembali ke alat pengukur melalui batang pembumian dan kabel warna biru (paling kiri).



Gambar 7. Mengukur Tahanan Pembumian

Alat pengukuran ini mengukur tegangan antara batang pembantu yang ada ditengah dan batang pembumian. Selanjutnya alat pengukuran ini akan menghitung tahanan pembumian menurut hukum ohm :

$$R = \frac{V}{I}$$

Dengan,

V = besar tegangan yang diukur

I = besar arus yang kembali melalui batang pembumian, yaitu yang melalui kabel warna biru paling kiri.

Tahanan pembumian nilainya berubah sepanjang tahun, pada musim kemarau nilainya tinggi dari pada musim hujan, karena pada musim hujan tanahnya basah. Gangguan sering terjadi pada permulaan musim hujan, karena petir sudah berdatangan tapi tanah masih kering, sehingga petir tidak bisa tersalurkan dengan baik ke tanah. Mengingat hal-hal diatas, maka tahanan pembumian dari titik-titik pembumian harus secara periodik (setahun sekali) diukur dan bila perlu dilakukan langkah-langkah perbaikan

**8. Metodologi**

Penelitian nilai tahanan pembumian ini dilakukan dengan menggunakan metode tiga titik. Misalnya tiga buah batang pembumian dimana batang R yang tahanannya hendak diukur dan batang-batang C dan P sebagai batang pembumian yang juga belum diketahui tahanannya, Untuk meneliti suatu nilai tahanan pembumian, jarak antara elektroda merupakan faktor terpenting, oleh karena itu harus dijaga agar tidak terjadi dua daerah tahanan saling menutup (overlap) dan dalam penelitian

Untuk melaksanakan pengukuran, maka terlebih dahulu dibuat suatu rancangan penelitian seperti gambar di bawah ini:

nit  
ian  
pat  
itif  
air

ng  
ian  
gan  
di  
lah  
ktu  
rta  
ran  
pa  
pa  
ata  
ada

ian  
lan

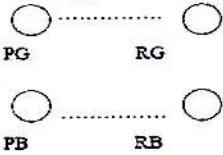
ian  
ian  
ilai  
it.

ian  
nit  
em  
gai

an  
eh  
nit



Baranitia Simanjorang  
**Rancangan Penelitian :**



**Keterangan :**

- PG = pentanahan dengan menggunakan garam
- PB = pentanahan dengan menggunakan bentonit
- RG = Hasil pengukuran tahanan pentanahan dengan menggunakan garam
- RB = Hasil pengukuran tahanan pentanahan dengan menggunakan bentonit

Untuk mendapatkan data-data dalam penelitian ini dilakukan beberapa langkah antara lain :

1. Pengeboran tanah pada lokasi penelitian sedalam 1,50 meter sebanyak 2 (dua) lubang dengan diameter 20 cm
2. Penanaman/ penancapan Elektroda grounding yang sama pada masing-masing lubang dengan panjang 120 cm dan diameter 4 cm.
3. Pengisian zat aditif pada masing-masing lubang (2 lubang), satu lubang untuk garam dan satu lubang untuk bentonit.
4. Pengukuran tahanan pentanahan

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat didefinisikan sebagai berikut :

- a. Tahanan pentanahan adalah tahanan antara elektroda sistem pentanahan dengan elektroda lain pada jarak 5 sampai dengan 10 meter dengan satuan ohm (  $\Omega$  ).
- b. Zat aditif dalam penelitian ini adalah garam dan bentonit atau tepung logam sebanyak masing-masing 20 kg.
- c. Elektroda batang adalah elektroda dari batang tembaga dengan panjang 240 cm dan diameter 1,0 cm.

**9. Analisis Hasil Penelitian**

**1. Metoda Analisis Yang Digunakan**

Dari hasil pengukuran yang ditunjukkan pada tabel 2 dan 3, untuk mendapatkan suatu kesimpulan yang baik tentang ada tidaknya perbedaan penambahan garam dengan penambahan bentonit terhadap tahanan pembumiannya dapat dilakukan dengan menggunakan uji statistik, dimana uji statistik dilakukan dengan menggunakan system

Perbedaan Penambahan Garam Dengan Penambahan Bentonit pendugaan selang, yang nantinya akan menghasilkan suatu kesimpulan yang akurat tentang ada tidaknya perbedaan penambahan garam dengan penambahan bentonit terhadap tahanan pembumian

Untuk mendapatkan hasil dari pendugaan selang tersebut, maka harus dilakukan beberapa hal pokok antara lain :

1. Parameter populasi  $\mu$  selalu konstan dan tetap konstan. Dugaan selangkah yang merupakan suatu variabel acak, karena pusat selang  $\bar{X}$  merupakan suatu variabel acak.
2. Untuk lebih memahami dari mana asalnya, selang keyakinan dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\mu = \bar{X} \pm Z_{0,025} GB \dots \dots (11).$$

dimana  $Z_{0,025}$  yang bernilai 1.96 diperoleh dari Tabel Apendiks IV pada buku Statistika karangan Ronald j. Wonnacott edisi ke empat yaitu nilai Z yang memotong 2,5% ekor kanannya dan karena setangkup, juga 2,5% ekor kirinya persamaan (x) sangat berguna sebagai bentuk dasar selang keyakinan yang kita pelajari dan juga GB merupakan suatu simpangan baku yang dibagi akar dari jumlah Sample yang dilakukan antara lain :

$$GB = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots \dots \dots (12).$$

jadi apabila persamaan (y) disubstitusikan ke persamaan (x) maka kita akan memperoleh bentuk lain yang sangat berguna yaitu : Selang keyakinan 95%

$$\mu = \bar{X} \pm Z_{0,025} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

3. Bila ukuran sample bertambah besar ,  $\bar{X}$  memiliki galat baku  $\sigma/\sqrt{n}$  yang semakin kecil, sehingga selang keyakinanya semakin sempit. Jadi memperbesar ukuran sampel akan meningkatkan ketelitian.
4. Misalkan kita ingin lebih yakin lagi, 99% yakin, maka selang itu harus cukup besar sehingga mencakup 99% probabilitas. Karena ini menyisakan 0,005 pada setiap ekornya, maka dalam rumus diatas harus digunakan  $Z_{0,005} = 2,58$  (diperoleh dari

Baran

2. F

Tab

n
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
n =

table Apendks). Jadi selang keyakinanya semakin lebar semakin kurang berarti. Persis seperti yang diharapkan. Semakin pasti kita menginginkan suatu pernyataan, maka semakin kurang berarti lah pernyataan itu.

Dari hasil pengukuran yang ditunjukkan pada table 2. dan 3. sebelumnya, untuk mendapatkan ada tidaknya perbedaan dari data rata - rata hasil penambahan garam dengan penambahan bentonit terhadap tahanan pembumian dapat diuji dengan statistik dengan menggunakan pendugaan selang. Dari analisis dengan menggunakan pendugaan selang didapat bahwa rata - rata tahanan pembumianya sebagai berikut.

2. Rata-rata Nilai Tahanan Pembumian Dengan Penambahan Garam

Pada pengukuran dengan menggunakan garam dari hasilnya dapat terlihat bahwa data tahanan pembumian atau disimbol dengan  $X_i$ , terjadi peningkatan atau semakin besar sampai hari yang ke lima, setelah hari yang ke lima nilai tahanan pembumian ( $X_i$ ) menjadi tetap. Dari hasil pengukuran ini untuk memperoleh rata - rata tahanan pembumianya, maka dilakukan suatu analisis statistik dengan menggunakan pendugaan selang.

Tabel 5. Analisis Dengan Pendugaan Selang

n	$X_i$	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	8	-1,95	3,8025
2	8	-1,95	3,8025
3	8	-1,95	3,8025
4	8	-1,95	3,8025
5	8	-1,95	3,8025
6	9	-0,95	0,9025
7	9	-0,95	0,9025
8	9	-0,95	0,9025
9	11	1,05	1,1025
10	11	1,05	1,1025
11	11	1,05	1,1025
12	11	1,05	1,1025
13	11	1,05	1,1025
14	11	1,05	1,1025
15	11	1,05	1,1025
16	11	1,05	1,1025
17	11	1,05	1,1025
18	11	1,05	1,1025
19	11	1,05	1,1025
20	11	1,05	1,1025
$n = 20$	$\sum X_i = 199$		$\sum (X_i - \bar{X})^2 = 34,95$

Perbedaan Penambahan Garam Dengan Penambahan Bentonit Untuk mencari nilai rata - rata hitung pada tabel di atas, maka dilakukan dengan cara membagi jumlah nilai data oleh banyaknya data. Simbol rata - rata hitung adalah  $\bar{X}$ .

Rumus untuk mencari rata - rata hitung ( $\bar{X}$ ) adalah :

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad \text{atau,}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Dengan,

- $\bar{X}$  = Rata - rata hitung
- $X_i$  = data yang ke i
- n = Jumlah data

Maka rata - rata hitung dari hasil pengukuran adalah :

$$\bar{X} = \frac{119}{20}$$

$$\bar{X} = 9,95$$

Untuk memperoleh data simpangan baku (S) dari data diatas terlebih dahulu kita tentukan jarak antara tiap data dengan rata - rata hitung  $\bar{X}$ , dalam symbol ditulis ( $X_i - \bar{X}$ ), setelah itu setiap data ( $X_i - \bar{X}$ ) dikuadratkan sehingga diperoleh data ( $X_i - \bar{X}$ )<sup>2</sup>. Jika semua jarak - jarak antara tiap data dengan rata - rata hitung  $\bar{X}$  yang dikudratkan tadi dijumlahkan, lalu dibagi dengan jumlah sample dikurang satu, maka diperoleh satuan yang disebut simpangan baku (S) dimana rumusnya simpangan baku adalah :

$$S^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Dengan,

- S = Simpangan baku
- n = Jumlah data
- $X_i$  = Data ke i
- $\bar{X}$  = Rata - rata hitung

Untuk mencari simpangan baku (S) dari S<sup>2</sup> diambil harga akarnya yang positif, sehingga diperoleh simpangan baku dari hasil pengukuran adalah :

$$S^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1} = \frac{34,95}{20 - 1} = \frac{34,95}{19} = 1,8395$$

$$S = \sqrt{1,8395} = 1,3563$$

onit  
nan  
ipat  
litif  
air

ang  
ian  
gan  
di  
nah  
ktu  
erta  
iran  
upa  
upa  
rata  
ada

nan  
dan

aan  
nan  
ilai  
it.

aan  
onit  
tem  
gai

nan  
leh  
mit

Untuk memperoleh pendugaan selang dari data tahanan pembumian dengan penambahan garam dan penambahan bentonit dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :  
Selang keyakinan 95%

$$\mu = \bar{X} \pm Z_{0,025} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Dengan,

S atau  $\sigma$  = Simpangan baku

n = Jumlah data

$\bar{X}$  = Rata – rata hitung

$\mu$  = Rata – rata

maka diperoleh rata – rata nya adalah :

$$\mu = \bar{X} \pm Z_{0,025} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 9,95 \pm 1,96 \frac{1,3653}{\sqrt{20}}$$

$$= 9,95 \pm 0,5861$$

Jadi dengan taraf keyakinan 95% kita menyimpulkan bahwa rata – rata nilai tahanan pembumiannya adalah antara 9,3639 ohm dan 10,5361 ohm.

3. Rata-rata nilai tahanan pembumian dengan penambahan bentonit

Pada pengukuran dengan penambahan bentonit dapat terlihat terjadi peningkatan nilai tahanan pembumian atau di simbol dengan ( $X_i$ ) sampai hari yang ke dua, setelah hari ke dua nilai tahanan pembumiannya ( $X_i$ ) menjadi tetap. Untuk mencari rata – rata nilai tahanan pembumiannya, maka dilakukan dengan menggunakan uji statistik dalam hal ini sama halnya untuk mencari rata – rata nilai tahanan pembumian pada penambahan garam dengan cara melakukan pendugaan selang seperti dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 6. Analisis Dengan Pendugaan Selang

N	$X_i$	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	4	-0,64	0,4096
2	4	-0,64	0,4096
3	4	-0,64	0,4096
4	4	-0,64	0,4096
5	4,8	0,16	0,0256
6	4,8	0,16	0,0256
7	4,8	0,16	0,0256
8	4,8	0,16	0,0256
9	4,8	0,16	0,0256
10	4,8	0,16	0,0256
11	4,8	0,16	0,0256
12	4,8	0,16	0,0256
13	4,8	0,16	0,0256
14	4,8	0,16	0,0256
15	4,8	0,16	0,0256

Perbedaan Penambahan Garam Dengan Penambahan Bentonit

16	4,8	0,16	0,0256
17	4,8	0,16	0,0256
18	4,8	0,16	0,0256
19	4,8	0,16	0,0256
20	4,8	0,16	0,0256
n = 20	$\sum X_i = 92,8$		$\sum (X_i - \bar{X}) = 2,048$

Seperti halnya untuk mencari nilai rata – rata hitung dengan penambahan garam begitu juga dengan penambahan bentonit untuk mencari rata – rata hitung pada tabel di atas dengan cara membagi jumlah nilai data oleh banyak data dimana simbol rata – rata hitung adalah  $\bar{X}$ .

Rumus untuk mencari rata – rata hitung ( $\bar{X}$ ) antara lain :

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Atau,

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Dengan,

$\bar{X}$  = Rata – rata hitung

$X_i$  = data yang ke i

n = Jumlah data

Maka rata – rata hitung dari hasil pengukuran adalah :

$$\bar{X} = \frac{92,8}{20} \text{ maka } \bar{X} = 4,64$$

Untuk memperoleh Simpangan baku (S) dari data diatas terlebih dahulu kita tentukan jarak antar tiap data dengan nilai rata – rata hitung  $\bar{X}$ , dalam simbol ditulis ( $x_i - \bar{x}$ ), setelah itu setiap data ( $x_i - \bar{x}$ ) dikuadratkan sehingga diperoleh data ( $x_i - \bar{x}$ )<sup>2</sup>. Jika semua jarak – jarak antara tiap data dengan rata – rata hitung  $\bar{X}$  tadi yang dikudratkan tadi dijumlahkan, lalu dibagi (n – 1) maka diperoleh satuan yang disebut simpangan baku (S) seperti halnya untuk mencari data simpangan baku (S) dengan penambahan zat aditif berupa garam dimana :

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Dengan,

S = Simpangan baku

n = Jumlah data

Baranjitua Simanjourang  
 $X_i = \text{Data ke } i$

$\bar{X}$  = Rata - rata hitung

Untuk mencari simpangan baku (S) dari  $S^2$  harus diambil yang berharga positif hasilnya.

Oleh karena itu didapatkan simpangan baku dari hasil pengukuran dengan penambahan bentonit terhadap nilai tahanan pbumian antara lain :

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$S^2 = \frac{2,048}{20 - 1} = \frac{2,048}{19} = 0,107$$

$$S = 0,328$$

Dan untuk mencari pendugaan selangnya dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan di bahwa ini, seperti halnya untuk mencari pendugaan selang dengan penambahan garam.

Persamaannya adalah :

Selang Keyakinan 95%

$$\mu = \bar{X} \pm Z_{0,025} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Dengan,

S atau  $\sigma$  = Simpangan baku

n = Jumlah data

$\bar{X}$  = Rata - rata hitung

$\mu$  = Rata - rata

maka diperoleh rata - rata nya adalah :

$$\mu = \bar{X} \pm Z_{0,025} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$= 4,46 \pm 1,96 \frac{0,328}{\sqrt{20}}$$

$$= 4,46 \pm 0,1437$$

Jadi dengan taraf keyakinan 95% dapat disimpulkan bahwa rata - rata nilai tahanan pbumianya adalah antara 4,3163 ohm dan 4,6037 ohm

Jadi dari analisis statistik dengan pendugaan selang didapatkan bahwa rata - rata tahanan pbumiannya sebagai berikut :

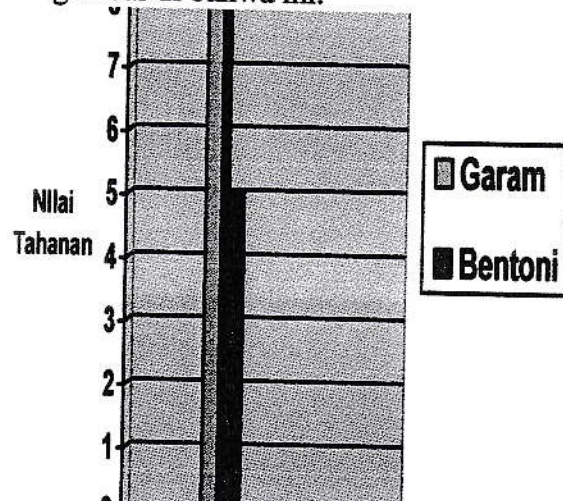
- Rata - rata tahanan pbumian dengan penambahan garam =  $9,95 \pm 0,5861$
- Rata - rata tahanan pbumian dengan penambahan bentonit =  $4,46 \pm 0,1437$

#### 4. Perbedaan Nilai Tahanan Pbumian Dengan Penambahan Garam Dan Penambahan Bentonit

Dalam sistem pbumian ada beberapa faktor yang mempengaruhi tahanan pbumian antara lain: jenis tanah, suhu, kelembaban tanah, lapisan tanah serta kadungan elektrolit tanah. Kandungan elektrolit

Perbedaan Penambahan Garam Dengan Penambahan Bentonit tanah dapat menurunkan nilai tahanan pbumian. Kandungan elektrolit tanah dapat dirubah dengan cara penambahan zat aditif pada tanah seperti : garam, bentonit, arang, air dan lain - lain.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap nilai tahanan pbumian dengan penambahan garam dan dengan penambahan bentonit yang dilaksanakan di Sidikalang, Kab. Dairi, dimana jenis tanah yang dipergunakan adalah tanah liat dan waktu yang pelaksanaan selama 10 hari serta pengukuran dilakukan 2 kali pengukuran sehari dengan mamakai bahan zat aditif berupa garam sebanyak 20 kg dan zat aditif berupa bentonit 20 kg didapat perbedaan rata - rata tahanan pbumian yang dapat dilihat pada gambar di bahwa ini.



Gambar 8. Grafik Perbedaan rata - rata tahanan pbumian dengan garam dan dengan penambahan bentonit

Dari gambar diatas dapat dilihat perbedaan yang sangat signifikan antara nilai tahanan pbumian dengan penambahan garam dan nilai tahanan pbumian dengan penambahan bentonit.

#### 10. Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang perbedaan penambahan garam dan penambahan bentonit terhadap nilai tahanan pbumian pada sistem pbumian, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Hasil perhitungan dari data antara penambahan garam dengan penambahan bentonit diperoleh bahwa nilai tahanan pada penambahan bentonit

- lebih rendah dibandingkan nilai tahanan pada penambahan garam.
- b. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa pada hari yang ke lima nilai tahanan pada penambahan garam dan penambahan bentonit menjadi tetap.
  - c. Berdasarkan hasil analisis terjadi perbedaan yang signifikan antara penambahan garam dengan penambahan bentonit pada sistem pembumian.

## 11. Saran

Setelah melihat hasil penelitian tentang perbedaan penambahan garam dengan penambahan bentonit pada sistem pembumian maka beberapa hal yang perlu disarankan anatara lain :

- a. Dalam pemasangan sistem pembumian suatu sistem tenaga listrik, maka sebelum dipasang alat pembumian, ada baiknya terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap tanah tempat pemasangan pembumian tersebut sehingga diketahui berapa nilai tahanan tanahnya, sehingga nilai tahanan yang layak dapat dipenuhi.
- b. Sesuai hasil pengujian yang telah dilakukan, maka dapat ditentukan apakah perlu menambah zat aditif atau tidak.
- c. Untuk memperoleh nilai tahanan pembumian yang baik disarankan menggunakan elektroda yang berlapis tembaga. Hal ini dilakukan agar elektroda tidak berkarat, sehingga tidak mempengaruhi nilai tahanan pembumian yang diperoleh.

## Perbedaan Penambahan Garam Dengan Penambahan Bentonit Daftar Pustaka

- Arismunandar, A. "Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik – Gardu Induk", PT. Pratnya Paramita, Jakarta.
- Diktat Kuliah AMG, 2008, "Tahanan Pembumian", <http://www.SistemPentanahan.com>, (2009, 20 Maret).
- Djiteng Marsudi, 2005, "Pembangkit Energi Listrik", Erlangga, Jakarta.
- Hutauruk Ridwan A., 2007, "Studi Perhitungan Tahanan Pembumian Menara Titi Kuning", Tugas Akhir, Tidak Diterbitkan.
- Hutauruk T.S., "Pengetanahan Netral dan Pengetanahan Peralatan", Erlangga, Jakarta.
- Iwan Franky, 2004, "Analisa Sistem Pembumian Peralatan Listrik di Gardu Induk.
- James G. Stallcup, 1987, "Designing Electrical System", United State of America, USA.
- Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL), 2000.