

JOBSHEET PRAKTIKUM 6
WORKHSOP INSTALASI
PENERANGAN LISTRIK

I. Tujuan

1. Mahasiswa mengetahui tentang pengertian dan fungsi dari elektrode bumi.
2. Mahasiswa mengetahui bagaimana cara dan aturan-aturan pemasangan elektrode bumi
3. Mahasiswa dapat memasang dan mengukur elektrode bumi.
4. Mahasiswa dapat melakukan pengukuran arde dengan menggunakan alat ukur earth tester.

II. Dasar Teori

1. Definisi

Grounding adalah suatu jalur langsung dari arus listrik menuju bumi atau koneksi fisik langsung ke bumi. Dipasanginya koneksi *grounding* pada instalasi listrik adalah sebagai pencegahan terjadinya kontak antara makhluk hidup dengan tegangan listrik berbahaya yang terekspos akibat terjadi kegagalan isolasi

Dalam PUIL 2000 (PUIL : Persyaratan Umum Instalasi Listrik, saat ini edisi terakhir adalah tahun 2000), dipakai istilah pembumian, dan memiliki pengertian sebagai “*penghubungan suatu titik sirkit listrik atau suatu penghantar yang bukan bagian dari sirkit listrik, dengan bumi menurut cara tertentu*”.

2. Fungsi

- a) Untuk tujuan keselamatan, seperti yang dijelaskan sebelumnya, *grounding* berfungsi sebagai penghantar arus listrik langsung ke bumi atau tanah saat terjadi tegangan listrik yang timbul akibat kegagalan isolasi dari system kelistrikan atau peralatan listrik. Contohnya, bila suatu saat kita menggunakan setrika listrik dan terjadi tegangan yang bocor dari elemen pemanas di dalam setrika tersebut, maka tegangan yang bocor tersebut akan mengalir langsung ke bumi melalui penghantar *grounding*. Dan kita sebagai pengguna akan aman dari bahaya kesetrum. Perlu diingat, peristiwa kesetrum terjadi bila ada arus listrik yang mengalir dalam tubuh kita.
- b) Dalam instalasi penangkal petir, system *grounding* berfungsi sebagai penghantar arus listrik yang besar langsung ke bumi. Dalam prakteknya, pemasangan *grounding* untuk instalasi penangkal petir dan instalasi listrik rumah harus dipisahkan.
- c) Sebagai proteksi peralatan elektronik atau instrumentasi sehingga dapat mencegah kerusakan akibat adanya bocor tegangan.

3. Macam-macam elektrode bumi dan pemasangannya menurut PUIL 2000

3.19.1.1 Untuk memilih macam elektrode bumi yang akan dipakai, harus diperhatikan terlebih dahulu kondisi setempat, sifat tanah, dan resistans pembumian yang diperkenankan.

3.19.1.2 Permukaan elektrode bumi harus berhubungan baik dengan tanah sekitarnya. Batu dan kerikil yang langsung mengenai elektrode bumi memperbesar resistans pembumian.

3.19.1.3 Jika keadaan tanah mengizinkan, elektrode pita harus ditanam sedalam 0,5 sampai 1 meter. Pengaruh kelembaban lapisan tanah terhadap resistans pembumian agar diperhatikan. Panjang elektrode bumi agar disesuaikan dengan resistans pembumian yang dibutuhkan. Resistans pembumian elektrode pita sebagian besar tergantung pada panjang elektrode tersebut dan sedikit tergantung pada luas penampangnya.

CATATAN :

a) Nilai pada Tabel 3.18-2 adalah untuk elektrode terpasang lurus yang menghasilkan resistans pembumian terkecil. Cara lain misalnya terpasang zig-zag atau menggelombang, menghasilkan resistans pembumian yang lebih besar untuk panjang elektrode bumi yang sama.

b) Elektrode pita radial harus disusun simetris. Sudut antara jari-jarinya tidak perlu kurang dari 60°. Susunan lebih dari enam jari-jari pada umumnya tidak mengurangi resistans pembumian secara berarti, karena pengaruh timbal balik dari jari-jari yang berdekatan.

3.19.1.4 Elektrode batang dimasukkan tegak lurus ke dalam tanah dan panjangnya disesuaikan dengan resistans pembumian yang diperlukan (lihat Tabel 3.18-2). Resistans pembumiannya sebgaiian besar tergantung pada panjangnya dan sedikit bergantung pada ukuran penampangnya. Jika beberapa elektrode diperlukan untuk memperoleh resistans pembumian yang rendah, jarak antara elektrode tersebut minimum harus dua kali panjangnya. Jika elektrode tersebut tidak bekerja efektif pada seluruh panjangnya, maka jarak minimum antara elektrode harus dua kali panjang efektifnya.

3.19.1.5 Elektrode pelat ditanam tegak lurus dalam tanah; ukurannya disesuaikan dengan resistans pembumian yang diperlukan (lihat Tabel 3.18-2) dan pada umumnya cukup menggunakan pelat berukuran 1 m x 0,5 m. Sisi atas pelat harus terletak minimum 1 m di bawah permukaan tanah. Jika diperlukan beberapa pelat logam untuk memperoleh resistans pembumian yang lebih rendah, maka jarak

antara pelat logam, jika dipasang paralel, dianjurkan minimum 3 meter.

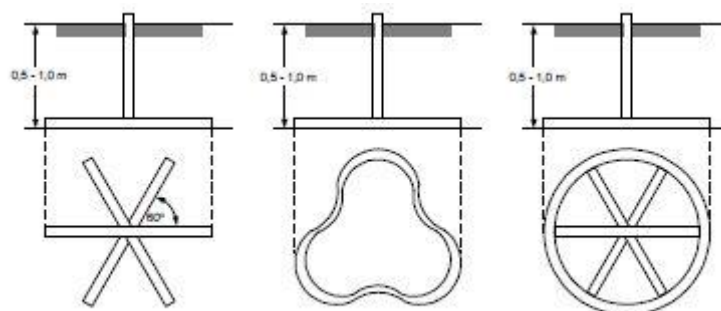
CATATAN Untuk memperoleh resistans pembumian yang sama, elektrode pelat memerlukan bahan yang lebih banyak jika dibandingkan dengan elektrode pita atau batang.

2.2 Elektroda Bumi

3.18.1.1 Elektrode bumi ialah penghantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi. Penghantar bumi yang tidak berisolasi yang ditanam dalam bumi dianggap sebagai bagian dari elektrode bumi.

3.18.2 Jenis elektrode bumi

3.18.2.1 Elektrode pita ialah elektrode yang dibuat dari penghantar berbentuk pita atau berpenampang bulat, atau penghantar pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal. Elektrode ini dapat ditanam sebagai pita lurus, radial, melingkar, jala-jala atau kombinasi dari bentuk tersebut seperti pada Gambar 3.18-1, yang ditanam sejajar permukaan tanah dengan dalam antara 0,5 – 1.0 m.



Gambar 3.18-1 Cara pemasangan elektrode pita

3.18.2.2 Elektrode batang ialah elektrode dari pipa besi, baja profil, atau batang logam lainnya yang dipancangkan ke dalam tanah.

3.18.2.3 Elektrode pelat ialah elektrode dari bahan logam utuh atau berlubang. Pada umumnya elektrode pelat ditanam secara dalam.

3.18.2.4 Bila persyaratannya dipenuhi, jaringan pipa air minum dari logam dan selubung logam kabel yang tidak diisolasi yang langsung ditanam dalam tanah, besi tulang beton atau konstruksi baja bawah tanah lainnya boleh dipakai sebagai elektrode bumi.

3.18.3 Resistans jenis tanah dan resistans pembumian

3.18.3.1 Nilai resistans jenis tanah sangat berbeda-beda bergantung pada jenis tanah seperti ditunjukkan pada Tabel 3.18-1.

Tabel 3.18-1 Resistans jenis tanah

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------------------------------------|------------|---------------------------|-------------|---------------|--------------------------|---------------|
| Jenis tanah | Tanah rawa | Tanah liat & tanah ladang | Pasir basah | Kerikil basah | Pasir dan kerikil kering | Tanah berbatu |
| Resistans jenis ($\Omega\text{-m}$) | 30 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 3000 |

CATATAN Nilai resistans jenis dalam Tabel 3.18-1 adalah nilai tipikal.

3.18.3.2 Resistans pembumian

a) Resistans pembumian dari elektrode bumi tergantung pada jenis dan keadaan tanah serta pada ukuran dan susunan elektrode.

b) Resistans pembumian suatu elektrode harus dapat diukur. Untuk keperluan tersebut penghantar yang menghubungkan setiap elektrode bumi atau susunan elektrode bumi harus dilengkapi dengan hubungan yang dapat dilepaskan (lihat 3.19.2.5).

CATATAN Resistans pembumian total dari suatu instalasi pembumian belum dapatn ditentukan dari hasil pengukuran tiap elektrode. Cara mengukurnya lihat 3.21.

c) Tabel 3.18-2 menunjukkan nilai rata-rata resistans elektrode bumi untuk ukuran minimum elektrode bumi seperti pada Tabel 3.18-3.

Tabel 3.18-2 Resistans pembumian pada resistans jenis $\rho_1 = 100 \Omega$ -meter

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--|----------------------------|----|----|-----|------------------|----|----|----|---|-----|
| Jenis elektro- -de | Pita atau penghantar pilin | | | | Batang atau pipa | | | | Pelat vertikal dengan sisi atas ± 1 m dibawah permukaan tanah | |
| | Panjang (m) | | | | Panjang (m) | | | | Ukuran (m ²) | |
| | 10 | 25 | 50 | 100 | 1 | 2 | 3 | 5 | 0,5x1 | 1x1 |
| Resis- -tans -mian (Ω) | 20 | 10 | 5 | 3 | 70 | 40 | 30 | 20 | 35 | 25 |

Keterangan :

Untuk resistans jenis yang lain (r), maka besar resistans pembumian adalah perkalian nilai di atas dengan.

$$\frac{\rho}{\rho_1} \text{ atau } \frac{\rho}{100}$$

CONTOH :

Untuk mencapai resistans jenis pembumian sebesar 5 W pada tanah liat atau tanah ladang dengan resistans jenis 100 W meter diperlukan sebuah elektrode pita yang panjangnya 50 meter atau empat buah elektrode batang yang panjangnya masing-masing 5 meter. Jarak antara elektrode-elektrode tersebut minimum harus dua kali panjangnya (lihat 3.19.1.4). Pada pasir basah yang resistans jenisnya 200 W meter, sebuah elektrode pita sepanjang 100 meter, menghasilkan resistans pembumian 6 W.

3.18.4 Bahan dan ukuran elektrode

3.18.4.1 Sebagai bahan elektrode digunakan tembaga, atau baja yang digalvanisasi atau dilapisi tembaga sepanjang kondisi

3.18.4.2 Ukuran minimum elektrode dapat dipilih menurut Tabel 3.18-3 dengan memperhatikan pengaruh korosi dan KHA.

CATATAN Jika keadaan tanah sangat korosif atau jika digunakan elektrode baja yang tidak digalvanisasi, dianjurkan untuk menggunakan luas penampang atau tebal sekurang-kurangnya 150 % dari yang tertera dalam Tabel 3.18-3

Tabel 3.18-3 Ukuran minimum elektrode bumi

| No | Bahan jenis elektrode | 1 | 2 | 3 |
|----|-----------------------|--|--|---|
| | | Baja digalvanisasi dengan proses pemanasan | Baja tembaga berlapis | Tembaga |
| 1 | Elektrode pita | -Pita baja 100 mm ² setebal minimum 3 mm -Penghantar pilin Ø5 mm ² (bukan kawat halus) | 50 mm ² | Pita tembaga 50 mm ² tebal minimum 2 mm Penghantar pilin 35 mm ² (bukan kawat halus) |
| 2 | Elektrode batang | -Pipa baja 25 mm -Baja profil (mm) L 65 x 65 x 7 U 6,5 T 6 x 50 x 3 - Batang profil lain yang setaraf | Baja berdiameter 15 mm dilapisi tembaga setebal 250 µm | |
| 3 | Elektrode pelat | Pelat besi tebal 3 mm luas 0,5 m ² sampai 1 m ² | | Pelat tembaga tebal 2 mm luas 0,5 m ² sampai 1 m ² |

3.18.4.3 Jika elektrode pita hanya digunakan untuk mengatur gradien tegangan, luas penampang minimum pada baja digalvanisasi atau berlapis tembaga harus 16 mm² dan pada tembaga 10 mm².

3.18.4.4 Logam ringan hanya boleh ditanam dalam suatu jenis tanah jika lebih tahan korosi daripada baja atau tembaga.

3.18.5 Jenis elektrode lain

3.18.5.1 Jika jaringan pipa air minum dari logam dipakai sebagai elektrode bumi, maka harus diperhatikan bahwa resistans pembumiannya dapat menjadi besar akibat digunakannya pipa sambungan atau flens dari bahan isolasi. Resistans pembumian yang terlalu besar harus diturunkan dengan menghubungkan jaringan tersebut dengan elektrode tambahan (misalnya selubung logam kabel).

3.18.5.2 Jika pipa air minum dari logam dalam rumah atau gedung dipakai sebagai penghantar bumi, ujung pipa kedua sisi meteran air harus dihubungkan dengan pipa tembaga yang berlapis timah dengan ukuran minimum 16 mm², atau dengan pita baja digalvanisasi dengan ukuran minimum 25 mm² (tebal pita minimum 3 mm).

3.18.5.3 Selubung logam kabel yang tidak dibungkus dengan bahan isolasi yang langsung ditanam dalam tanah boleh dipakai sebagai elektrode bumi, jika selubung logam tersebut dikedua sisi sambungan yang dihubungkan dengan penghantar yang konduktivitas minimalnya sama dengan selubung logam tersebut dan luas penampang penghantar itu minimal sebagai berikut :

- a) 4 mm² tembaga untuk kabel dengan penampang inti sampai 6 mm²;
- b) 10 mm² tembaga untuk kabel dengan penampang inti 10 mm² atau lebih.

2.3 Mengukur Tahanan Pembumian

3.21.3 Pengukuran dan pengujian

3.21.3.1 Pengukuran resistans pembumian dan resistans lingkaran pada sistem pembumian proteksi. Sistem pembumian proteksi ada 2 macam yaitu:

- a) Pembumian BKT perlengkapan listrik terpisah dari pembumian sistem listriknya (sistem TT).
- b) Pembumian BKT perlengkapan listrik dihubungkan dengan pembumian sistemnya dengan melalui jaringan pipa air dari logam yang sama (sistem TN).

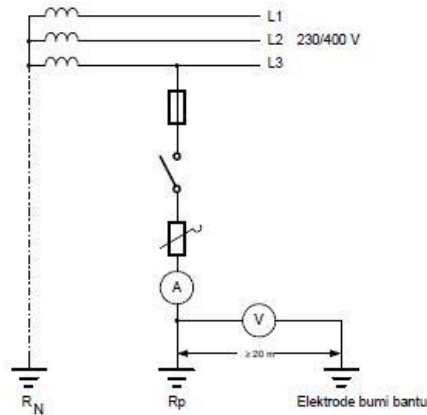
3.21.3.1.1 Pengukuran resistans pembumian yang besarnya ditentukan dalam 3.12.2.1 dan 3.15.2.1 (sistem TT) dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a) Pengukuran dengan voltmeter dan amperemeter (Gambar 3.21-1).

Pengantar bumi dari elektrode bumi yang akan diukur dihubungkan dengan penghantar fase instalasi melalui gawai proteksi arus lebih, sakelar, resistans yang dapat diatur dari 20 W sampai 1000 W, dan amperemeter. Antara titik sirkit setelah amperemeter dengan elektrode bumi bantu, dipasang voltmeter (lihat Gambar 3.21-1).

Jika elektrode bumi yang akan diukur terdiri dari elektrode batang atau pipa tunggal, maka elektrode bumi bantu harus berjarak sekurang-kurangnya 20 meter dari elektrode bumi. Jika elektrode bumi yang akan diukur terdiri dari pita (dalam bentuk cincin, radial atau kombinasi), maka jarak antara elektrode bantu dan elektrode bumi kira-kira 3 kali garis tengah rata-rata dari susunan elektrode bumi tersebut. Pada saat sakelar dimasukkan, resistans tersebut harus dalam kedudukan maksimum. Setelah sakelar dimasukkan, resistans diatur sedemikian rupa hingga amperemeter dan voltmeter menunjukkan simpangan secukupnya. Hasil bagi dari tegangan dan arus yang

ditunjukkan oleh instrumen ukur tersebut adalah resistans pembumian yang diukur.



Gambar 3.21-1 Pengukuran resistans pembumian pada sistem TT

b) Pengukuran dengan instrumen ukur resistans pembumian

Elektrode bantu yang diperlukan untuk pengukuran ini harus berjarak minimum 20 meter jika elektrode bumi terdiri dari elektrode batang, dan berjarak kira-kira 3 kali diameternya jika elektrode bumi terdiri dari elektrode pita (dalam bentuk cincin, radial atau kombinasi). Pengukuran ini harus dilakukan dengan instrumen yang mempunyai sumber tegangan sendiri.

3.21.3.1.2 Pengukuran resistans lingkaran

Elektrode bumi yang akan diukur dihubungkan ke penghantar fase setelah gawai proteksi arus lebih melalui sakelar, resistans dan amperemeter (lihat Gambar 3.21-2). Paralel dengan serangkaian gawai tersebut dipasang voltmeter yang mengukur tegangan antara fase dan tanah V_E bila semua sakelar dalam keadaan terbuka. Mula-mula sakelar (SV) ditutup. Jika tegangan tidak turun banyak, sakelar Sh baru boleh ditutup. Penunjukan tegangan V_{E1} dan arus I dicatat. Maka resistans lingkaran :

$$R_{lk} = \frac{V_E - V_{E1}}{I}$$

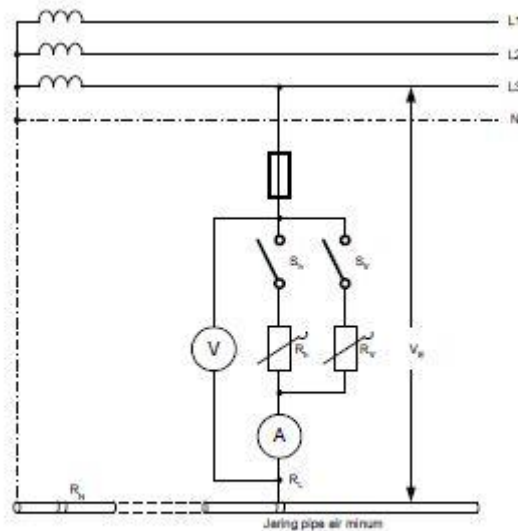
dengan :

R_{lk} = resistans lingkaran

V_E = tegangan fase terhadap bumi, dalam volt (dalam keadaan sakelar terbuka)

V_{E1} = tegangan pada resistans R_h , dalam volt (pada waktu sakelar S_h ditutup)

I = arus yang diukur dalam ampere (pada waktu sakelar S_h ditutup).



Gambar 3.21-2 Pengukuran resistans lingkaran

CATATAN :

a) Resistans R_v harus kira-kira 20 kali resistans R_h , untuk mencegah tegangan sentuh yang terlalu besar yang mungkin timbul pada saat pengujian.

b) Jika pada saat S_v ditutup, penunjukkan voltmeter berubah banyak, berarti terdapat kesalahan pada instalasi yang kemungkinannya adalah :

1) Nilai R yang dipasang terlampau rendah;

2) Ada kontak yang kurang baik pada sirkuit lingkaran yang diukur.

c) Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang teliti, selisih antara V_E dan V_{E1} harus cukup besar. Bila selisih tersebut terlalu kecil maka selisih tersebut dapat diperbesar dengan mengatur R_h secukupnya.

3.21.3.2 Pengukuran arus hubung pendek pada sistem TN (PNP)

Persyaratan pertama pada sistem TN (PNP, lihat 3.13.2.1) dapat diuji dengan cara pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar 3.21-3.

$$I_k = \frac{V_E}{V_E - V_{E1}} I$$

dengan :

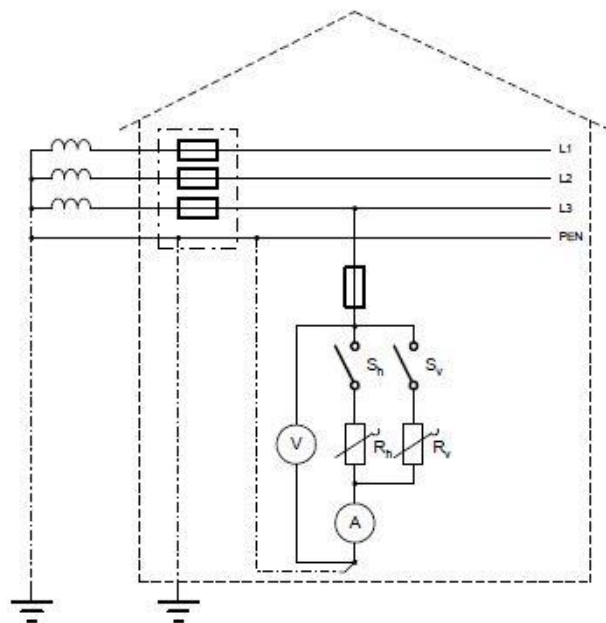
I_k = besar arus hubung pendek dalam ampere

I = besar arus yang diukur dalam ampere, pada waktu sakelar S_h ditutup

V_E = tegangan fase terhadap bumi, dalam volt (dalam keadaan sakelar terbuka)

V_{E1} = tegangan pada resistans R_h pada waktu sakelar S_h ditutup, dalam volt

Dari arus hubung pendek I_k dapat diketahui nilai arus nominal gawai proteksi arus lebih yang diijinkan sesuai dengan karakteristik gawai tersebut.



Gambar 3.21-3 Pengukuran arus hubung pendek pada sistem TN (PNP)

3.21.3.3 Pengukuran resistans pembumian atau arus hubung pendek pada sistem IT :

a) Pengukuran resistans pembumian :

1) Caranya sama dengan yang ditentukan dalam 3.21.3.1.1 butir a) dan b).

2) Untuk cara seperti pada 3.21.3.1.1 butir a), karena sistem listriknya tidak dibumikan atau dibumikan melalui resistans yang tinggi, maka sebelum pengukuran, penghantar netral atau salah satu penghantar fase lainnya perlu dibumikan melalui elektrode bumi terpisah, pada jarak 20 m baik dari elektrode bumi yang akan diukur maupun dari elektrode bumi bantu.

3) Bila hasil pengukuran tidak lebih besar dari yang ditentukan dalam 3.14.2.11, maka sistem penghantar proteksi dapat dinyatakan efektif.

b) Pengukuran arus hubung pendek :

1) Cara pengukuran adalah sama dengan yang ditentukan menurut 3.21.3.2.

2) Pengukuran arus hubung pendek ini harus dilakukan pada ujung saluran yang paling jauh dari sumbernya.

3) Dalam hal ini penghantar netral atau salah satu penghantar fasenya perlu dibumikan seperti yang ditentukan dalam 3.21.3.3 a).

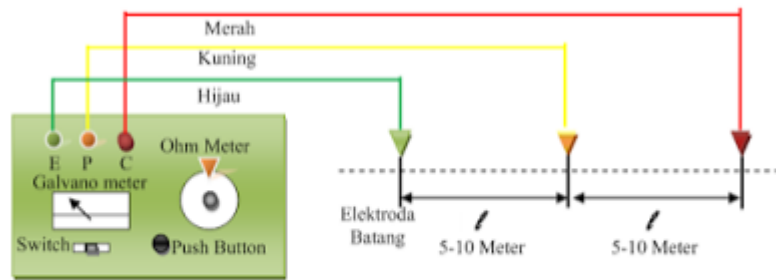
4) Bila hasil pengukuran memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam 3.14.2.1, maka sistem IT dinyatakan efektif.

III. Alat dan Bahan

1. Elektrode Batang
2. Earth Tester
3. Palu

IV. Langkah Kerja

- 1) Mengerti dan memahami dasar teori dari aturan pemasangan elektrode bumi menurut PUIL 2000.
- 2) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- 3) Carilah tempat untuk pengukuran dimana tempatnya yang luas dan lembab.
- 4) Pasang elektrode batang dengan jarak minimum 5 meter sampai 10 meter.
- 5) Tanam elektrode batang yang paling panjang dalam kedalaman 1 meter untuk mendapat resistansi yang tinggi.
- 6) Hubungkan ketiga kabel yang telah dihubungkan pada earthtester sesuai dengan petunjuk yang ada. Seperti gambar berikut :



- 7) Lakukan pengukuran dan catat hasil dari pengukuran elektrode sesuai dengan hasil yang ditunjukkan pada earthtester.
- 8) Laporkan kepada instruktur bahwa telah selesai melakukan pengukuran.
- 9) Setelah diijinkan oleh instruktur, bongkar dan kembalikan alat dan bahan
- 10) Susun laporan di rumah, diserahkan sebelum melakukan tugas praktikum selanjutnya.