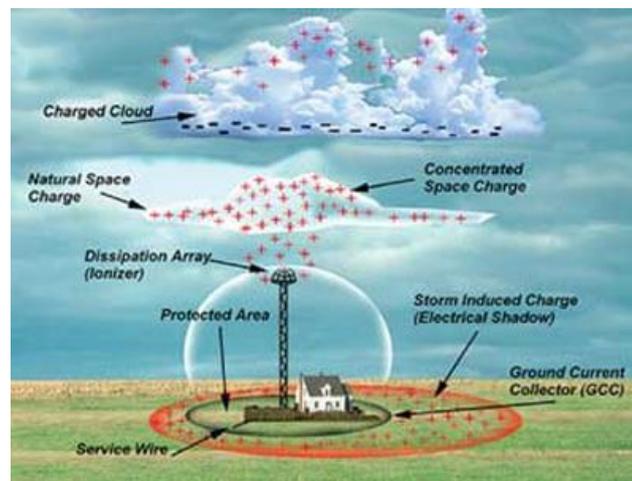


BAHAN AJAR :

PETUNJUK PRAKTIS PERANCANGAN PENTANAHAN SISTEM TENAGA LISTRIK



Oleh : Ir. Jamaaluddin, MM.

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO
SIDOARJO

2017

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum, wr, wb

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah, maka telah diselesaikannya buku ini. Buku yang berjudul PETUNJUK PRAKTIS PERANCANGAN PENTANAHAN SISTEM TENAGA LISTRIK. Buku ini berisi tentang petunjuk – petunjuk praktis yang dapat dipergunakan untuk melakukan design suatu sistem pentanahan tenaga listrik, yang dipergunakan untuk rumah tinggal, kantor maupun gedung gedung bertingkat.

Buku ini dapat dipergunakan sebagai pegangan kontraktor pelaksana, konsultan perencana maupun para mahasiswa atau pelajar yang ingin mendalami Pentanahan Sistem Tenaga Listrik. Apa yang termaktub pada buku ini adalah mengacu pada standard Peraturan Umum Instalasi Listrik yang diterbitkan oleh PLN Pada tahu 2010, dan beberapa literatur yang lainnya.

Yang diharapkan dengan adanya buku ini adalah adalah agar supaya, dapat melaksanakan perancangan Pentanahan Sistem Tenaga Listrik, melaksanakan dengan baik dan melakukan evaluasi atas pentanahan sistem tenaga yang sudah dilakukan. Sehingga seluruh prangkat akan aman dari sambaran petir dan manusia pun aman dari sambaran petir dan tegangan langkah yang ditimbulkan akibat adanya sambaran petir.

Kami sampaikan terima kasih yang sebesar – besarnya atas bantuan semua pihak baik secara moril dan materiil sehingga dapat tersusunnya buku ini dengan baik

Walhamdulillahirobbil 'alaamiin

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	1
KATA PENGANTAR.....	2
DAFTAR ISI	3
DAFTAR GAMBAR	4
DAFTAR TABEL.....	5
BAB I : PENDAHULUAN.....	6
1.1. Sistem Kelistrikan di Indonesia	6
1.2. Sistem Pentanahan Tenaga Listrik	6
1.3. Resistansi Tanah	8
BAB II : PERALATAN DALAM PENTANAHAN SISTEM TENAGA LISTRIK	11
2.1. Elektroda Batang.....	11
2.2. Kelengkapan Sistem Pentanahan Listrik.....	11
2.2.1. Bak Kontrol.....	12
2.2.2. Kabel BC (Bare Copper).....	12
2.2.3. Bus Bar	12
BAB III : METODE PENGUKURAN TAHANAN PENTANAHAN.....	13
3.1. Pengukuran Tahanan Pentanahan.....	13
3.2. Pemasangan Sistem Grouinding dan Pengukuran	15
3.3. Perhitungan Secara Teoritis	17
BAB IV : PENUTUP.....	22
DAFTAR PUSTAKA	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar

2.1. Elektroda Batang (Copper Rod)	11
2.2. Bak Kontrol	12
2.3. Kabel BC	12
2.4. Busbar Tembaga	12
3.1. <i>Earth Resistance Tester (Grounding Tester)</i>	13
3.2. Pengukuran Tahanan Pentanahan	13
3.3. Metode Penghitungan Nilai Tahanan Pentanahan	14
3.4. Rangkaian Pengganti Tahanan Pentanahan	14
3.5. <i>Earth Resistance Tester</i>	16
3.6. Skematik Pemasangan Elektroda Pentanahan dan Elektroda Bantu Untuk Proses Pengukuran Tahanan Tanah.....	16
3.7. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan dan Pengukuran Pada Titik 1....	19
3.8. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan dan Pengukuran Pada Titik 2....	20
3.9. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan dan Pengukuran Pada Titik 3....	20
3.10. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan dan Pengukuran Pada 3 Titik ...	21

DAFTAR TABEL

Tabel

1.1. Nilai Rata – Rata Resistansi Jenis Tanah (Dalam <i>Ohm.m</i>)	9
1.2. Nilai Rata – Rata Dari Resistansi Pembumian Untuk Elektrode Bumi	9
3.1. Tahanan Jenis Beberapa Jenis Tanah.....	18
3.2. Nilai Tahanan Pentanahan.....	19

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Sistem Kelistrikan di Indonesia

Indonesia mempunyai beberapa sektor untuk mengoperasikan sistem tenaga listrik. Diantaranya adalah sistem kelistrikan Jawa Bali. Sistem kelistrikan Jawa Bali adalah satu-satunya pengoperasi tenaga listrik di Indonesia. Sistem ini memiliki karakteristik beban yang berkaitan dengan perilaku masyarakat dan iklim [1][2]. Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik ini membutuhkan pentanahan sistem tenaga listrik. Hal ini dikarenakan apabila sistem tenaga listrik tidak mempunyai pentanahan sistem tenaga listrik yang baik, apabila terjadi kegagalan arus atau tegangan akan mengakibatkan kerusakan sistem tenaga listrik tersebut.

Pada beban mesin listrik, baik motor atau generator juga membutuhkan pentanahan sistem tenaga listrik. Hal ini dikarenakan apabila terjadi kegagalan arus atau tegangan bahkan terjadi hubungan singkat pada sistem jika sistem tidak diberi pentanahan sistem tenaga listrik yang baik akan mengakibatkan kerusakan alat bahkan mengancam nyawa manusia [3].

1.2. Sistem Pentanahan Listrik

Perilaku tahanan sistem pentanahan sangat tergantung pada frekuensi (dasar dan harmonisanya) dari arus yang mengalir ke sistem pentanahan tersebut. Beberapa jenis kontur tanah mempengaruhi pemilihan jenis alat pentanahan dan perencanaan *grounding* sistemnya. Tanah liat, tanah sawah, tanah uruk tanah tambak masing – masing memiliki nilai pentanahan yang berbeda – beda juga [4]. Dalam suatu pentanahan baik penangkal petir atau pentanahan netral sistem tenaga adalah berapa besar impedansi sistem pentanahan tersebut. Besar impedansi pentanahan tersebut sangat dipengaruhi oleh banyak faktor.[5]

Faktor internal meliputi :

- a. Dimensi konduktor pentanahan (diameter atau panjangnya).
- b. Resistivitas (nilai tahanan) relative tanah.
- c. Konfigurasi sistem pentanahan.

Faktor eksternal meliputi :

- a. Bentuk arusnya (pulsa, sinusoidal, searah).
- b. Frekuensi yang mengalir ke dalam sistem pentanahan

Untuk mengetahui nilai-nilai hambatan jenis tanah yang akurat harus dilakukan pengukuran secara langsung pada lokasi yang digunakan untuk sistem pentanahan karena struktur tanah yang sesungguhnya tidak sesederhana yang diperkirakan, untuk setiap lokasi yang berbeda mempunyai hambatan jenis tanah yang tidak sama[6]. Salah satu faktor utama dalam setiap usaha pengamanan rangkaian listrik adalah pentanahan. Apabila suatu tindakan pengamanan yang baik dilaksanakan maka harus ada sistem pentanahan yang dirancang dengan baik dan benar. Syarat sistem pentanahan yang efektif :

1. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengaman personil dan peralatan dengan menggunakan rangkaian yang efektif.
2. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surya hubung.
3. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk memastikan kontinuitas penampilan sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
4. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam perawatan dan perbaikan bila terjadi kerusakan.

Di dalam panduan pendidikan dan latihan PT. PLN, dijelaskan bahwa harga pentanahan makin kecil makin baik. Untuk perlindungan personil dan peralatan perlu diusahakan tahanan pentanahan lebih kecil dari 1 *Ohm*. Dalam Gardu - gardu Induk distribusi, harga tahanan maksimum yang diperbolehkan adalah 5 *Ohm*. Untuk memahami mengapa tahanan pentanahan harus rendah, dapat digunakan hukum *Ohm* yaitu [7] :

$$E = I \times R \text{ volt}$$

dimana :

E = Tegangan (*volt*) ; I = Arus Listrik (*Ampere*) ; R = Tahanan (*Ohm*)

1.3. Resistansi Tanah

Dalam perkembangan sistem tenaga listrik, tanah digunakan sebagai konduktor listrik. Pada prakteknya tanah digunakan sebagai konduktor baik, meskipun tanah memiliki banyak kelemahan jika digunakan sebagai konduktor. Karena dimensi lintasan arus yang melalui tanah sangat besar, resistansi beberapa lintasan diabaikan. Bentuk elektroda yang digunakan akan sangat menentukan besarnya resistansi tanah yang dilewati arus keluar dan masuk tanah.

Resistansi dalam sistem pentanahan merupakan komposisi dari:

1. Resistansi elektroda batang.
2. Resistansi kontak antara permukaan elektroda batang dan tanah disekitarnya.
3. Resistansi bagian tanah di sekitar elektroda batang pentanahan.[8]

Umumnya resistansi elektroda batang dan resistansi kontak nilainya kecil dan dapat diabaikan dengan resistansi bagian tanah disekitar elektroda pentanahan. Hal tersebut dapat diabaikan apabila elektroda batang pentanahan bebas dari minyak maupun cat dan kontak antara tanah dan elektroda pentanahan adalah sempurna (tidak ada rongga udara). Dengan demikian resistansi yang paling menentukan harga resistansi sistem pentanahan adalah resistivitas tanah itu sendiri.

Komponen yang mempengaruhi resistivitas tanah adalah jenis tanah, komposisi kimia yang terkandung dalam tanah, konsentrasi garam yang terlarut dalam air yang berada di tanah, kelembaban udara, temperatur tanah, ukuran partikel tanah serta penyebaran partikel tersebut didalam tanah, kepadatan dan tekanan tanah.

Struktur dan karakteristik tanah merupakan salah satu faktor yang mutlak diketahui karena mempunyai kaitan erat dengan perencanaan sistem pentanahan yang akan digunakan. Nilai tahanan jenis tanah harganya bermacam-macam, tergantung pada komposisi tanahnya. Batasan atau pengelompokan tahanan jenis dari berbagai macam jenis tanah pada kedalaman tertentu tergantung pada beberapa hal antara lain pengaruh temperatur, pengaruh kelembaban, dan pengaruh kandungan kimia.

Nilai resistans jenis tanah sangat berbeda tergantung komposisi tanah seperti dapat dilihat dalam pasal 320-1 dalam PUIL 1987 [9] atau seperti pada Tabel 2.1. Dimana Nilai-nilai tersebut pada Tabel 2.1 seluruhnya berlaku untuk tanah lembab sampai basah. Pasir kering mutlak atau batu adalah suatu bahan isolasi yang bagus,

sama seperti air destilasi. Maka elektrode bumi selalu harus ditanam sedalam mungkin dalam tanah, sehingga dalam musim kering selalu terletak dalam lapisan tanah yang basah. Resistansi pembumian elektrode bumi tergantung pada jenis dan keadaan tanah serta pada ukuran dan susunan elektrode.

Tabel 1.1 Nilai Rata-Rata Resistansi Jenis Tanah (Dalam *Ohm.m*)[10]

NO	JENIS TANAH	TAHANAN JENIS TANAH (<i>Ohm. Meter</i>)
1	Tanah yg mengandung air garam	5-6
2	Rawa	30
3	Tanah Liat	100
4	Pasir Basah	200
5	Batu batu kerikil basah	500
6	Pasir dan batu kerikil kering	1.000
7	Batu	3.000

Tabel 1.2 Nilai Rata-Rata Dari Resistansi Pembumian Untuk Elektrode Bumi [9].

Jenis Elektrode	Panjang Pita atau Penghantar Pilin 10m, 25m, 50m, 100m	Panjang Batang atau Pipa 1m, 2m, 3m, 5m	Plat Vertikal dgn Sisi Atas 1 m Dalam Tanah 0,5 x 1 m; 1 x 1 m
Resistansi pembumian	20, 10, 5, 3	70, 40, 30, 20	35, 25

Oleh karenanya pemasangan elektrode pentanahan yang baik dan sesuai dengan standard akan memperoleh hasil – hasil sebagaimana telah disebutkan diatas. Elektroda pentanahan yang akan dipergunakan adalah Copper Rod (Tembaga pejal) dengan diameter 5/8 inch atau 15.89 mm dengan panjang 4 m.

Metode-metode yang digunakan dalam mereduksi nilai R untuk elektroda batang pembumian, telah direkomendasikan menurut IEEE Std. 142-1982 yaitu[8] :

1. Penambahan jumlah batang pembumian.
2. Memperpanjang ukuran batang pembumian.
3. Membuat perlakuan terhadap tanah (soil treatment) terbagi atas :

- a. Metode bak ukur (Container Method).
 - b. Metode parit (Trench Method).
4. Menggunakan batang Pembumian khusus.
5. Metode kombinasi.

Nilai tahanan tanah bisa diketahui dengan mempergunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

- R = Tahanan pasak ke tanah (Ohm).
- ρ = Tahanan tanah rata – rata (Ohm – Cm).
- L = Panjang pasak ke tanah (cm).
- a = Jari – jari penampang pasak (cm).

Rumus Dwight diatas menunjukkan, bahwa tahanan tanah merupakan faktor kunci yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa elektroda tersebut harus ditanam di dalam tanah untuk memperoleh tahanan pentanahan yang rendah. Nilai tahanan tanah sangat bervariasi. Hal ini tergantung pada iklim, kandungan elektrolit dan jenis tanahnya.

Metode pentanahan dalam hal ini yang dipakai adalah Driven Ground, yaitu menanamkan batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah atau beberapa buah batang yang merupakan kelompok elektroda biasanya berdiameter ¾ inchi sampai dengan 2 inchi, dan panjangnya antara 3 meter sampai 15 meter.

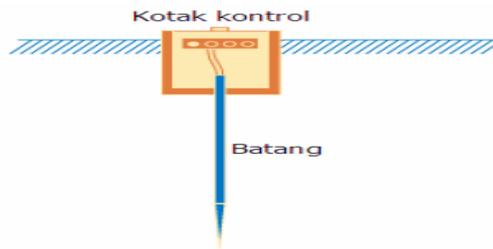
Nilai tahanan pentanahan untuk beberapa jenis tanah berbeda. Hal ini dikarenakan karena struktur tanah yang berlainan antara satu jenis tanah dengan jenis tanah yang lain. Tanah liat mempunyai nilai tahanan pentanahan yang rendah, ini disebabkan oleh komposisinya yang mempunyai bentuk partikel halus sehingga mudah untuk menyerap air atau mineral – mineral lain dan kemudian menyimpannya. Sifat inilah yang menyebabkan tanah liat memiliki nilai tahanan jenis rendah bila dibandingkan dengan jenis tanah lainnya seperti tanah pasir dan tanah berbatu. Secara lebih jelas dapat dilihat dari tabel. 1.2.

BAB II

PERALATAN DALAM PENTANAHAN SISTEM TENAGA LISTRIK

2.1. Elektroda Batang.

Elektroda Batang ialah elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah. Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kali digunakan, dan teori – teori berawal dari elektroda jenis ini. Elektroda ini banyak digunakan di gardu - gardu induk. Secara teknis, elektroda batang ini mudah pemasangannya, yaitu tinggal memancangkannya ke dalam tanah. Disamping itu, elektroda ini tidak memerlukan lahan yang luas. Elektroda batang ini mampu menyalurkan arus *discharge* petir maupun untuk pentanahan yang lain [11].



Gambar. 2.1. Elektroda Batang (*Copper Rod*).

2.2. Kelengkapan Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan listrik ini terdiri dari : *Copper Rod* yang berfungsi sebagai elektroda pentanahan dan dikoneksi dengan kabel BC dengan pengkoneksian mempergunakan konektor kabel BC (Kuku macan). Kabel BC yang terkoneksi dengan *Copper Rod* itu diinterkoneksi di dalam bak Kontrol.

2.2.1. Bak Kontrol

Bak kontrol adalah bak yang berfungsi untuk tempat interkoneksi Kabel BC yang terhubung dengan *Copper Rod* yang satu dengan yang lain dan bak kontrol ini berfungsi sebagai titik pengukuran nilai tahanan tanah dimana *grounding* telah dipasang.



Gambar. 2.2. Bak Kontrol

2.2.2. Kabel BC (*Bare Copper*)

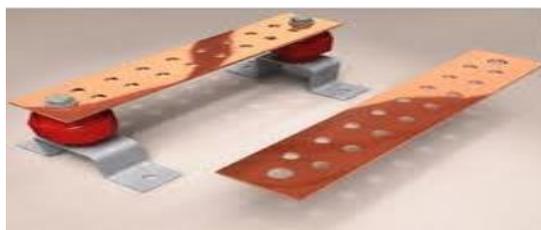
Kabel BC (*Bare Copper*) adalah kabel yang Kabel BC adalah jenis kabel listrik yang terbuat dari logam tembaga tanpa pelindung yang digunakan untuk *grounding*. Kabel BC tidak dianjurkan dipakai sebagai penghantar *phase* listrik karena dapat berbahaya jika terkena sentuhan atau terjadi hubung singkat.[12].



Gambar. 2.3. Kabel BC

2.2.3. Bus Bar

Bus Bar adalah Batang konduktor, biasanya terbuat dari lempeng tembaga panjang yang dipergunakan sebagai konektor antara kabel BC yang masuk ke elektroda pentanahan dengan kabel BC yang masuk ke peralatan maupun busbar yang terintegrasi dengan sistem pentanahan yang lainnya[13].



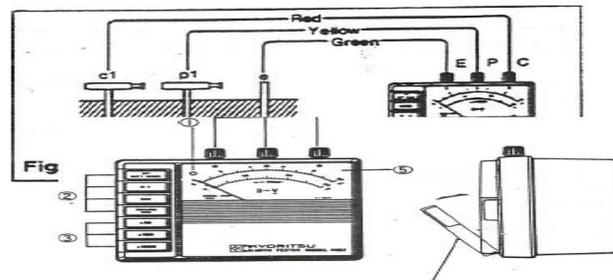
Gambar. 2.4. Busbar Tembaga

BAB III

METODE PENGUKURAN TAHANAN PENTANAHAN

3.1. Pengukuran Tahanan Pentanahan

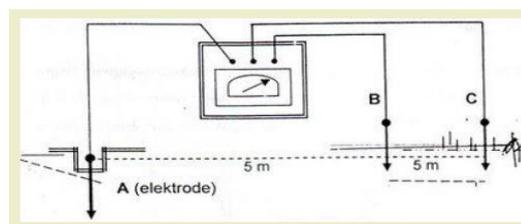
Pengukuran tahanan pentanahan bertujuan untuk menentukan tahanan antara besi atau plat tembaga yang ditanam dalam tanah yang digunakan untuk melindungi peralatan listrik terhadap gangguan petir dan hubung singkat. Dengan demikian pelat tersebut harus ditanam hingga mendapatkan tahanan terhadap tanah sekitar yang sekecil-kecilnya. Untuk mengukur tahanan pentanahan digunakan alat ukur megger tanah (*Earth Resistance Tester*), seperti diperlihatkan pada gambar 2.5. Cara penggunaan "*Earth Resistance Tester*" akan dijelaskan lebih lanjut pada materi yang lain [7]. Dengan alat tersebut maka dapat diketahui apakah pentanahan peralatan listrik yang dilakukan sudah memenuhi syarat atau belum. Dengan ketentuan sebagaimana telah disebutkan diatas.



Gambar 3.1. Earth Resistance Tester (Grounding Tester)[14]

Dimana :

- | | |
|-----------------------------|-----------------|
| 1. OK Lamp. | 4. Terminal. |
| 2. Function Switch Buttons. | 5. Scale Plate. |
| 3. Ohm Range Switch Buttons | 6. Panel. |



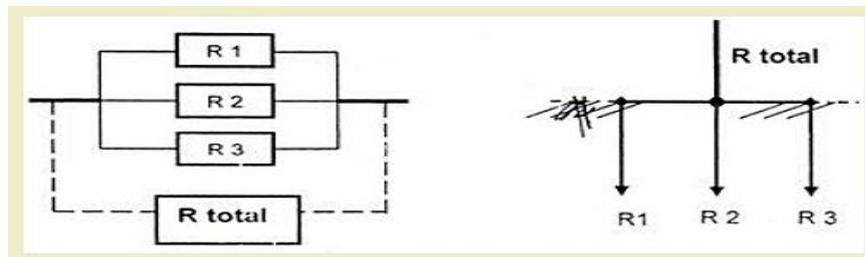
Gambar 3.2. Pengukuran Tahanan Pentanahan[14]

Pelaksanaan pengoperasian *earth resistance tester* sbb: Prop (A) di hubungkan dengan elektrode (di bak kontrol). Prop (B) dan (C) ditancapkan ketanah dengan jarak antara 5 sd. 10 m. Maka alat ukur akan menunjukkan besar dari R - tanah.

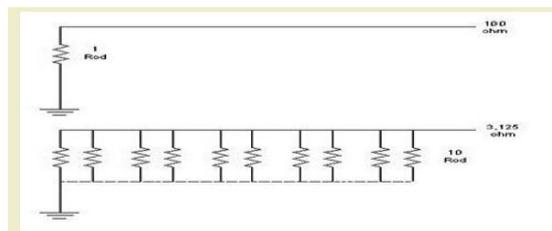
Standar besar R-tanah untuk electrode pentanahan $\pm 5 \text{ Ohm}$. apabila belum mencapai nilai 1 Ohm , maka elektrode dapat ditambah dan dipasang diparalel. Pentanahan paling ideal apabila elektrode dapat mencapai sumber air atau R-tanah = 0.

Contoh: Pemasangan electrode pertama (R1), setelah diukur = 12 Ω Selanjutnya di tanam lagi electrode ke 2 (R2), diukur tahanan = 12 Ω , Maka besar tahanan R1 diperoleh dengan R2 = 6 Ω , Karena belum mencapai 1 Ω , maka ditanam lagi electrode ke 3 (R3), dan seterusnya.

Maka perhitungan R ekivalennya sbb;



Gambar. 3.3. Metode Penghitungan Nilai Tahanan Pentanahan



Gambar. 3.4. Rangkaian Pengganti Tahanan Pentanahan

Pada saat dibangun sistem pentanahan, setelah diukur dengan *Earth resistance tester* Nilai yang muncul 100 Ohm (maks), kalau acuannya PUIL maka nilai tersebut harus diturunkan. Yang dilakukan apabila dijumpai permasalahan tersebut, maka harus dilakukan menambah Rod sesuai dengan rumus mencari Nilai 2 tahanan yang diparalelkan. (Rod dianalogikan sebagai tahanan). Kalau $100/100 = 50 \text{ Ohm}$ (2 rod); $50/50 = 25 \text{ Ohm}$ (menjadi 4 rod); $25/25 = 12.5 \text{ Ohm}$ (menjadi 6 rod); $12.5/12.5 = 6.25 \text{ Ohm}$ (menjadi 8 rod), $6.25/6.25 = 3.125 \text{ Ohm}$ (menjadi 10 rod); $3.125/3.125=1.56$

Ohm (menjadi 11 *rod*); $1.56/1.56 = 0.78$ *Ohm* (menjadi 12 *rod*), sehingga dengan menempatkan *rod* dengan jumlah 12 buah maka didapatkan nilai tahanan pentanahan dibawah 1 *Ohm*. Setelah *Grounding Ring* dipastikan terhubung sempurna, dilakukan kembali pengecekan nilai tahanan pentanahannya dengan menggunakan *earth resistance tester*.

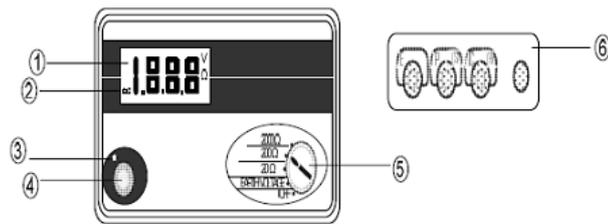
3.2. Pemasangan Sistem Grounding Dan Pengukuran

Dilakukan penentuan titik dimana elektrode pentanahan akan ditanam. Dalam melakukan penanaman elektroda bisa diupayakan pada titik yang mudah untuk menanam / tidak terbentur dengan batu atau kerikil. Jika pada saat penanaman elektroda pentanahan masih membentur dengan kerikil yang keras atau batu, maka bisa dipindahkan ke titik sampingnya. Untuk memudahkan penanaman elektroda bisa dibantu dengan mempergunakan penyiraman air pada titik tersebut. Setelahnya dilakukan pengukuran tahanan pentanahan dengan mempergunakan Digital Earth Resistance Tester 4105 A.

Elektrode pentanahan dalam penelitian ini mempergunakan tembaga pejal (Copper Rod) dengan diameter $5/8$ inchi = 15.89 mm sepanjang 4 m. Copper rod ini ditanam ke dalam tanah mulai kedalaman 1 m dan ditambah 0.5 m pengukuran.

Pada tiap – tiap kedalaman dilakukan pengukuran tahanan pentanahannya dengan mempergunakan alat Digital Earth Resistance Tester 4105 A. Sedangkan spesifikasi alat yang dipergunakan untuk mengukur tahanan pentanahan adalah sebagai berikut :

- a) Merk : KYORITSU
- b) Jenis : Digital Earth Resistance Tester 4105A
- c) Alat ini berfungsi untuk menampilkan nilai tahanan pentanahan yang terukur dengan kemampuan mengukur sampai 1999Ω (ohm). Skema gambar Earth Resistance Tester ini ditunjukkan pada gambar .3.5.

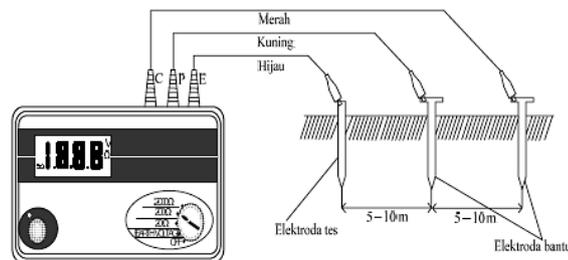


Gambar.3.5. Earth Resistance Tester[14]

1. LCD penampil nilai ukur.
2. Simbol baterai dalam keadaan lemah.
3. LED indicator (berwarna hijau).
4. Tombol uji untuk mengunci.
5. Terminal pengukuran.

Langkah – langkah pelaksanaan penelitian adalah :

1. Mempersiapkan elektroda pentanahan dan alat – alat bantu pemasangannya.
2. Dilakukan pengecekan tegangan baterai dengan menghidupkan Digital Earth Resistance Tester . Jika layar tampak bersih tanpa simbol baterai lemah berarti kondisi baterai dalam keadaan baik. Jika layar menunjukkan simbol baterai lemah atau bahkan layar dalam keadaan gelap berarti baterai perlu diganti.
3. Membuat rangkaian pengujian seperti pada gambar 2. dengan menanam elektroda utama dan elektroda bantu. Menanam elektroda dengan memukul kepala elektroda menggunakan martil, jika menjumpai lapisan tanah yang keras sebaiknya jangan memaksakan penanaman elektroda.



Gambar. 3.6. Skematik pemasangan elektroda pentanahan dan elektroda bantu untuk proses pengukuran tahanan tanah.[14]

4. Menentukan jarak antar elektroda bantu minimal 5 meter dan maksimal 10 meter.
5. Mengukur tegangan tanah dengan mengarahkan range switch ke earth voltage dan pastikan bahwa nilai indikator 10 V atau kurang. Jika earth voltage bernilai lebih tinggi dari 10 V diperkirakan akan terjadi banyak kesalahan dalam nilai pengukuran tahanan.
6. Mengecek penghubung atau penjepit pada elektroda utama dan elektroda bantu dengan mensetting range switch ke 2000 Ω dan tekan tombol "PRESS TO TEST". Jika tahanan elektroda utama terlalu tinggi atau menunjukkan simbol ". . ." yang berkedip-kedip maka perlu dicek penghubung atau penjepit pada elektroda utama.
7. Melakukan pengukuran. Mensetting range switch ke posisi yang diinginkan dan tekan tombol "PRESS TO TEST" selama beberapa detik.
8. Mencatat nilai ukur tahanan yang muncul dari Digital Earth Resistance Tester.
9. Mengembalikan posisi tombol "PRESS TO TEST" ke posisi awal.
10. Melakukan pengujian tahanan untuk kedalaman elektroda yang berbeda dengan langkah 3, 7, 8, 9.
11. Perubahan kedalaman elektroda utama adalah sebesar 0.5 m pada tiap tiap pengukuran.

Sesudahnya hasil pengukuran tahanan pentanahan dengan menggunakan Digital Earth Tester tersebut dibandingkan dengan hasil perhitungan mempergunakan rumus Dwight (Persamaan no. 1 diatas).

3.3. Perhitungan Secara Teoritis

Nilai tahanan tanah bisa diketahui dengan mempergunakan persamaan *Dwight* sebagai berikut sebagaimana rumus 1, diatas.

Rumus *Dwight* diatas menunjukkan, bahwa tahanan tanah merupakan faktor kunci yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa elektroda tersebut harus ditanam di dalam tanah untuk memperoleh tahanan pentanahan yang rendah. Nilai tahanan tanah sangat bervariasi. Hal ini tergantung pada iklim, kandungan elektrolit dan jenis tanahnya.

**Tabel. 3.1. Tahanan jenis beberapa jenis tanah
Diambil dari [10]**

Jenis Tanah	Tahanan Jenis ($\Omega.m$)
Tanah Rawa	30
Tanah Liat dan Ladang	100
Pasir Basah	200
Kerikil Basah	500
Pasir dan Kerikil Kering	1000
Tanah berbatu	3000

Nilai tahanan pentanahan untuk beberapa jenis tanah berbeda. Hal ini dikarenakan karena struktur tanah yang berlainan antara satu jenis tanah dengan jenis tanah yang lain. Tanah lempung mempunyai nilai tahanan pentanahan yang rendah, ini disebabkan oleh komposisinya yang mempunyai bentuk partikel halus sehingga mudah untuk menyerap air atau mineral – mineral lain dan kemudian menyimpannya. Sifat inilah yang menyebabkan tanah lempung memiliki nilai tahanan jenis rendah bila dibandingkan dengan jenis tanah lainnya seperti tanah pasir dan tanah berbatu. Secara lebih jelas dapat dilihat dari tabel. 1.2.

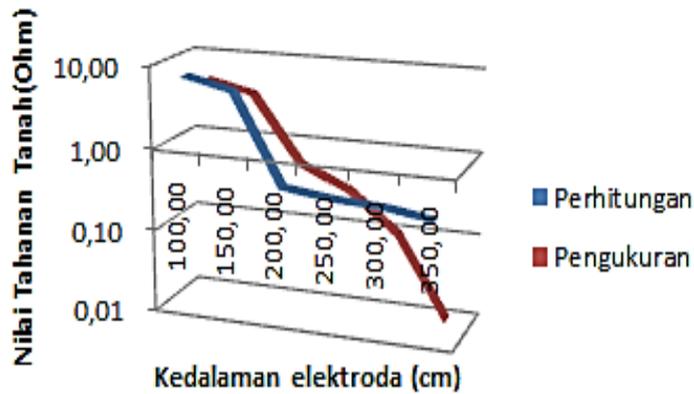
Pada penelitian ini lahan yang akan dibuat rancang bangun sistem pentanahannya adalah lahan bekas sawah yang diuruk. Diatas lahan tersebut akan dibangun suatu bangunan yang mempergunakan daya listrik. Tanah urug terdiri atas pasir dan kerikil kasar yang berada diatas lahan bekas sawah ditempat yang diteliti mempunyai kedalaman 150 cm, dan sesudahnya adalah tanah liat.

Dengan memasukkan data pada rumus *Dwight...* (1), mempergunakan *Copper Rod* dengan kedalaman yang diatur pada beberapa tingkat dan apabila dibandingkan dengan hasil pengukuran, maka di dapatkan hasil sebagaimana termaktub pada tabel berikut :

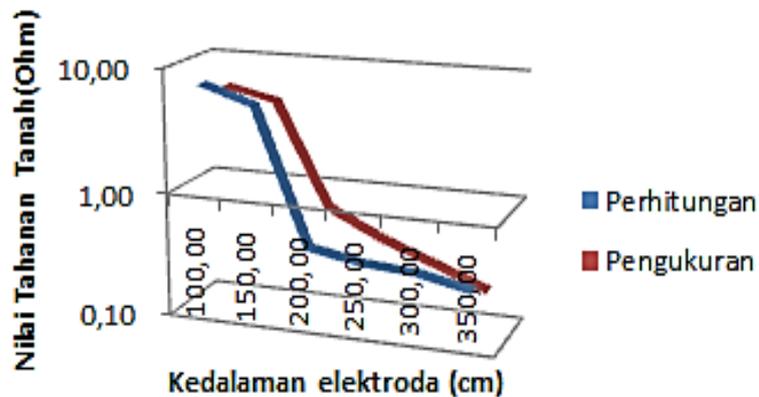
Tabel. 3.2. Nilai Tahanan Pentanahan

NO	Kedalaman elektroda (cm)	Perhitungan	Pengukuran			total	Rata rata	deviasi	Penurunan Tahanan (Ω)
			titik 1	titik 2	titik 3				
1	100,00	7,21	4,97	5,73	5,24	15,94	5,31	1,90	1,17
2	150,00	5,24	3,62	4,61	4,21	12,44	4,15	1,09	3,54
3	200,00	0,42	0,55	0,67	0,59	1,81	0,60	(0,19)	0,24
4	250,00	0,35	0,30	0,41	0,38	1,09	0,36	(0,02)	0,17
5	300,00	0,32	0,10	0,28	0,19	0,57	0,19	0,13	0,08
6	350,00	0,26	0,01	0,19	0,14	0,34	0,11	0,15	0,11

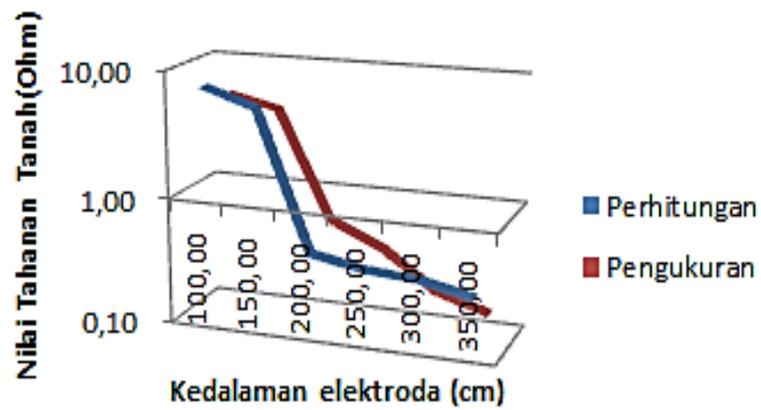
Sedangkan Grafik perbandingan antara hasil perhitungan dan Pengukuran dapat dilihat pada Gambar 5.5 sampai dengan 5.8 di bawah ini :



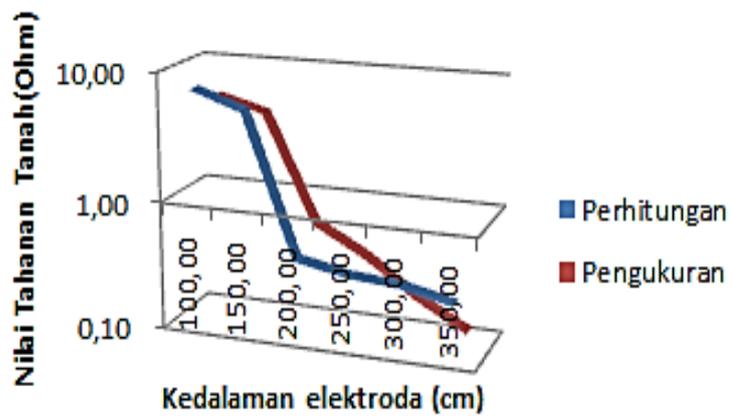
Gambar 3.7. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan dan Pengukuran pada Titik 1



Gambar. 3.8. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan dan Pengukuran pada Titik 2



Gambar. 3.9. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan dan Pengukuran pada Titik 3



Gambar.3.10. Grafik Perbandingan Hasil perhitungan dan Pengukuran pada Rata – Rata Ketiga Titik.

BAB IV

PENUTUP

Dari hasil pemaparan yang terdapat dalam buku ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan melakukan interkoneksi yang baik pada sistem Penangkap Petir (Lightning System, Sistem pentanahan alat alat elektronika di dalam gedung dan pentanahan Sistem Tenaga Listrik, maka akan di dapatkan Pemakaian dan pemanfaatan Sistem Tenaga Listrik yang Handal dan aman.
2. Dengan melakukan pentanahan Sistem Tenaga Listrik yang baik akan diperoleh nilai Tahanan Pentanahan Tenaga Listrik dengan nilai di bawah 1Ω , dan ini akan memberikan dampak keamanan manusia dari efek tegangan langkah yang muncul akibat sambaran petir yang diketanahkan.
3. Pada hasil perhitungan tahanan pentanahan dengan mempergunakan Rumus Dwight, pada kedalaman elektroda pentanahan sedalam 100 cm adalah sebesar $0,72 \Omega$.sudah memenuhi persyaratan tahanan pentanahan yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jamaaluddin;Imam Robandi, “Short Term Load Forecasting of Eid Al Fitr Holiday By Using Interval Type – 2 Fuzzy Inference System (Case Study : Electrical System of Java Bali in Indonesia),” in *2016 IEEE Region 10, TENSymp*, 2016, vol. 0, no. x, pp. 237–242.
- [2] Jamaaluddin;Imam Robandi, “SHORT TERM LOAD FORECASTING NEW YEAR CELEBRATION USING INTERVAL TYPE-2 FUZZY INFERENCE SYSTEM (CASE STUDY: JAVA – BALI ELECTRICAL SYSTEM),” in *GCEAS 2016*, 2016, pp. 1–13.
- [3] I. Anshory, I. Robandi, and Wirawan, “Monitoring and optimization of speed settings for Brushless Direct Current (BLDC) using Particle Swarm Optimization (PSO),” in *Proceedings - 2016 IEEE Region 10 Symposium, TENSymp 2016*, 2016, pp. 243–248.
- [4] RAJA SIREGAR, *Tambak Udang Sidoarjo Studi kasus Perikanan dari mencemari ke organik*. Walhi, 2012.
- [5] K. S. dkk Bambang Anggoro, *Kontur potensial tanah disekitar konduktor Pengetanahan*. 2002.
- [6] T.S. Hutauruk, *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [7] P. P. (Persero) U. P. dan Latihan, *Buku Pegangan Pendidikan dan Latihan*. Jakarta, 2011.
- [8] Anon, *Ieee 142 Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.*, vol. 1991. 1974.
- [9] B. S. Nasional, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 1987 (PUIL 1987)*. Jakarta, 1987.
- [10] B. S. Nasional, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*, 2000th ed. Jakarta, 2000.
- [11] E. Indonesia, *Elektroda Batang Mereduksi Nilai Tahanan Pentanahan*. 1998.
- [12] E. Indonesia, *Jenis – Jenis Kabel Listrik*. 2012.
- [13] P. J. B. PT. PLN (Persero), *Istilah – istilah kelistrikan*. Jakarta, 2011.
- [14] Sanwa, *Manual Instruction : Digital Earth Tester 4105 A . .*