

## **KAJIAN *GROUNDING SYSTEM* JARINGAN LISTRIK TEGANGAN RENDAH DI SEKOLAH TINGGI PENERBANGAN INDONESIA**

**RB Budi Kartika W, SSiT, SPd, MT<sup>(1)</sup>, Zulina Kurniawati, S.SiT., M.Si<sup>(2)</sup>, Rubby Soebiantoro, S.SiT., M.Pd<sup>(3)</sup>**

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug – Tangerang

### **ABSTRAK**

Tenaga listrik dalam aktifitas akademik merupakan suatu hal yang sudah menjadi kebutuhan pokok. Dalam aktifitas akademik listrik memiliki banyak manfaat tetapi disisi lain memiliki resiko besar yang dapat membahayakan bagi pemakainya apabila salah dalam penanganan dan penggunaannya sehingga akan berakibat fatal sampai merenggut nyawa manusia.

Pentanahan merupakan salah satu sistem yang terdapat pada instalasi listrik. Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai tahanan pentanahan pada jaringan listrik tegangan rendah (tegangan jala) untuk bangunan yang mendukung kegiatan akademik Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia.

Hasil keseluruhan penelitian yang telah dilakukan, menyatakan bahwa nilai tahanan pentanahan dari hasil pengukuran sampel, didapatkan dengan nilai tertinggi 320 ohm, nilai terendah 0,8 ohm, jika dilihat dari hasil pengukuran 80 titik sampel, didapatkan 17 titik sampel yang bermasalah dengan variasi permasalahan yang disebabkan karena usia pakai dan faktor lingkungan, tindak lanjut pada nilai tahanan pentanahan yang lebih besar dari 10 ohm memerlukan penanganan berupa perbaikan agar dapat memperkecil peluang terjadinya bahaya sengat listrik pada pengguna.

**Kata Kunci :** Grounding, elektroda, nilai tahanan pentanahan, tegangan rendah.

### **ABSTRACT**

*Electricity in academic activities has become a basic requirement. In academic activities, electricity has many benefits but on the other hand it has a great risk that can be harmful to the user if it is mishandled and misused, and it will be fatal if it takes the life of human being.*

*Grounding is one of the systems in electrical installations. The objective to be achieved in this research is to know the value of grounding resistance in low voltage electrical network (mesh vltage) for buildings that support academic activities at STPI.*

*The overall result of the research has shown that the grounding resistance value of the sample measurement result is 320 ohm for the highest value and the lowest value is 0.8 ohms. When viewed from the results of the measurement of 80 sample points, there were 17 sample points which had problems with the variation of problems due to age and environmental factors. The follow-up on a grounding resistance value which is greater than 10 ohms requires repair in order to minimize the chances of an electric shock hazard to the user.*

**Keywords :** *Grounding, electrode, earth resistance value, low voltage.*

## I. PENDAHULUAN

Instalasi listrik rumah tinggal dipasang sesuai dengan peraturan yang berlaku. Pemasangan instalasi listrik di Indonesia diatur sesuai Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000) yang merupakan revisi PUIL 1987 dan peraturan lainnya yang mendukung. Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia (STPI) adalah bentuk satuan pendidikan tinggi vokasional yang diselenggarakan untuk melanjutkan dan meluaskan pendidikan tinggi dalam disiplin ilmu terapan bidang penerbangan serta mempersiapkan siswa untuk memasuki lapangan kerja dan mengembangkan sikap profesional.

Dalam pelaksanaan tri dharma perguruan tinggi seluruh kegiatan tidak akan dapat terlepas dari kebutuhan akan energi listrik khususnya keberadaan jaringan instalasi listrik tegangan rendah. Perencanaan instalasi listrik sebuah bangunan merupakan sebuah pekerjaan yang membutuhkan akurasi yang tepat, hal tersebut diperlukan untuk mendapatkan efektifitas kinerja dari jaringan yang akan dirancang, dan mendapatkan efisiensi ekonomis.

Jaringan listrik di STPI terdiri dari jaringan listrik tegangan menengah 3 fasa (20.000 volt dan 12.000 volt), dan jaringan tegangan rendah 3 fasa (220 volt / 380 volt) pada masing masing jaringan 3 fasa tersebut menggunakan model 3 fasa 4 kawat sedangkan pada panel hubung baginya dilengkapi dengan pengaman, salah satu diantaranya adalah pengaman terhadap sengat listrik untuk benda yang. Pentingnya tahanan pentanahan rumah tinggal adalah untuk tujuan keselamatan, sistem pentanahan berfungsi sebagai penghantar arus listrik langsung ke bumi atau tanah saat terjadi tegangan listrik yang timbul akibat kegagalan isolasi dari sistem kelistrikan atau peralatan listrik dalam rumah tinggal/pertokoan ataupun perkantoran.

Adanya persyaratan umum instalasi listrik (PUIL 2000), diharapkan dapat mendukung terciptanya mutu pemasangan instalasi yang baik. Tahanan pentanahan di area STPI perlu diteliti, apakah sesuai standar nilai tahanan pentanahan yang umum dipakai, sebab jika dilihat dari keadaan struktur tanah di kompleks STPI mempunyai jenis tanah yang berbeda-beda disetiap area spesifiknya, yaitu : tanah liat, berlumpur, dan berbatu. Berdasarkan paparan tersebut peneliti ingin

meneliti nilai tahanan pentanahan di Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia dengan judul "Kajian Grounding Sistem Jaringan Listrik Tegangan Rendah di Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia".

Menurut aturan setiap pemasangan instalasi, harus dilengkapi dengan bagian grounding sistem yang memenuhi persyaratan untuk menjamin keselamatan pengguna tenaga listrik. Kenyataan yang terjadi di lapangan menunjukkan bahwa pemasangan instalasi listrik tidak seluruhnya tersambung dengan *grounding system*, bahkan ada *grounding system* yang sudah berkarat. Dari uraian diatas, peneliti mengidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Seberapa jauh panel tegangan rendah dilengkapi dengan grounding system?
2. Seberapa jauh grounding system pada panel dihubungkan terhadap kawat grounding buatan (arde) ?
3. Seberapa jauh pemenuhan persyaratan nilai tahanan pentanahan pada kawat grounding yang terpasang ?

Peneliti membatasi permasalahan dengan berorientasi terhadap pengukuran tahanan pentanahan pada bangunan di Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Tangerang yang menggunakan jaringan listrik tegangan rendah dengan karakteristik jenis tanah yang bervariasi.

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, peneliti merumuskan masalah sebagai berikut :

1. Seberapa jauh panel tegangan rendah dilengkapi dengan grounding system?
2. Seberapa jauh pemenuhan persyaratan nilai tahanan pentanahan pada kawat grounding yang terpasang ?

## II. LANDASAN TEORI

### Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengat listrik, dan mengamankan komponen komponen instalasi dari bahaya tegangan/ arus abnormal (Prih Sumardjati, 2008 : 159). Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik.

Pentanahan adalah sistem proteksi peralatan yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik. Pentanahan (grounding) suatu bangunan adalah salah satu sistem proteksi, yaitu berupa

alat pengaman listrik yang berfungsi untuk menjaga keselamatan jiwa manusia terhadap bahaya tegangan sentuh. Tujuan sistem pentanahan dimaksudkan untuk membatasi tegangan pada bagian-bagian peralatan yang tidak dialiri arus dan antara bagian-bagian tersebut dengan tanah, hingga tercapai suatu nilai yang aman untuk semua kondisi operasi, baik kondisi normal maupun saat terjadi gangguan.

### **Tahanan Pentanahan**

Tahanan pentanahan harus sekecil mungkin untuk menghindari bahaya yang ditimbulkan oleh adanya arus gangguan tanah. Namun dalam prakteknya tidaklah selalu mudah untuk mendapatkannya karena banyak faktor yang mempengaruhi tahanan pentanahan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besar tahanan pentanahan adalah (Prih Sumardjati, 2008 :167):

- a. Bentuk elektroda.
- b. Jenis bahan dan ukuran elektroda.
- c. Jumlah/konfigurasi elektroda.
- d. Kedalaman pemancangan/ penanaman di dalam tanah.
- e. Faktor-faktor alam.
  1. Jenis tanah:
  2. *Moisture* tanah:
  3. Kandungan mineral tanah:
  4. Suhu tanah:

### **Elektroda Pentanahan**

Menurut PUIL 2000, elektroda pentanahan ialah penghantar yang ditanam dalam tanah dan membuat kontak langsung dengan tanah. Penghantar bumi yang tidak berisolasi ditanam dalam tanah dianggap sebagai elektroda tanah.

Sebagai bahan elektroda tanah yang digunakan adalah tembaga atau baja yang digalvanis atau dilapisi tembaga sepanjang kondisi setempat, tidak mengharuskan memakai bahan lain (misal pada perusahaan kimia). Elektroda tanah harus diberi tanda pengenal dengan mencantumkan merek pabrik tersebut, ukuran diameter dan panjang elektroda tanah tersebut.

Beberapa jenis elektroda yang dipergunakan :

- a. Elektroda pita
- b. Elektroda batang
- c. Elektroda pelat

### **Tahanan Jenis Tanah**

Tahanan jenis tanah sangat menentukan tahanan pentanahan dari elektroda-elektroda pentanahan. Tahanan jenis tanah diberikan dalam satuan Ohm-meter. Yang menentukan tahanan jenis tanah ini tidak hanya tergantung pada jenis tanah saja melainkan dipengaruhi oleh kandungan *moistur*, kandungan mineral yang dimiliki dan suhu (suhu tidak berpengaruh bila di atas titik beku air). Oleh karena itu, tahanan jenis tanah bisa berbeda-beda dari satu tempat dengan tempat yang lain tergantung dari sifat-sifat yang dimilikinya.

Nilai hambatan pentanahan dari elektroda tanah tergantung pada jenis dan keadaan tanah serta pada ukuran dan susunan elektroda yang ditanahkan.

### **Penghantar Pentanahan**

Penghantar pentanahan adalah penghantar pengaman yang digunakan pada sistem pentanahan, yaitu untuk menghubungkan sistem pentanahan dari elektroda pentanahan ke terminal utama pentanahan dan dari terminal utama pentanahan sampai ke peralatan listrik yang ditanahkan. Penghantar tanah harus dibuat dari bahan tembaga atau aluminium atau baja atau perpaduan dari bahan tersebut.

Sambungan antara hantaran pentanahan dan elektroda pentanahan harus mekanis kuat dan membuat kontak listrik yang baik, sambungan ini dapat berupa sambungan las atau baut, yang tidak mudah lepas sendiri. Diameter baut yang digunakan sekurang-kurangnya 10mm. Hantaran pentanahan yang dipasang di atas tanah harus mudah terlihat dan jika tertutup harus mudah tercapai. Jika perlu hantaran ini harus dilindungi terhadap bahaya kerusakan mekanis ataupun kimiawi.

Efektivitas sistem pentanahan tidak hanya ditentukan oleh elektroda pentanahan, namun juga oleh hantaran pentanahan atau hantaran pengaman (Prih Sumardjati, 2008 : 172). Hantaran pengaman ini harus diusahakan mempunyai tahanan yang sekecil-kecilnya dan disesuaikan dengan komponen instalasi lain seperti pengaman arus lebih dan hantaran fasanya. Alat pengaman arus lebih dan ukuran hantaran fasa adalah sepaket karena alat pengaman tersebut juga berfungsi sebagai pengaman hantaran. Oleh karena itu, dalam penentuan ukuran hantaran pengaman dapat dilakukan berdasarkan ukuran hantaran fasanya. Kondisi hantaran mempunyai

konsekuensi terhadap dampak yang mungkin terjadi.

### **Metode Pengukuran Tahanan Pentanahan**

Pada saat ini telah banyak beredar di pasaran alat ukur tahanan pentanahan yang biasa disebut *Earth Tester* atau *Ground Tester*. Dari yang untuk beberapa fungsi sampai dengan yang banyak fungsi dan kompleks. Penunjukkan alat ukur ini ada yang analog ada pula yang digital dan dengan cara pengoperasian yang mudah serta aman. Untuk lingkungan kerja yang cukup luas, sangat disarankan untuk memiliki alat semacam ini.

#### **a. Metode Von Werner**

Metode ini disebut juga dengan metode empat batang karna menggunakan empat buah elektroda dalam pengukurannya. C

#### **b. Metode Pengukuran Dengan Menggunakan Voltmeter dan Amperemeter.**

Cara pengukuran adalah dengan cara penghantar pembumian dihubungkan dengan penghantar phasa instalasi melalui gawai proteksi arus lebih, sakelar, tahanan yang dapat diatur dari 20  $\Omega$  sampai 1000  $\Omega$ , dan Amperemeter. Hasil bagi dari tegangan dan arus yang ditunjukkan oleh alat ukur tersebut adalah tahanan pembumian yang diukur.

#### **c. Pengukuran Tahanan Pentanahan (pentanahan) dengan menggunakan *Earth Tester* (Prih Sumardjati, 2008 : 174).**

Ada berbagai macam instrument pengukur tanah pentanahan, salah satu contohnya adalah *Earth Hi Tester*.

1. Pengukuran Tahanan Elektroda Pentanahan Menggunakan Metoda 62% (Prih Sumardjati, 2008 : 178).
2. Pengukuran normal (metoda 3 kutub).
3. Pengukuran praktis dengan menggunakan dua elektroda bantu.

### **Elektroda Bantu Dalam Pengukuran**

#### **a. Posisi Elektroda Bantu Dalam Pengukuran**

Menurut Prih Sumardjati (2008 : 176), dalam setiap pengukuran diinginkan hasil pengukuran yang presisi. Apa artinya sebuah data bila tidak mendekati kebenaran. Salah satu faktor yang mempengaruhi ketelitian dalam pengukuran tahanan pentanahan ini adalah letak elektroda bantu yang digunakan dalam pengukuran.

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang presisi adalah dengan meletakkan elektroda bantu-arus Z cukup jauh dari

elektroda yang diukur tahananannya, X, sehingga elektroda bantu-tegangan Y berada di luar daerah yang disebut daerah resistansi efektif dari kedua elektroda (elektroda pentanahan dan elektroda bantu arus)

#### **b. Jarak Peletakan Elektroda Bantu**

Tidak ada ketentuan secara pasti tentang jarak antara X dan Z, karena jarak tersebut relatif terhadap diameter dan panjang elektroda yang diuji, kondisi tanah dan daerah resistansi efektifnya.

### **Ukuran Statistik.**

#### **a. Konsep statistik**

Statistik digunakan untuk menunjuk angka-angka pencatatan dari suatu kejadian atau kasus tertentu (batasan khusus). Dari penjelasan beberapa pakar dapat disimpulkan bahwa Statistik merupakan ilmu yang mempelajari seluk beluk data berkaitan dengan pengumpulan, pengolahan, penganalisisan, penafsiran dan penarikan kesimpulan dari data yang berbentuk angka-angka.

#### **b. Metode Statistik.**

Metode statistik merupakan ilmu pengetahuan yang meliputi segala metode guna mengumpulkan, mengolah, menyajikan dan menganalisis data kuantitatif secara deskriptif. Fokus kegiatan adalah pengumpulan dan penataan data serta penggunaan pengukuran yang sifatnya menyederhanakan.

#### **c. Penyajian data bentuk grafik.**

Hal yang perlu diperhatikan ketika membuat grafik :

- Menentukan sumbu absis (X) dan ordinat (Y). Sumbu absis mencantumkan nilai dan sumbu ordinat mewakili frekuensi.
- Menentukan perbandingan antara X dan Y. Lazimnya sumbu X dibuat lebih panjang.
- Pemberian nama pada tiap sumbu.
- Pemberian nama pada grafik.

Jenis Grafik, bagan dan diagram : Histogram, Poligon, Ogive, Bagan melingkar, grafik batang, kartogram, piktogram, diagram garis, bagan piramida.

#### **d. Ukuran Statistik**

Ukuran statistik adalah bilangan yang diperoleh dari sekumpulan data statistik melalui proses sistmatika tertentu. Dalam analisis data, ukuran statistik ini mengisyaratkan gejala spesifik, misalnya Gejala Letak Pusat Pengelompokkan Data, Gejala Penyebaran/Variasi/ Keseragaman

Data, atau gejala lainnya yang dikandung oleh data yang sedang dianalisis.

### Ukuran Gejala Pusat

Ukuran ini mengisyaratkan letak pemusatan pengelompokan data. Oleh karena itu ukuran-ukuran statistik ini disebut juga Ukuran Letak (*Measures of Location*).

#### a. Rata-Rata Hitung (Average atau Mean)

Terdapat dua rata-rata hitung yaitu rata-rata hitung untuk populasi yang berukuran N dan rata-rata hitung untuk sampel berukuran n. Jika yang dicari adalah rata-rata hitung untuk populasi, maka dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Jika yang dicari adalah rata-rata sample, maka rata-rata dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Rumus yang dipergunakan untuk menghitung rata-rata dari data kelompok adalah:

$$\bar{X} = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f_i}$$

#### b. Median

Median merupakan suatu harga yang merupakan titik tengah dari keseluruhan harga pada suatu satuan data. Oleh karena itu terdapat 50% data yang berada di bawah atau sama dengan nilai tersebut dan terdapat 50% lagi data yang berada di atas atau sama dengan data tersebut.

Untuk menghitung Median dari data kelompok, dipergunakan rumus:

$$Me = b + p \left( \frac{\frac{1}{2}n - F}{f} \right)$$

Keterangan :

b = batas bawah, di mana median akan terletak

p= panjang kelas interval

F= jumlah semua frekuensi sebelum kelas interval

f = frekuensi kelas median

#### c. Modus

Modus didefinisikan sebagai bilangan yang paling banyak muncul atau bilangan yang frekuensi kemunculannya paling besar dari suatu satuan data. Modus tidak selalu dengan mudah diperoleh. Hal ini akan terjadi jika

dihadapkan pada suatu harga yang mempunyai frekuensi kemunculan yang sama dengan yang lainnya.

Untuk menghitung modus pada data bergolong dipergunakan rumus:

$$Mo = b + p \left( \frac{b_1}{b_1 + b_2} \right)$$

Keterangan :

b = batas kelas interval dengan frekuensi terbanyak

p = panjang kelas interval

b1 = frekuensi pada kelas modus dikurangi frekuensi kelas terdekat sebelumnya

b2 = frekuensi kelas modus dikurangi frekuensi kelas interval berikutnya.

### 10. Ukuran Dispersi atau Ukuran Variasi

Selain ukuran gejala pusat, terdapat ukuran lain yaitu ukuran dispersi atau ukuran variasi yang mengisyaratkan keseragaman data. Nilai numerik ukuran ini tidak pernah negatif (selalu positif). Apabila nilai ukuran ini diperoleh sama dengan nol (0), hal ini menunjukkan bahwa data yang kita miliki keadaannya seragam sempurna (tidak ada variasi, atau semua bilangan nilai numeriknya sama). Oleh karena itu makin jauh nilai numerik ukuran ini dari nol (0), makin tidak seragam keadaan data tersebut.

#### a. Rentang (*range*)

Rentang pada suatu satuan data adalah selisih terbesar dan terkecil dari suatu satuan data tersebut.

#### b. Varians (*variance*)

Rumus yang dipergunakan untuk menghitung varians, jika data berasal dari populasi adalah:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^N x_i\right)^2}{N}}{N}$$

Sedangkan varians yang dihitung berdasarkan sampel dihitung dengan rumus:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}{n}}{n - 1}$$

#### c. Simpangan Baku (*Standar Deviation*)

Simpangan baku didefinisikan sebagai akar dari Varians. Oleh karena itu rumus simpangan baku adalah:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

Untuk sampel adalah;

$$s = \sqrt{s^2}$$

**d. Indeks Dispersi atau Indeks Variasi Kualitatif (*Index of Dispersion or Index of Qualitative Variation*)**

Untuk mengukur keseragaman (variasi) data yang mempunyai tingkat pengukuran nominal, digunakan Indeks dispersi dengan rumus:

$$ID = \frac{C \cdot \left( \sum_{i=1}^c f_i \right)^2 - \sum_{i=1}^c f_i^2}{\left( \sum_{i=1}^c f_i \right)^2 (c - 1)}$$

Nilai numerik ID terbatas:  $0 \leq ID \leq 1$

ID = 0 menunjukkan bahwa data seragam sempurna. Keadaan ini terjadi apabila semua frekuensi terdapat pada satu kategori dan kategori lainnya frekuensinya sama dengan nol (0). ID=1 mengisyaratkan variasi maksimal. Fenomenon ini terjadi jika frekuensi terbagi rata untuk semua kategori.

**e. Ukuran Kemiringan**

Ukuran statistik ini mengisyaratkan keadaan bentuk kurva distribusi data nilai-nilai sebuah variabel, apakah Simetri atau Miring (kurvanya landai ke kiri atau ke kanan). Salah satu rumus yang menyatakan kurva distribusi data adalah koefisien kemiringan yang didasarkan kepada kuartil.

$$KK = \frac{Q(1) + Q(3) - 2M}{Q(3) - Q(1)}; -1 \leq KK \leq +1$$

KK > 0; kurva miring positif (kurva landai ke kanan)

KK = 0; kurva simetri

KK < 0; kurva miring negatif (kurva landai ke kiri)

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

**Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang dipakai adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif.

**Obyek Penelitian .**

Penentuan obyek penelitian ini meliputi: penentuan populasi, sampel, dan teknik pengambilan sampel.

**1. Populasi**

Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengamatan dan pengukuran kondisi masing-masing tahanan pentanahan yang meliputi nilai tahanan pentanahan pada jaringan tegangan rendah, yang terdapat di

seluruh wilayah Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug Tangerang.

**2. Sampel**

Sampel adalah sebagian dari jumlah populasi yang dipilih untuk sumber data, dalam hal ini ditentukan sampling jenuh, adalah teknik penentuan sampel apabila semua anggota populasi digunakan sebagai sampel (Sugiyono, 2012-96). Sampel yang didapat yaitu:

- a. Gardu 1 A, 110 Volt Sentral Teknik Listrik = 9 titik sampel.
- b. Gardu 1 A, 220 Volt Sentral Teknik Listrik = 13 titik sampel.
- c. Gardu 1B, 110 Volt Ruang Makan = 5 titik sampel.
- d. Gardu 2 A, 110 Volt Ruang Makan = 6 titik sampel.
- e. Gardu 2 B, 220 Volt Lapangan Bola = 12 titik sampel.
- f. Gardu 3, 110 Volt Lapangan Bola = 10 titik sampel
- g. Gardu 5 , 110 Volt Gedung Serba Guna = 4 titik sampel.
- h. Gardu 5 , 220 Volt Gedung Serba Guna = 1 titik sampel.
- i. Gardu Simulator, 220 Volt = 2 titik sampel.
- j. Gardu Hanggar TPU, 220 Volt = 7 titik sampel.
- k. Gardu Asrama Tower, 220 Volt = 2 titik sampel.
- l. Gardu Curug 2, 220 Volt = 10 titik sampel.

**3. Teknik Pengambilan sampel**

Untuk memudahkan pengambilan sampel, peneliti mengambil sampel panel *outdoor* atau *indoor* yang terdapat pada jaringan listrik tegangan rendah pada area penelitian, setiap titik sampel akan dilakukan pengukuran tahanan pentanahan minimum 2, hasil akhir adalah rerata nilai tahanan pentanahan.

Jadi menurut pertimbangan dari peneliti dan hasil dari observasi, sampel yang digunakan adalah seluruh populasi menjadi target sampling, yang secara keseluruhan diharapkan berjumlah lebih dari 80 titik pengukuran yang tersebar di komplek Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia, masing-masing diukur minimum 2 kali sehingga diperlukan prosedur pengukuran minimum 180 kali.

**Variabel Penelitian**

Variabel adalah gejala-gejala yang menunjukkan variasi baik dalam jenisnya maupun tingkatannya (Sutrisno Hadi, 1986 :

204). Untuk variabel dalam penelitian ini adalah nilai dari tahanan pentanahan yang terdapat di wilayah Komplek Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug berdasarkan pengukuran tanah pentanahan yang diperoleh.

### Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data adalah cara-cara yang dapat digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data.

#### 1. Metode Observasi.

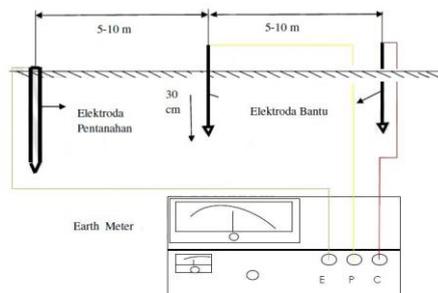
Metode observasi digunakan untuk mengetahui letak pemasangan tahanan pentanahan tegangan rendah pada gardu induk 12 KV dan 20 KV dan out door panel pada kelanjutan jaringan tegangan rendah untuk mensuplai tenaga listrik pada gedung atau ruangan.

#### 2. Metode Dokumentasi.

Metode dokumentasi digunakan untuk memperoleh data jumlah titik pengamatan dan pengukuran nilai tahanan pentanahan pada jalur tegangan rendah 110 Volt phase to neutral dan 220 volt phase to neutral.

#### 3. Metode Pengukuran Dengan Dua Elektroda Bantu

Metode pengukuran yang dipakai adalah pengukuran dengan menggunakan *Earthmeter*. Pengukuran ini menggunakan dua buah elektroda bantu.



Gambar 1 : Pengukuran Menggunakan *Earthmeter*.

### Instrumen Penelitian

Sesuai dengan tujuan penelitian ini, maka instrumen penelitian dikembangkan dalam bentuk jenis alat ukur dan tabel format hasil penelitian.

Adapun alat ukur yang digunakan dan format hasil nilai dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 1 : Alat ukur yang digunakan dalam penelitian.

NO	NAMA	MODEL DAN MEREK
1.	Earth Meter	Model 4102 (analog earthtester); Merk KYORITSU

Tabel 2 : Format Hasil nilai.

NO	Induk Jaringan	Nama gedung / panel	Hasil Pengukuran (Ohm)	Ket
1.	Gardu 1 A			
2.				

### Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian untuk pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap, yaitu:

#### 1. Tahap persiapan.

Tujuan dari tahap persiapan penelitian adalah untuk mengkondisikan obyek penelitian sehingga penelitian dapat berjalan dengan baik. Langkah langkah yang dilakukan dalam tahap persiapan yaitu:

- Mempersiapkan alat untuk pengambilan data, semua alat yang akan digunakan harus dipersiapkan terlebih dahulu.
- Mengkondisikan obyek penelitian. Obyek penelitian yang dimaksudkan disini adalah gardu *step down transformer* STPI pada sisi trafo tegangan rendah atau *substation* untuk induk jaringan langganan PLN bertegangan 20 KV atau gardu tegangan rendah 220 V / 380 V untuk induk jaringan langganan PLN bertegangan 220 V / 380 V.

#### 2. Tahap Pengambilan Data

Tujuan dari tahap ini untuk memperoleh data nilai dari resistansi pentanahan. Data resistansi pentanahan diperoleh dengan menggunakan alat ukur yang telah ditentukan sebelumnya. Dalam pengukuran ini yang harus diperhatikan adalah jarak antara dua elektroda bantu, yaitu diantara 5m – 10m. Setelah semua saluran elektroda bantu dan saluran elektroda tanah dihubungkan pada terminal alat ukur maka pengukuran dapat segera dilakukan. Hasil dari pengukuran dapat dibaca pada jarum penunjuk sesuai dengan skala yang telah ditentukan. Setelah selesai, tekan tombol stop-start untuk menghentikan pengukuran.

Adapun rumus persamaannya adalah :

$$R_x = R_{\rho} \times L / A$$

Keterangan:

$R_x$  = Tahanan Pentanahan

$R_{\rho}$  = Tahanan Jenis Tanah

$L$  = Panjang Elektroda yang ditanam

$A$  = Jari-jari Penampang Elektroda

### 3. Tahap Akhir

Setelah pengambilan data selesai, alat ukur yang telah digunakan dilepas dan dicek. Selanjutnya membereskan tempat yang telah dipakai untuk penelitian.

#### Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis deskriptif antara lain :

##### 1. Nilai minimum

Nilai minimum adalah suatu nilai data yang setelah diurutkan pada urutan menuju ke arah besar akan mempunyai posisi yang pertama, yaitu nilai yang paling kecil,

##### 2. Nilai Maksimum

Nilai maksimum adalah suatu nilai data yang setelah diurutkan pada urutan menuju ke arah besar akan mempunyai posisi yang paling akhir, yaitu nilai yang paling besar.

##### 3. Persentase.

Untuk mengetahui nilai tahanan pentanahan ditentukan kriteria nilai dengan standar PUIL 2000. Kemudian dipresentasikan untuk mengetahui nilai dari tahanan pentanahan sesuai dengan standar. Adapun rumus presentase yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\% = \frac{n}{N} \times 100\% \text{ (Muhamad Ali, 1998 : 184)}$$

Keterangan :

% = Tingkat persentase nilai tahanan pentanahan rumah tinggal.

n = Jumlah obyek pengukuran yang nilai tahanannya memenuhi persyaratan.

N = Jumlah obyek pengukuran yang diteliti.

#### Penyajian hasil Analisis

Statistika adalah cabang dari matematika terapan yang mempunyai cara-cara, diantaranya adalah mengkaji/membahas, mengumpulkan, dan menyusun data, mengolah dan menganalisis data, serta menyajikan data dalam bentuk kurva atau diagram.

## IV. PEMBAHASAN

### Hasil pengukuran dan analisis

Dalam penelitian ini data yang diambil adalah dari nilai tahanan pentanahan pada masing masing induk jaringan di Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia, pengukuran tahanan pentanahan dilakukan 2 kali untuk masing masing titik sampel, selanjutnya diambil rerata sebagai nilai akhir pengukuran. Data penelitian tersebut meliputi:

1. Hasil nilai pengukuran tahanan pentanahan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu 1 A, keluaran tegangan 110 Volt fasa ke netral dengan standar tahanan pentanahan maksimum 10 ohm.

Persentase hasil pengukuran nilai tahanan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu 1 A yang memenuhi standar :

$$P = \frac{n}{N} \times 100\% = \frac{4}{9} \times 100\% = 44,4\%$$

Keterangan :

P = Persentase hasil pengukuran yang memenuhi nilai standar maksimum 10 ohm.

n = banyaknya tahanan pentanahan yang memenuhi nilai standar maksimum 10 ohm.

N = banyaknya tahanan pentanahan.

2. Hasil nilai pengukuran tahanan pentanahan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu 1 A, keluaran tegangan 220 Volt fasa ke netral dengan standar tahanan pentanahan maksimum 10 ohm.

Persentase hasil pengukuran nilai tahanan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu 1 B yang memenuhi standar :

$$P = \frac{n}{N} \times 100\% = \frac{10}{13} \times 100\% = 76,9\%$$

3. Hasil nilai pengukuran tahanan pentanahan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu 1 B, keluaran tegangan 110 Volt fasa ke Neutral dengan standar tahanan pentanahan maksimum 10 ohm.

Persentase hasil pengukuran nilai tahanan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu 2 A yang memenuhi standar :

$$P = \frac{n}{N} \times 100\% = \frac{4}{4} \times 100\% = 100\%$$

4. Hasil nilai pengukuran tahanan pentanahan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu 2, keluaran tegangan 110 Volt fasa ke Neutral dengan standar tahanan pentanahan maksimum 10 ohm

Persentase hasil pengukuran nilai tahanan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu 2 B yang memenuhi standar :

$$P = \frac{n}{N} \times 100\% = \frac{5}{6} \times 100\% = 83,3\%$$

5. Hasil nilai pengukuran tahanan pentanahan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu 2 B, keluaran tegangan 220 Volt fasa ke Neutral dengan standar tahanan pentanahan maksimum 10 ohm.

Persentase hasil pengukuran nilai tahanan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu 3 lapangan sepak bola yang memenuhi standar :

- $P = n/N \times 100\% = 10 / 12 \times 100\% = 83,3\%$
6. Hasil nilai pengukuran tahanan pentanahan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu 3, keluaran tegangan 110 Volt fasa ke Neutral dengan standar tahanan pentanahan maksimum 10 ohm.  
 Persentase hasil pengukuran nilai tahanan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu 5 gedung Serba Guna yang memenuhi standar :  
 $P = n/N \times 100\% = 6 / 10 \times 100\% = 50\%$
  7. Hasil nilai pengukuran tahanan pentanahan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu 5, keluaran tegangan 110 Volt fasa ke Neutral dengan standar tahanan pentanahan maksimum 10 ohm.  
 Persentase hasil pengukuran nilai tahanan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu Simulator yang memenuhi standar :  
 $P = n/N \times 100\% = 3 / 4 \times 100\% = 75\%$
  8. Hasil nilai pengukuran tahanan pentanahan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu 5, keluaran tegangan 220 Volt fasa ke Netral dengan standar tahanan pentanahan maksimum 10 ohm.  
 Persentase hasil pengukuran nilai tahanan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu Hanggar TPU yang memenuhi standar :  
 $P = n/N \times 100\% = 1 / 1 \times 100\% = 100\%$
  9. Hasil nilai pengukuran tahanan pentanahan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu Gardu Simulator, keluaran tegangan 220 Volt fasa ke Netral dengan standar tahanan pentanahan maksimum 10 ohm.  
 Persentase hasil pengukuran nilai tahanan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu Asrama Tower yang memenuhi standar :  
 $P = n/N \times 100\% = 2 / 2 \times 100\% = 100\%$
  10. Hasil nilai pengukuran tahanan pentanahan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu Gardu Hanggar TPU, keluaran tegangan 220 Volt fasa ke Neutral dengan standar tahanan pentanahan maksimum 10 ohm.  
 Persentase hasil pengukuran nilai tahanan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu Curug 2 yang memenuhi standar :  
 $P = n/N \times 100\% = 6 / 7 \times 100\% = 85,7\%$
  11. Hasil nilai pengukuran tahanan pentanahan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu Asrama Tower, keluaran tegangan 220 Volt fasa ke Neutral dengan standar tahanan pentanahan maksimum 10 ohm.

- Persentase hasil pengukuran nilai tahanan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu Curug 2 yang memenuhi standar :  
 $P = n/N \times 100\% = 2 / 2 \times 100\% = 100\%$
12. Hasil nilai pengukuran tahanan pentanahan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu Curug 2, keluaran tegangan 220 Volt fasa ke Neutral dengan standar tahanan pentanahan maksimum 10 ohm.  
 Persentase hasil pengukuran nilai tahanan di jaringan listrik tegangan rendah pada Gardu Curug 2 yang memenuhi standar :  
 $P = n/N \times 100\% = 10 / 10 \times 100\% = 100\%$

## B. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, nilai tahanan pentanahan JTR wilayah Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia adalah:

Tabel 3 : Rekapitulasi prosentase R pentanahan.

No	Induk Jaringan	Jumlah sampel	Memenuhi standar (%)	Tidak memenuhi standar (%)
1	Gardu 1A, 110 V	9	44,4	55,6
2	Gardu 1 A, 220 V	13	76,9	23,1
3	Gardu 1B, 110 V	5	100	0
4	Gardu 2 A, 110 V	6	83,3	16,7
5	Gardu 2 B, 220 V	12	83,3	16,7
6	Gardu 3, 110 V	10	60	40
7	Gardu 5, 110 V	4	75	25
8	Gardu 5, 220 V	1	100	0
9	Gardu Simulator, 220 V	2	100	0
10	Gardu Hanggar TPU, 220 V	7	85,7	14,3
11	Gardu Tower, 220V	2	100	0
12	Gardu Curug 2, 220 V	10	100	0

Secara keseluruhan dari 80 sampel yang termasuk pada area observasi tahanan pentanahan jaringan tegangan rendah di Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia terdapat 78,75 % yang memenuhi syarat dan 21,25 % yang tidak memenuhi syarat, untuk titik sampel yang tidak memenuhi standar dinyatakan memberikan peluang terjadinya sengat listrik dan memerlukan perbaikan agar

peluang terjadinya bahaya sengat listrik semakin mengecil.

Adapun area area titik sampel yang memerlukan perbaikan tahanan pentanahan adalah sebagai berikut :

Tabel 4 : Titik Sampel yang memerlukan perbaikan R pentanahan.

No	Induk Jaringan	Kriteria R pentanahan	Titik sampel yang perlu perbaikan
1	Gardu 1A, 110 V	Tidak baik	Hanggar 1 (panel lama) Hanggar 1 (panel baru) General Workshop FLOPS Pnb
2	Gardu 1 A, 220 V	Kurang baik	Hanggar 1. 2 dan 3 FLOPs Penerbang Ruang kelas Penerbang (3 lantai)
3	Gardu 1B, 110 V	Baik	-
4	Gardu 2 A, 110 V	Kurang baik	Ex gudang dan trantib
5	Gardu 2 B, 220 V	Kurang baik	gedung utama auditorium
6	Gardu 3, 110 V	Tidak baik	mess kutilang masjid al ikhlas Gereja mess bravo mess apu
7	Gardu 5, 110 V	Kurang baik	hanggar 4
8	Gardu 5, 220 V	Baik	-
9	Gardu Simulator, 220 V	Baik	-
10	Gardu Hanggar TPU, 220 V	Kurang baik	gedung PKP-PK
11	Gardu Tower, 220V	Baik	-
12	Gardu Curug 2, 220 V	Baik	-

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil adalah persentase nilai tahanan pentanahan pada area penelitian STPI rumah tinggal, yaitu :

1. Seluruh panel bertegangan rendah, 110 *phase to neutral* maupun 220 *phase to neutral* sudah dilengkapi dengan *grounding system*.
2. Nilai tahanan pentanahan pada induk jaringan tegangan rendah di STPI mempunyai nilai terendah 0,8 ohm dan tertinggi 320 ohm.

Adapun saran yang dapat diberikan yaitu :

1. Adanya tahanan pentanahan pada penelitian yang kurang memenuhi standar di STPI, menyatakan bahwa sangat diperlukan peninjauan ulang dan perbaikan, terutama

pada sistem pentanahan yang nilai tahanan pentanahannya kurang memenuhi standar.

2. Bagi pengguna listrik terkait pada area yang persentase tahanan pentanahan kurang memenuhi syarat, diminta lebih hati hati dalam mengoperasikan peralatan listrik dengan tidak meninggalkan alat pelindung diri untuk mempertahankan faktor keselamatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chapman, Stephen J, *Electric Machinery and Power System Fundamentals*, International edition, Mc Graw Hill, 2002
- Setiabudy, Rudy, *Pengukuran Besaran Listrik*, Depok, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, 2007
- Kushadiyono.MT ,Drs, *Dasar Teknik Elektro*, STT Wiworotomo, Purwokerto, 2003
- Sulasno, Ir., *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Badan Penerbit UNDIP, Semarang, 2001.
- RC. Dugan, *Electrical Power System Quality*, McGraw-Hill, New York, 1996.
- Sudaryatno Sudirham, Dr., *Pengaruh Ketidakseimbangan Arus Terhadap Susut Daya pada Saluran*, Bandung : ITB, Tim Pelaksana Kerjasama PLN-ITB, 1991.
- Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000* (PUIL 2000), Jakarta : Badan Standarisasi Nasional, 2000.
- Abdul Kadir, *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*, Jakarta : UI - Press, 2000.