

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan yang Dibutuhkan

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan untuk penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa perangkat keras dan perangkat lunak, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Alat :
 - Perangkat keras (*hardware*) berupa 1 (satu) unit komputer atau laptop yang dilengkapi dengan peralatan printer.
 - Perangkat lunak (*software*) berupa *Microsoft office 2019*
2. Bahan:
 - Data Sistem pentanahan Gardu Induk 150KV Semanu
 - Data luas daerah yang diamankan oleh sistem Pentanahan
 - Data hambatan jenis tanah di area Gardu Induk 150KV Semanu
 - Data setting waktu *Ground Fault Relay* dan *Over Current Relay*
 - Data panjang konduktor penghantar beserta jenisnya

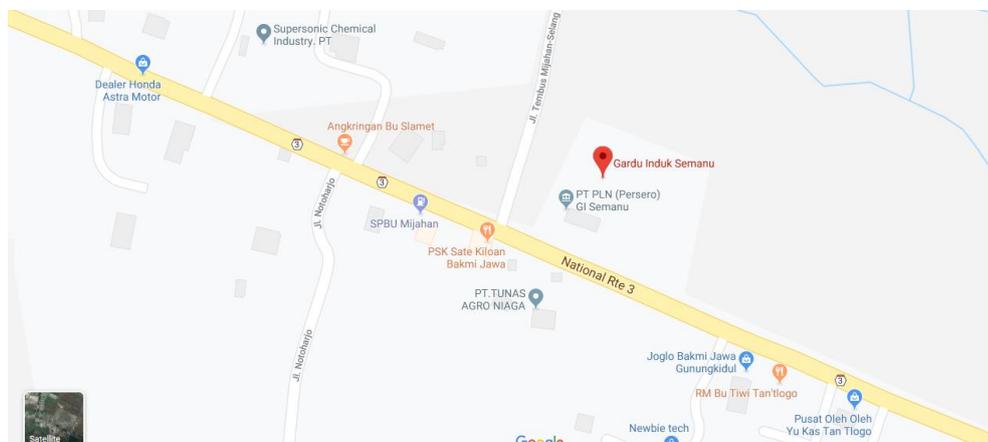
3.2 Tempat dan Tanggal Pelaksanaan Penelitian

Adapun kegiatan penelitian tugas akhir ini dilakukan pada:

Tempat : Gardu Induk 150 KV Semanu

Alamat : Jl. Raya Wonosari-Semanu No.52, Sambirejo, Semanu, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55893

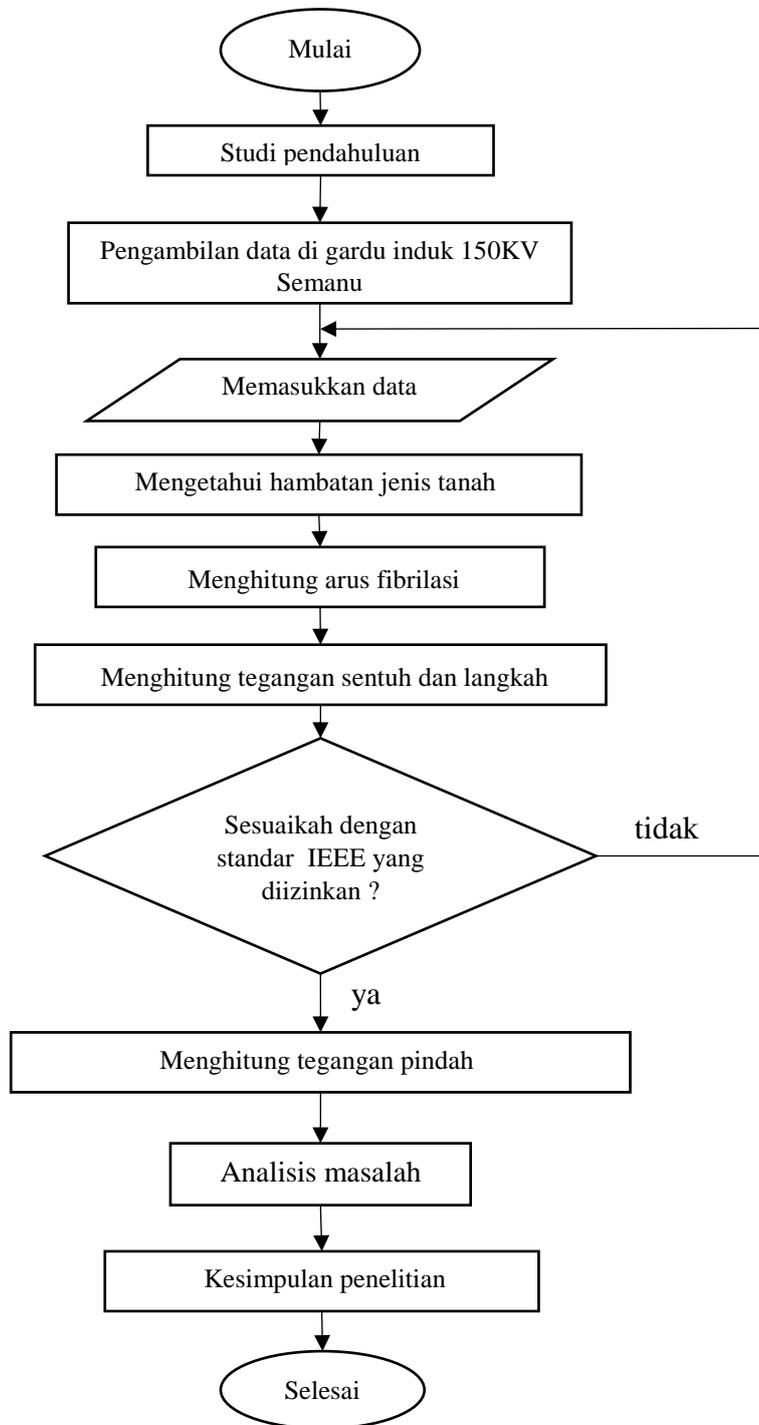
Tanggal : 22 April sampai dengan 26 April 2019



Gambar 3.1 Peta lokasi Gardu Induk 150 kv Semanu

3.3 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan pada Tugas Akhir ini dapat dilihat seperti pada diagram alir pada gambar 3.2 di bawah.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.2 menjelaskan tentang langkah-langkah penelitian tugas akhir yang akan dilakukan. Untuk memperjelas diagram alur 3.2 di atas maka berikut merupakan penjelasan dari setiap langkah-langkah penelitian tugas akhir ini diantaranya:

1. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan merupakan tahap awal dalam metodologi penulisan tugas akhir ini. Pada tahap ini dilakukan pengamatan langsung di Gardu Induk 150 kv Semanu dengan tujuan untuk mengetahui bentuk dan kondisi sistem pentanahan di gardu induk tersebut.

2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Setelah dilakukan studi pendahuluan, dan mengetahui kondisi sistem pentanahan di Gardu Induk 150 kv Semanu, selanjutnya mencari tahu masalah apa saja yang dapat terjadi pada sistem pentanahan tersebut. Untuk mengetahui akar permasalahan tersebut maka diperlukan data-data sistem pentanahan yang bisa diperoleh dari hasil pengujian yang telah dilakukan serta melalui wawancara dengan pemimpin di Gardu Induk 150 kv Semanu

Permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah menganalisa sistem pentanahan yang ada di Gardu Induk 150 kv Semanu. Oleh karena itu perlu dilakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan untuk menunjang penelitian dalam tugas akhir ini.

3. Studi Pustaka

Tahap studi pustaka pada penelitian ini bertujuan untuk mencari informasi mengenai teori dan metode yang sesuai untuk menyelesaikan masalah-masalah yang nantinya akan timbul. Dengan adanya informasi tersebut dapat dijadikan rujukan untuk menyelesaikan masalah. Studi pustaka ini dilakukan dengan mencari informasi dan rujukan baik dalam bentuk informasi dari internet, *text book* serta sumber-sumber lainnya yang terpercaya.

4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini dilakukan dengan cara pengamatan langsung pada area gardu induk, wawancara dengan operator, supervisor dan dosen

pembimbing. Data perusahaan yang dikumpulkan berupa data hambatan tanah dan *layout* / tata letak *grid* pentanahan, arus gangguan, waktu *setting* relay OCR, waktu setting DS dan data lainnya dari sistem pentanahan di Gardu Induk 150 kv Semanu.

5. Analisa Data

Setelah memperoleh data yang diperlukan untuk penelitian ini, selanjutnya akan dilakukan analisis terhadap sistem pentanahan dengan cara melakukan perhitungan hambatan jenis tanah, menghitung arus fibrilasi, menghitung tegangan langkah, menghitung tegangan sentuh, serta menghitung batas maksimum arus yang dapat diamankan oleh sistem pentanahan di Gardu Induk 150 kv Semanu.

6. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis dengan baik dan benar tahap selanjutnya adalah mengambil kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan. Dari semua hasil analisis yang didapat selanjutnya dapat disimpulkan sudah amankah sistem pentanahan di Gardu Induk 150 kv Semanu.

3.4 Parameter yang Diuji

Pada penelitian ini penulis memerlukan beberapa parameter yang akan digunakan dalam menganalisa keamanan sistem pentanahan yang ada di Gardu Induk 150 kv Semanu.

3.4.1 Hambatan Jenis Tanah

Untuk mengukur hambatan jenis tanah sering diukur dengan metode empat elektroda Wenner. Elektroda ditanam dalam tanah dengan bentuk garis lurus pada jarak a yang sama dan kedalaman b yang sama. Tegangan yang dihasilkan oleh dua elektroda yang berada di tengah dibagi dengan arus antara dua elektroda terluar maka akan menghasilkan nilai hambatan R pada lokasi tersebut.

$$\rho = \frac{4\pi aR}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}} \quad (3.1)$$

Jika kedalaman b elektroda lebih kecil dibandingkan dengan jarak a , maka digunakan persamaan (3.2) di bawah.

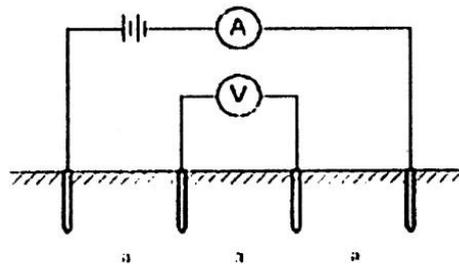
$$\rho = 2\pi aR \quad (3.2)$$

Dengan : ρ = Hambatan jenis tanah ($\Omega.m$)

a = Jarak antara konduktor *Grid* (m)

b = Kedalaman elektroda (m)

R = Hambatan yang dihasilkan dari pembagian tegangan dan arus pada elektroda (Ω)



Gambar 3.3 Metode pengukuran wenner

3.4.4 Arus Fibrilasi

Penting untuk mengetahui besarnya batas arus yang dapat mengalir pada tubuh manusia agar tidak terjadi fibrilasi pada jantung. Menurut danzel dengan menggunakan persamaan (3.3) di bawah maka 99.5% manusia akan berada pada kondisi aman.

$$I_B = \frac{k}{\sqrt{t}} \quad (3.3)$$

Dengan ketentuan $k = 0.116$ untuk berat badan 50 Kg dan $k = 0.157$ untuk berat badan 70 Kg. sedangkan t adalah durasi lamanya gangguan dengan satuan detik. Lama waktu gangguan tergantung oleh beberapa faktor seperti tipe relay yang digunakan. Sejauh ini belum ada standar yang mengatur mengenai lama waktu gangguan, namun waktu gangguan yang dianggap realistis adalah antara 0,5 detik sampai dengan 1,0 detik.

3.4.5 Tegangan Langkah

Batas untuk tegangan langkah dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_{langkah} = (R_B + 2R_f \rho_s) I_B \quad (3.4)$$

Sehingga ketika digabungkan dengan persamaan (3.3) dan memasukkan nilai hambatan tubuh manusia akan menghasilkan rumus di bawah

$$E_{langkah\ 50\ kg} = (1000 + 6C_s \times \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

Atau

$$E_{langkah\ 70\ kg} = (1000 + 6C_s \times \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

3.4.6 Tegangan Sentuh

Batas tegangan sentuh yang diizinkan dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E_{langkah} = \left(R_B + \frac{R_f}{2} \rho_s \right) I_B \quad (3.5)$$

Sehingga ketika digabungkan dengan persamaan (3.3) dan memasukkan nilai hambatan tubuh manusia akan menghasilkan rumus di bawah

$$E_{sentuh\ 50} = (1000 + 1,5C_s \times \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} \text{ untuk berat badan 50 Kg}$$

Atau

$$E_{sentuh\ 70} = (1000 + 1,5C_s \times \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \text{ untuk berat badan 70 Kg}$$

3.4.7 Tegangan Langkah Sebenarnya

Tegangan langkah sebenarnya merupakan perbedaan tegangan antara kedua kaki manusia ketika berada di atas sistem pentanahan saat gangguan terjadi.

$$E_s = \frac{\rho \times K_s \times K_i \times I_G}{L_s} \quad (3.6)$$

Dengan:

$$L_s = 0,75 \times L_c + 0,85 \times L_R \quad (3.7)$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 \times n \quad (3.8)$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \times \left[\frac{1}{2 \times h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{n-2}) \right] \quad (3.9)$$

Dimana: E_s = tegangan langkah

ρ = hambatan jenis tanah (Ωm)

K_s = faktor jarak untuk tegangan langkah

D = jarak antara 2 konduktor

K_i = faktor koreksi geometri elektroda pbumian mendatar

I_G = Arus *grid* maksimum yang mengalir antara jaringan tanah dan bumi di sekitarnya

L_c = total panjang konduktor *grid*

L_R = total panjang batang pentanahan

n = jumlah konduktor paralel di satu sisi

K_h = faktor koreksi kedalaman elektroda mendatar

h_0 = 1 meter (acuan kedalaman elektroda)

3.4.8 Tegangan Mesh / Sentuh Sebenarnya

Tegangan *mesh* atau tegangan sentuh sebenarnya merupakan tegangan alat/instalasi yang diketanahkan pada daerah tengah *mesh*. Tegangan *mesh* berarti tegangan sentuh yang diterima oleh tubuh manusia yang ada di area pentanahan tersebut saat terjadinya gangguan pada sistem. Untuk mengetahui

besarnya tegangan sentuh sebenarnya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$E_m = \frac{\rho \times K_m \times K_i \times I_G}{L_M} \quad (3.10)$$

Dengan :

$$K_i = 0,644 + 0,148 \times n \quad (3.11)$$

$$L_M = L_C + L_R \quad (3.12)$$

$$K_m = \frac{1}{2x\pi} \left[\ln \left[\frac{D^2}{16xhx d} + \frac{(D + 2xh)^2}{8xDx d} + \frac{h}{4x d} \right] + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \left[\frac{8}{\pi(2xn - 1)} \right] \right] \quad (3.13)$$

Jika pada sistem pentanahan menggunakan batang pada bagian sisi sistem pentanahan maka persamaan untuk mencari L_M diganti dengan persamaan (3.14) di bawah.

$$L_M = L_C + \left[1,55 + 1,22 \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] L_R \quad (3.14)$$

Dengan L_r adalah panjang setiap rod/ batang pentanahan. Lalu jika terdapat rod disekitar pinggiran *grid* pada sistem pentanahan maka nilai $K_{ii}=1$, jika tidak ada atau hanya terpasang beberapa rod maka nilai K_{ii} dapat dicari dengan rumus persamaan (3.15) di bawah.

$$K_{ii} = \frac{1}{(2 \times n)^{\frac{2}{n}}} \quad (3.15)$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} \quad (3.16)$$

Dimana : E_m = tegangan *mesh*/sentuh

ρ = hambatan jenis tanah (Ωm)

K_m = faktor jarak untuk tegangan *mesh* / sentuh

D = jarak antara 2 konduktor

d = diameter konduktor

K_i = faktor koreksi geometri elektroda pembumian mendatar

I_G = Arus *grid* maksimum yang mengalir antara jaringan tanah dan bumi di sekitarnya

L_c = total panjang konduktor *grid*

L_R = total panjang batang pentanahan

n = jumlah konduktor paralel di satu sisi

K_{ii} = faktor berat korektif yang menyesuaikan efek konduktor pada sudut *mesh*.

K_h = faktor koreksi kedalaman elektroda mendatar.

h_0 = 1 meter (acuan kedalaman elektroda)