



Jurnal Politeknik Caltex Riau

<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

| ISSN: 2460 – 5263 (online) | ISSN: 2443 – 4167 (print)

Analisis Sistem Pentanahan Gedung Pascasarjana Menggunakan Metoda Tiga Titik di Universitas Lancang Kuning

Abrar Tanjung¹, Arlenny²

¹ Universitas Lancang Kuning, Teknik Elektro, email: abrar@unilak.ac.id@Unilak.ac.id

² Universitas Lancang Kuning, Teknik Elektro, email: arlenny@unilak.ac.id

Abstrak

Sistem pentanahan merupakan suatu cara untuk menyalurkan arus listrik yang terjadi akibat sambaran petir pada sebuah objek dalam bangunan terdapat sistem kelistrikan digunakan untuk peralatan listrik dan elektronika. Sistem pentanahan di gunakan untuk mengamankan bangunan dari bahaya kebakaran akibat sambaran petir, mengamankan peralatan listrik dan elektronika dan manusia dihubungkan dengan kawat atau kabel penghantar menuju elektroda yang dipasang dalam tanah. Metode penelitian melakukan analisis data dari data-data yang diperoleh untuk mendapatkan hasil besar nilai tahanan pentanahan, arus gangguan singkat, kenaikan fasa sehat dan tegangan sentuh serta tegangan langkah pada gedung Pascasarjana Unilak. Tujuan penelitian untuk menganalisa nilai besar tahanan sistem pentanahan, menganalisa arus gangguan hubung singkat yang terjadi pada sistem pentanahan, menganalisa kenaikan tegangan fasa, dan menganalisa tegangan sentuh dan tegangan langkah pada gedung Pascasarjana Universitas Lancang Kuning. Dengan menggunakan metode penelitian tiga titik diperoleh hasil perhitungan pada pentanahan Gedung Pascasarjana sebesar 28 ohm, besar nilai tahanan titik netral sebesar 0,00465 ohm, tegangan sentuh sebesar 149,5 volt, tegangan langkah sebesar 208 volt, perhitungan arus gangguan hubung singkat sebesar 1,15 amper, sedangkan kenaikan tegangan fasa sehat 308 volt.

Kata kunci : Pascasarjana, Sistem Pentanahan, Sistem kelistrikan

Abstract

The grounding system is a way to channel the electric current that occurs due to a lightning strike on an object in the building there is an electrical system used for electrical and electronic equipment. The grounding system is used to secure buildings from fire hazards due to lightning strikes, secure electrical and electronic equipment and humans connected by wires or conducting cables to electrodes that are installed in the ground. The research method analyzes data from the data obtained to obtain large values of grounding resistance, short fault current, healthy phase increase and touch voltage and step voltage in the Unilak Postgraduate building. The purpose of this study is to analyze the value of the resistance of the grounding system, analyze the short-circuit fault current that occurs in the grounding system, analyze the phase voltage increase, and

analyze the touch voltage and step voltage in the Lancang Kuning University Postgraduate building. By using the three-point research method, the calculation results on the grounding of the Postgraduate Building are 28 ohms, the neutral point resistance value is 0.00465 ohms, the touch voltage is 149.5 volts, the step voltage is 208 volts, the short circuit fault current calculation is 1, 15 amperes, while the healthy phase voltage increase is 308 volts.

Keywords: *Postgraduate, Grounding System, Electrical system*

1. Pendahuluan

Sistem pentanahan dipasang pada sebuah objek yang terdapat sistem kelistrikan. Sistem pentanahan terdiri dari dua cara pemasangan, yaitu sistem pentanahan yang dipasang pada bagian atas bangunan dan dipasang dengan cara ditanam dalam tanah dengan ketentuan dan aturan yang berlaku dengan menggunakan elektroda pentanahan yang terbuat dari bahan tembaga. Sistem pentanahan yang dipasang pada bagian atas bangunan disebut dengan penangkal atau penangkap petir yang terhubung dengan kawat/konduktor listrik ke elektroda yang ditanam dalam tanah. Faktor penyebab gangguan pada sistem listrik sebabkan oleh gangguan alam seperti petir, hewan, dan tumbuhan (pohon), sedangkan penyebab lainnya adalah dari gangguan internal misalnya kerusakan pada kawat atau kabel penghantar, kerusakan pada isolator, gangguan hubung singkat dan faktor ketiga adalah faktor manusia (*human error*).

Sistem pentanahan bertujuan untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik maupun manusia yang berlokasi di sekitar gangguan dengan cara mengalirkan arus gangguan ke tanah. Salah satu faktor untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang kecil yaitu letak elektroda yang akan ditanam dan kondisi tanah didaerah dimana sistem pentanahan tersebut akan dipasang. nilai tahanan pentanahan sangat dipengaruhi oleh kedalaman elektroda yang ditanam, jumlah elektroda, jarak antar elektroda, ukuran konduktor dan kondisi tanah dimana elektroda tersebut ditanam [1][2]. Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban-beban satu fasa pada pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut muncullah arus di netral trafo. Arus yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya *losses* (rugi-rugi), yaitu *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah. Setelah dianalisa, diperoleh bahwa bila terjadi ketidakseimbangan beban yang besar (28,67%), maka arus netral yang muncul juga besar (118,6A), dan *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah semakin besar pula (8.62%) [3].

Abrar Tanjung [4][5] dalam penelitian menyatakan bahwa pemasangan elektroda pentanahan bagian atas (*Vinial*) menara sebagai alat penangkal petir PT. Smartfren dapat melindungi bangunan sudut lindung 25,98° dengan jarak sudut lindung sebesar 128,15 meter. Berdasarkan hasil pembahasan diperoleh nilai tahanan pentanahan sebesar 59,5 ohm. Abrar Tanjung [6] dalam penelitian lainnya juga menyampaikan penggunaan energi listrik sebesar 0,293 MW, Besar arus seimbang diperoleh sebesar 0,5 kA, drop tegangan 5 volt, rugi daya aktif total tegangan 1 fasa sebesar 3,99 kW dan 3 fasa sebesar 6,53 kW pada gedung rektorat Unilak. Dalam hasil penelitian Samsul Bahraen [7] tegangan jatuh (*Vdrop*) persentase melebihi batas toleransi yaitu 5%. Selanjutnya dalam penelitian Abrar Tanjung [6] arus beban total pada gedung 20,03 amper, sedangkan rugi daya aktif total pada gedung sebesar 92,18.

Penggunaan energi listrik umumnya selalu menunjukkan gejala yang meningkat. Hal ini tidak bisa dipungkiri lagi, karena tenaga listrik merupakan bentuk energi yang sangat menguntungkan dan sangat membantu manusia dalam menyelenggarakan kehidupannya. Pada saat terjadi gangguan, arus gangguan yang dialirkan ke tanah akan menimbulkan perbedaan tegangan pada permukaan tanah yang disebabkan karena adanya tahanan tanah. Jika pada waktu gangguan itu terjadi seseorang berjalan di atas *switch* yard sambil memegang atau menyentuh suatu peralatan

yang diketanahkan yang terkena gangguan, maka akan ada arus mengalir melalui tubuh orang tersebut. Arus listrik tersebut mengalir dari tangan ke kedua kaki dan terus ke tanah, bila orang tersebut menyentuh suatu peralatan atau dari kaki yang satu ke kaki yang lain, bila ia berjalan di *switch yard* tanpa menyentuh peralatan. Arus ini yang membahayakan orang dan biasanya disebut arus kejut. Berat ringannya bahaya yang dialami seseorang tergantung pada besarnya arus listrik yang melalui tubuh, lamanya arus tersebut mengalir dan frekuensinya. Tujuan Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa nilai besar tahanan Sistem Pentanahan, menganalisa arus gangguan hubung singkat yang terjadi pada sistem pentanahan, menganalisa kenaikan tegangan phasa, menganalisa tegangan sentuh dan tegangan langkah gedung Pascasarjana Universitas Lancang Kuning.

Gedung Pascasarjana Universitas Lancang Kuning mempunyai proses pembelajaran, administrasi, laboratorium, lampu penerangan dan lampu penerangan jalan. Pada gedung ini dilakukan bermacam kegiatan proses pembelajaran di dalam kelas dengan menggunakan peralatan listrik seperti *infocus*, lampu penerangan dan peralatan lainnya. Akibat penambahan ruangan menyebabkan terjadi penambahan beban juga mempengaruhi sistem kelistrikan. Gedung pascasarjana di pasang sistem kelistrikan untuk pemakaian peralatan atau komponen elektronika dan listrik, lampu penerangan ruangan dan lampu penerangan jalan wajib di pasang sistem pentanahan untuk mengatasi terjadinya gangguan alam, internal, dan human *error*. Pemasangan sistem pentanahan pada gedung pascasarjana bertujuan untuk mengamankan bangunan yang terdapat sistem kelistrikan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Proses terjadi petir

Petir adalah pelepasan muatan yang terjadi antara awan, dalam awan atau antara awan dengan tanah. Dimana dalam awan terdapat muatan positif dan muatan negatif, jika muatan ini bertemu maka akan terjadi tarik menarik yang dapat menimbulkan kilat diawan, begitu juga kalau muatan negatif dan muatan negatif dekat akan terjadi tolak menolak, juga akan terjadi ledakan / kilat. Bumi merupakan gudang muatan positif maupun negatif, jika pelepasan muatan dari petir dekat dengan bumi, maka akan terjadi sambaran petir ke bumi. Petir terjadi pada saat air di serap oleh sinar matahari pada permukaan bumi menuju ke udara dan menimbulkan proses terjadinya awan, awan yang semakin lama semakin membesar dan menghasilkan muatan elektron dan proton, sehingga menimbulkan terjadi awan colunimbus dan semakin lama muatan elektron dan proton akan terjadi pelepasan kedua muatan pada saat terjadi hujan. Muatan elektron yang terdapat di awan akan terionisasi akibat terjadinya hujan menuju ke bumi yang terdapat muatan proton, sehingga menimbulkan terjadi suatu proses yang di sebut dengan petir.

Akibat terjadinya ionisasi dari muatan elektron di awan menuju ke muatan proton ke bumi semakin lama semakin besar dan menimbulkan terjadinya petir yang sangat besar yang disebut dengan sambaran petir. Timbulnya benturan antara muatan elektron dengan muatan proton akan menghasilkan arus dan tegangan yang sangat tidak terhingga atau tidak terbatas (V dan $I = \infty$). Pada sebuah bangunan yang terdapat sistem kelistrikan untuk pemasangan peralatan listrik atau elektronika gedung bertingkat, maka pada bangunan harus dipasang sistem pentanahan baik di pasang di atas bangunan atau di bawah yang di tanam di dalam tanah.

Pemasangan sistem pentanahan dengan menggunakan elektroda terbuat dari bahan logam seperti bahan tembaga. Dengan adanya sistem pentanahan pada bangunan, maka gangguan yang terjadi akibat sambaran petir atau gangguan hubungan singkat dapat diatasi dengan cara menetralsisir arus

dan tegangan yang timbul dari sambaran petir ke dalam tanah. Pemasangan elektroda pentanahan pada bagian atas bangunan dengan menggunakan elektroda penangkal atau penangkap petir yang di hubungkan atau disambung dengan kawat atau kabel penghantar menuju elektroda pentanahan yang di tanam ke dalam

2.2 Sistem Distribusi

Sistem distribusi primer adalah bagian dari suatu sistem tenaga yang menghubungkan sumber daya (gardu induk) dengan gardu distribusi. Pada dasarnya jaringan primer terdiri dari beberapa saluran primer yang terkoordinasi pada suatu rel tegangan menengah di gardu induk dan menyebar menuju daerah beban melalui gardu-gardu distribusi. Sistem ini dapat mempergunakan saluran udara maupun kabel tanah sesuai pada tingkat keandalan yang diinginkan, sistem yang menggunakan kabel tanah mempunyai tingkat keandalan yang lebih baik, tetapi konsekuensinya memerlukan biaya investasi yang jauh lebih mahal dari pada dengan menggunakan saluran udara. Resistansi penghantar saluran transmisi adalah penyebab yang terpenting dari rugi daya pada saluran transmisi, dirumuskan pada persamaan (1).

$$\text{Rugi Daya} = I^2 \times R \quad (1)$$

Resistansi suatu kawat penghantar tergantung kepada jenis bahan kawatnya yang diwakili oleh resistivitas-jenis, luas penampang dan panjang kawat [8],

$$R = \rho \frac{l}{A}, \text{ Ohm/meter} \quad (2)$$

Keterangan :

R = Resistansi

ρ = Resistivitas jenis (Ohm-mm²/ m)

l = Panjang Kawat (meter)

A = Luas Penampang (mm²)

2.3 Reaktansi

Reaktansi pada saluran transmisi/distribusi terdiri dari reaktansi induktif (jX) dan reaktansi kapasitif ($-jX$). Namun pada saluran distribusi, reaktansi kapasitif sangat kecil sekali, sehingga biasanya diabaikan. Besar reaktansi induktif [9] diformulasikan seperti persamaan (3) :

$$X = 2 \pi f L \quad (3)$$

Keterangan :

f = Frekuensi (Hz)

L = Induktansi (Hendry)

X = Reaktansi induktif

Suatu pengetanahan netral langsung pada transformator dikatakan bilamana adanya hubungan galvanis antara sistem itu dengan tanah tanpa menyisipkan suatu impedansi. Pada saat terjadi gangguan hubung singkat kawat-tanah begitu besar sehingga tekanan arus lebih berpengaruh dari tekanan tegangan [10].

Dalam hal ini arus gangguan :

$$\frac{I_{FG}}{3} = \frac{E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (4)$$

Keterangan :

Z_1 = Impedansi urutan positif
 Z_2 = Impedansi urutan negatif
 Z_0 = Impedansi urutan nol

Sedangkan kenaikan tegangan pada fasa sehat yang tidak terganggu adalah :

$$\Delta = - E_{ph} \left[\frac{k-1}{k+2} \right] \quad (5)$$

Maka besarnya kenaikan tegangan fasa sehat pada fasa b dan c adalah :

$$V_b = V_c = E_{ph} + \Delta \quad (6)$$

Harga per-unit adalah harga yang sebenarnya dibagi harga dasar dari sistem. Berikut ini rumus-rumus pada sistem tiga fasa, yaitu :

$$KVA_{base} = \sqrt{3} \times kV_{base} \times I_{base} \quad (7)$$

$$I_{base} = \frac{kVA_{base}}{\sqrt{3} \times kV_{base}} \text{ (A)} \quad (8)$$

$$Z_{base} = \frac{(kV_{base})^2 \times 1000}{kVA_{base}} \text{ (Ohm)} \quad (9)$$

2.4 Tegangan Sentuh

Tegangan sentuh adalah tegangan yang terdapat di antara suatu objek yang disentuh dan suatu titik berjarak 1 meter, dengan asumsi bahwa objek yang disentuh dihubungkan dengan kisi-kisi pengetanahan yang berada di bawahnya. Besar arus gangguan dipengaruhi oleh tahanan orang dan tahanan kontak ke tanah dari orang tersebut [9].

$$E_s = (R_k + R_f / 2) \cdot I_k \quad (10)$$

2.5 Tegangan Langkah

Tegangan langkah adalah tegangan yang timbul di antara dua kaki orang yang sedang berdiri di atas tanah yang sedang dialiri oleh arus kesalahan ketanah. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.7 Dalam hal ini dimisalkan jarak antara kedua kaki orang adalah 1 meter dan diameter kaki dimisalkan 8 cm dalam keadaan tidak memakai sepatu [9].

$$E_L = (R_k + 2 R_f) \cdot I_k \quad (11)$$

2.6 Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan merupakan suatu cara untuk menyalurkan arus listrik yang terjadi akibat sambaran petir pada sebuah objek dalam hal ini bangunan yang di dalamnya terdapat sistem kelistrikan di gunakan untuk peralatan listrik dan elektronika. Sistem pentanahan di gunakan untuk mengamankan bangunan dari bahaya kebakaran akibat sambaran petir, mengamankan peralatan listrik dan elektronika dan manusia yang menggunakan sistem kelistrikan. Standar yang

disepakati adalah bahwa saluran transmisi *substasiun* harus direncanakan sedemikian rupa sehingga nilai tahanan pentanahan tidak melebihi 1Ω untuk tahanan pentanahan pada komunikasi sistem/data dan maksimum harga tahanan yang diizinkan 5Ω pada gedung / bangunan [11]. Untuk menentukan nilai tahanan pentanahan bangunan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$R = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{4}} \quad (12)$$

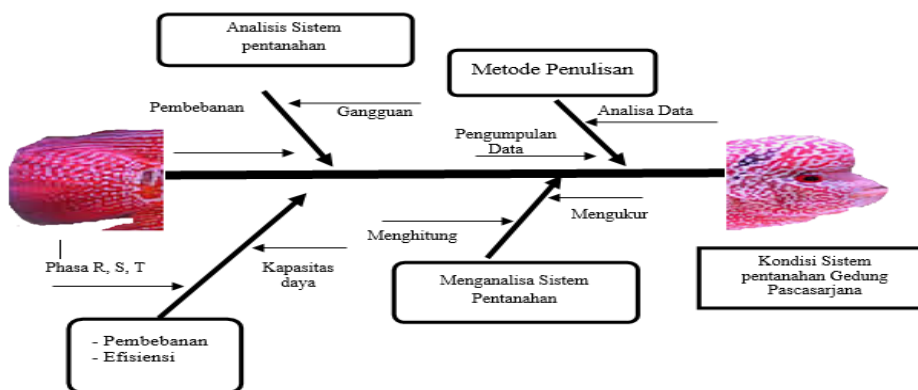
Keterangan :

R : tahanan pentanahan (ohm)

ρ : resistivitas tanah (ohm-meter)

3. Metode Penelitian

Metode penelitian di lakukan pada Objek yang diteliti gedung pascasarjana Unilak, pada metode ini peneliti menggunakan beberapa peralatan pendukung untuk melakukan pengukuran dan pengamatan, adapun peralatan pendukung tersebut adalah tang amper, Megger, Multitester dan *Toolset*. Sedangkan metode penelitian di lakukan dengan cara melakukan survey ke tempat lokasi penelitian dalam hal ini gedung pascasarjana Unilak, mencari informasi kepada pihak-pihak yang berhubungan dengan objek penelitian, mencari sumber data baik sumber data primer maupun sumber sekunder untuk mengetahui bentuk sistem pentanahan yang dipasang di gedung pascasarjana, penyebab terjadi gangguan dan akibat yang di timbulkan. Kemudian penelitian melakukan analisis data dari data-data yang diperoleh untuk mendapatkan hasil besar nilai tahanan pentanahan, arus gangguan singkat, kenaikan fasa sehat dan tegangan sentuh serta tegangan langkah pada gedung Pascasarjana Unilak. Untuk menghitung besar nilai tahanan pentanahan di gunakan persamaan yang terdapat pada kajian pustaka. Langkah-langkah kerja yang disusun dalam suatu *bagan alir penelitian (Fishbone Diagram)* seperti pada gambar

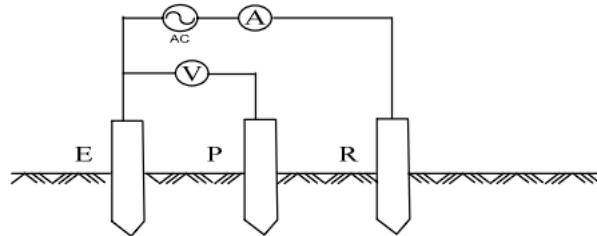


Gambar 1 Bagan Alir Penelitian (*Fishbone Diagram*)

3.1 Metoda Tiga Titik (*Driven rod*)

Metode ini adalah untuk menentukan tahanan pentanahan dari elektroda pentanahan standar yang terpasang di dalam bumi dan untuk mendapatkan resistivitas tanah sesuai dengan rumus perhitungan resistansi pentanahan dari elektroda pentanahan standar. Resistivitas yang diperoleh dengan menggunakan metode tiga *probe* terkait dengan bentuk dan kondisi penguburan elektroda pembumian. Metode tiga titik (*three-point metode*) dimaksudkan untuk mengukur tahanan pentanahan. Misalkan tiga buah batang pentanahan dimana batang 1 yang tahanannya hendak diukur dan batang-batang 2 dan 3 sebagai batang pentanahan pembantu yang juga belum diketahui

tahanannya, seperti pada gambar 2. Gambar 2 Rangkaian pengukuran tahanan jenis tanah dengan Metode tiga titik



Gambar 2 Rangkaian pengukuran tahanan jenis tanah dengan Metode tiga titik

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengukuran Gedung Pascasarjana Universitas Lancang Kuning

Pengukuran penelitian Gedung Pascasarjana dilakukan pemakaian beban pada masing-masing fasa dan pengukuran sistem pentanahan titik netral dan pentanahan peralatan pada Gedung Pascasarjana Unilak. Berdasarkan hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur *Earthtester* untuk mengukur besar tahanan pentanahan pada Gedung Pascasarjana baik pentanahan peralatan maupun pentanahan netral serta Tang Amper untuk mengukur tegangan, arus beban. Hasil pengukuran yang diperoleh ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Gedung Pascasarjana

No	Uraian	Gedung Pascasarjana
1.	Beban Fasa R (Amper)	3,65
2.	Beban Fasa S (Amper)	5,67
3.	Beban Fasa T (Amper)	6,85
4.	Beban Netral (Amper)	1,42
5.	Tegangan Fasa R (Volt)	219
6.	Tegangan Fasa R (Volt)	220
7.	Tegangan Fasa R (Volt)	219
8.	Pentanahan Titik Netral (ohm)	25
9.	Pentanahan Peralatan (ohm)	20
10.	Tahanan Jenis Tanah liat (ohm)	100

4.2 Perhitungan Besar Tahanan Pentanahan Gedung Pascasarjana Universitas Lancang Kuning.

Untuk mencari nilai tahanan pengetanahan netral dalam satuan per-unit (p.u) sesuai dengan rumus (6), adalah dengan impedansi sebesar 12,6 % atau 0,126 :

$$I_{base} = \frac{MVA}{\sqrt{3} \times kV}$$

$$= \frac{0,315 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 0,38 \text{ kV}}$$

$$I_{\text{base}} = 47,92 \text{ Amper}$$

Impedansi dasar (Z_{base}) berdasarkan rumus (2.8) :

$$Z_{\text{base}} = \frac{kV_{\text{base}}^2}{MVA_{\text{base}}}$$

$$= \frac{(0,38)^2 \text{ kV}}{315 \text{ kVA}} = 0,046 \text{ ohm}$$

a. Pentanahan peralatan pada Gedung Pascasarjana :

$$R_g = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{4}}$$

$$= \frac{100}{4} \sqrt{\frac{5}{4}}$$

$$R_g = 28 \text{ Ohm}$$

b. Pentanahan titik netral pada Gedung Pascasarjana

$$3R_N = \frac{3}{-j0,461} - 0,461$$

$$= 3,035$$

$$R_N = \frac{3,035}{3} = 1,011 \text{ pu}$$

Maka :

$$R_N = R_N \text{ pu} \times Z_{\text{base}}$$

$$= 1,011 \times 0,046$$

$$= 0,0465 \text{ ohm}$$

4.3 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Gedung Pascasarjana

Perhitungan arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah berdasarkan rumus (4) perhitungan arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah menggunakan impedansi sebesar 12,6 % atau 0,126 pu.

$$I_{f1\phi(L-G)} = \frac{3E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3R_n}$$

$$= \frac{3(1.0)}{j0,126 + j0,126 + j0,126 + 3(41)}$$

$$= \frac{3}{\sqrt{(0,376)^2 + (123)^2}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3}{\sqrt{0,1414+15129}} \\
 &= \frac{3}{\sqrt{15129,1414}} \\
 &= \frac{3}{123} = 0,024 \text{ Amper}
 \end{aligned}$$

$$I_{f1\phi (L-G)} = 0,024$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 I_{f1\phi (L-G)} &= I_f \times I_{\text{base}} \\
 &= 0,024 \times 47,92 \text{ Amper}
 \end{aligned}$$

$$I_{f1\phi (L-G)} = 1,15 \text{ Amper}$$

4.4 Perhitungan Tegangan Phasa Sehat

Sambungan netral diketanahkan tanpa impedansi pada Gedung Pascasarjana juga bisa berguna untuk membatasi atau mencegah naiknya tegangan phasa yang sehat, seandainya terjadi gangguan salah satu phasa, misal hubung singkat ke tanah. Besar kenaikan tegangan saluran jaringan ke netral menjadi sebesar 3 tegangan phasa andai kata tanpa adanya sambungan netral dan tanpa impedansi ke tanah. Perhitungan kenaikan tegangan pada phasa sehat di hitung menggunakan persamaan 5.

$$\begin{aligned}
 \Delta &= -0,38 \text{ kV} \left[\frac{k-1}{k+2} \right] \\
 &= -0,38 \left[\frac{47,92-1}{47,92+2} \right] \\
 &= -0,38 \left[\frac{46,92}{49,92} \right] \\
 &= -0,38 (0,9399) \\
 &= -0,3572 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

Besar kenaikan tegangan phasa sehat diperoleh sebesar - 0,3372 kV, maka tegangan pada titik netral adalah :

$$\begin{aligned}
 V_B &= V_C = E_{\text{ph}} + \Delta \\
 &= \sqrt{(0,38)^2 + (-0,3572)^2 - 2 (0,38)(-0,3572) \cos 80} \\
 &= \sqrt{0,144 + 0,1296 + 0,2736 \times 0,174} \\
 &= \sqrt{0,095}
 \end{aligned}$$

$$V_B = V_C = 0,308 \text{ kV ke netral}$$

$$V_B = V_C = 308 \text{ volt ke netral}$$

4.5 Perhitungan Tegangan Sentuh Dan Tegangan Langkah

Perhitungan tegangan sentuh dapat di hitung dengan menggunakan persamaan 10 dan tegangan langkah persamaan 11 maka persamaan tegangan sentuh sebagai berikut dengan jenis tanah liat (100Ω) :

Perhitungan tegangan sentuh :

$$E_s = \left(R_k + \frac{R_f}{2} \right) x I_k$$

$$= \left(1000 + \frac{3 \cdot \rho_s}{2} \right) x \frac{0,116}{\sqrt{t}}$$

$$= \left(1000 + \frac{3 \cdot 100}{2} \right) x \frac{0,116}{\sqrt{0,75}}$$

$$= (1000 + 150) x 0,13$$

$$= 1150 x 0,13$$

$$= 149,5 \text{ volt}$$

Perhitungan tegangan langkah :

$$E_l = (R_k + 2R_f) x I_k$$

$$= (1000 + 2(3 \times 100)) x \frac{0,116}{\sqrt{t}}$$

$$= (1000 + 2(300)) x \frac{0,116}{\sqrt{0,75}}$$

$$= (1000 + 600) x 0,13$$

$$= 1600 x 0,13$$

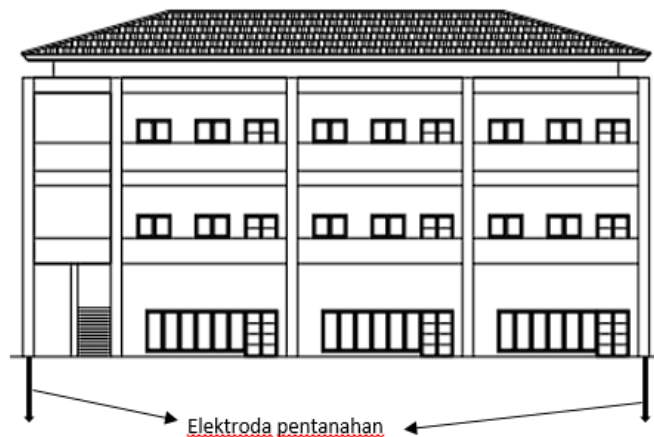
$$= 208 \text{ volt}$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan Gedung Pascasarjana

No	Uraian	Hasil Perhitungan	Standar IEC
1.	Tahanan Peralatan	28 Ohm	5 ohm
2.	Tahanan Titik Netral	0,0465 Ohm	5 ohm
3.	Tegangan Sentuh	149,5 Volt	490 V
4.	Tegangan langkah	208 Volt	1615 V
5.	Arus Gangguan Hubung singkat	1,15 A	5 Amper
6.	Kenaikan tegangan fasa sehat	308 V	380 volt

Berdasarkan tabel 2 di atas diperoleh bahwa hasil perhitungan pada pentanahan Gedung Pascasarjana sebesar 28 ohm belum memenuhi standar yang dikeluarkan oleh badan standar internasional (IEC) hal ini disebabkan karena pemasangan elektroda pentanahan sedalam 5 meter, sedangkan untuk mencapai hasil tahanan 5 ohm di pasang sedalam mungkin. Hal ini juga

disebabkan pemasangan elektroda pentanahan sebanyak 2 buah elektroda, sedangkan seharusnya dipasang 4 buah di setiap sudut bangunan. Besar nilai tahanan titik netral sebesar 0,00465 ohm, sudah memenuhi standar yang dikeluarkan oleh badan standar internasional (IEC) sebesar 5 ohm. Hasil perhitungan tegangan sentuh sebesar 149,5 volt dan tegangan langkah sebesar 208 volt yang diperoleh, sudah memenuhi standar IEC (lihat tabel 5.2). Serta hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat sebesar 1,15 amper sudah memenuhi standar IEC 5 amper (di bawah standar IEC). Sedangkan kenaikan tegangan fasa sehat 308 volt sudah memenuhi nilai standar dari IEC



Gambar 2 Sistem Pentanahan Gedung Pascasarjana

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis diperoleh kesimpulan sebagai berikut Besar nilai tahanan pentanahan sebesar 28 ohm, maka nilai tahanan pentanahan tidak memenuhi standar PLN sebesar < 5 ohm. Besar arus gangguan hubung singkat pada Gedung Pascasarjana sebesar 1,15 amper, besar arus gangguan hubungan singkat masih di bawah standar PLN yaitu < 5 amper. Kenaikan tegangan fasa sehat diperoleh sebesar 308 volt, tegangan sentuh sebesar 149,5 volt dan tegangan langkah sebesar 208 volt. Untuk kenaikan fasa sehat masih memenuhi standar PLN sebesar 380 volt dan tegangan sentuh dan tegangan langkah masih memenuhi standar PLN sebesar 220 volt.

Daftar Pustaka

- [1] Zainal Abidin, 2017, *Karakteristik Batang Pentanahan Sistem Arang-Garam (Sigarang) Sebagai Upaya Perbaikan Sistem Pentanahan*, Jurnal Ecotipe, Volume 4, Nomor 1, April 2017.
- [2] Adiputra. R.F. 2011, *Studi Performansi Perlindungan Sambaran Petir Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Untuk Beragam Karakteristik Sambaran*, Proceeding Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS, pp. 1-8, Program Studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro-FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [3] Ahmad Ade Irwanda, 2015, *Studi Proteksi Sambaran Petir Pada Menara Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Gardu Induk Garuda Sakti PT.PLN (Persero)* Skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning.Riau

- [4] Abrar Tanjung, 2015, *Analisis Sistem Pentanahan Transformator daya Di Universitas Lancang Kuning Pekanbaru*, Jurnal SITEKIN UIN Susqa, Vol. 12 No. 2, Pekanbaru, ISSN 2407-0939 (On Line)
- [5] Abrar Tanjung, Elvira Zondra, 2015, *Analisis Sistem Pengaman Menara Seluler Smartfren Pada Perumahan Masyarakat Di Kelurahan Umban Sari*, Jurnal Elementer, Vol 1 No. 2, hal 10 – 19.
- [6] Abrar Tanjung, Zulfahri, 2020, *Analysis Of The Rectorate Building Security System Lancang Kuning University Pekanbaru*, Jurnal Elementer, Vol. 6, No. 2, November 2020, hal 42 – 52.
- [7] Samsul Bahraen, Sultan, I Made Ari Nrartha, 2018, “ *Evaluasi Sistem Instalasi Listrik Di Gedung B Kampus Fakultas Teknik Universitas Mataram* “, Jurnal Teknik Eletro ITP, Volume 2 No 1, Mataram
- [8] Susanto, E., 2019, *Analisis Korelasi Kepadatan Bangunan Terhadap Frekuensi Sambaran Petir di Wilayah Kota Makassar*, Prosiding Seminar Nasional Fisika PPs UNM, vol. e-ISSN 1656-7148, Makassar, Februari 2019, pp. 117-120..
- [9] Zoro, R. 2009. *Induksi Dan Konduksi Gelombang Elektromagnetik Akibat Sambaran Petir Pada Jaringan Tegangan Rendah*. Makara, Teknologi, Vol. 13, NO. 1, 25-32
- [10] Managam, 2012, *Studi Pengaruh Jenis Tanah dan Kedalaman Pembumian Driven Rood Terhadap Reistansi Jenis Tanah*, Vokasi Volume 8 Nomor 2. Juni 2012.
- [11] Soli Akbar Hutagaol, 2009, “*Studi Tentang Penangkal Petir*” Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara