



Analisis Sistem Pentanahan Gardu Induk Titi Kuning PT. PLN (Persero) Dengan MATLAB

Yulianus Laia¹, Muhammad Irwanto², Togar Timoteus Gultom³, Denny Hasmintha Sembiring Maha⁴
^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Prima Indonesia, Medan, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 10 Agustus 2023

Revised: 08 Oktober 2023

Accepted: 15 November 2023

Keywords:

Pentanahan

Tahanan

Gardu Induk

Published by

Impression : Jurnal Teknologi dan Informasi
Copyright © 2023 by the Author(s) | This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

Sistem pentanahan pada gardu induk pada umumnya menggunakan batang elektroda, karena elektroda dapat mempengaruhi efektifitas penghantaran arus gangguan, sehingga peralatan akan lebih aman. Mengingat pentingnya sistem pentanahan, maka sistem pentanahan yang terpasang harus diperhatikan dan dipelihara dengan baik. Salah satunya adalah pentanahan yang terdapat di Titi Kuning. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan pentingnya mengetahui nilai tahanan pentanahan yang terpasang pada Gardu Induk PT. PLN (Persero) Titi Kuning. Mendeskripsikan pentanahan yang terdapat di Titi Kuning seperti menghitung luas pentanahan, dan mengetahui jenis tanahnya. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode simulasi. Sistem tahanan pentanahan Gardu Induk Titi Kuning PT. PLN (Persero) dilakukan dengan menggunakan grafik *user interface* (GUI) MATLAB. Tahanan pentanahan yang mengikuti sistem grid dengan keluasan 20 m x 15 m = 300 m² dengan tahanan jenis tanah untuk tanah liat adalah 100 m dari hasil simulasi tahanan pentanahan GUI MATLAB dapat di simpulkan yaitu pada nilai tahanan tertentu jumlah elektroda 100 Ω m di peroleh 3,55 Ω sesuai PUILL 2000. untuk tahanan pentanahan dengan kedalaman konstan dan jumlah elektroda bervariasi 100 batang di peroleh 3,45 Ω sesuai dengan PUILL 2000. untuk tahanan pentanahan dengan jumlah batang konstan dan bervariasi 100 batang diperoleh 2,65 Ω sesuai dengan PUILL 2000.

Corresponding Author:

Yulianus Laia

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Prima Indonesia

Jl. Sampul No. 4, Sei Putih Barat, Medan Petisah, Medan, Sumatera Utara, 20118, Indonesia

Email: yulianuslaia646@gmail.com

PENDAHULUAN

Gardu Induk memiliki peranan yang sangat penting untuk mendistribusikan listrik ke sistem distribusi tenaga daya. sistem distribusi tenaga listrik dapat mengalami berbagai gangguan dalam penyaluran energi listrik, yang dapat mengakibatkan terhentinya penyaluran energi listrik ke beban, dan kerusakan peralatan listrik. Untuk menghindari gangguan tersebut, gardu induk harus aman dan terlindungi, yang dapat di capai dengan menghubungkan Gardu Induk ke sistem pentanahan. Sistem pentanahan pada gardu induk pada umumnya menggunakan batang elektroda, karena elektroda dapat mempengaruhi efektifitas penghantaran arus gangguan, sehingga peralatan akan lebih aman. Mengingat pentingnya sistem pentanahan, maka sistem pentanahan yang terpasang harus diperhatikan dan dipelihara dengan baik.

Oleh karena itu, untuk melindungi pengguna dan peralatan listrik diperlukan sistem, yaitu sistem pentanahan dari Gardu Induk itu sendiri. Sistem pentanahan pada gardu induk digunakan untuk memberikan proteksi langsung pada peralatan dan personel ketika peralatan jaringan distribusi menyebabkan gangguan atau kebocoran pentanahan akibat gangguan isolasi dan tegangan lebih.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) nilai resistansi sistem pentanahan yang baik harus kurang dari 5Ω. Sistem pentanahan ini sangat penting untuk menjaga kesinambungan aliran listrik ke konsumen.

Tujuan dilakukannya hal ini adalah untuk menjaga nilai tahanan pentanahan, karena tahanan pentanahan menentukan bagus atau tidaknya sistem pentanahan. Diharapkan melalui perawatan dan pemeliharaan yang cermat, nilai tahanan pentanahan dapat dipertahankan memenuhi standar PUIL 2000 yaitu sistem pentanahan yang bekerja harus dijaga secara berkala agar tahanan pentanahan tetap rendah terutama di bawah 5Ω .

URAIAN TEORI

Gardu Induk adalah peralatan listrik yang dapat mengkonversikan tegangan dari suatu tingkat ke tingkat yang lainnya melalui gandengan sistem berdasarkan prinsip elektromagnetik dengan tanpa mengubah frekuensi. Ada dua jenis trafo yaitu diantaranya trafo step up (penaik tegangan) dan trafo step down (penurun tegangan). Penggunaan trafo dalam sistem tenaga listrik memungkinkan di pilih tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk setiap keperluan, misalnya untuk kebutuhan pembangkitan tegangan tinggi dalam pengiriman sistem listrik jarak jauh pada transmisi.

1. Sistem Pentanahan

Dalam konteks listrik, merujuk pada suatu sistem yang menghubungkan peralatan listrik atau instalasi dengan tanah sebagai referensi potensial nol atau titik tanah sistem pentanahan sangat penting. Adapun persyaratan pentanahan sebagai berikut:

1. Keamanan pentanahan digunakan untuk melindungi manusia dan peralatan dari bahaya arus listrik yang tidak diinginkan.
2. Perlindungan dari petir Sistem pentanahan juga digunakan untuk melindungi bangunan dan peralatan dari kerusakan yang disebabkan oleh sambaran petir.
3. Pengendalian interferensi listrik: Pentanahan dapat membantu mengendalikan interferensi elektromagnetik dan kebisingan yang disebabkan oleh gangguan listrik atau gelombang elektromagnetik lainnya.

2. Jenis-Jenis Elektroda Pentanahan

Ada beberapa macam jenis elektroda pentanahan yang digunakan pada sistem pentanahan yaitu:

a. Elektro Batang

Elektroda batang adalah elektroda berbentuk pipa atau batang baja profil maupun logam lain yang dipasangkan tegak lurus ke dalam tanah. Dalam pemasangan elektroda batang di usahakan setegak lurus mungkin dengan tujuan agar dicapai kedalaman yang maksimum, dimana yang diharapkan lapisan tanah dengan tahanan jenis yang cukup rendah. Dalam perhitungan batang tertanam tegak lurus, sehingga kedalaman elektroda tertanam sama dengan panjangnya batang yang ditanam.

b. Elektroda Pelat

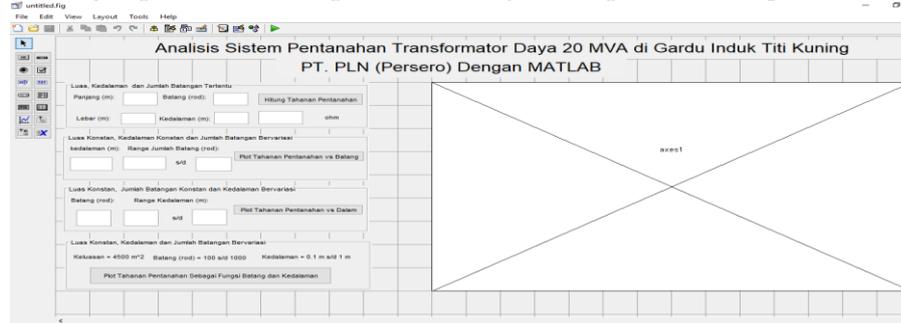
Bentuk elektroda pelat biasanya empat persegi atau empat persegi panjang yang terbuat dari tembaga, timah atau pelat baja yang ditanam didalam tanah.

METODE PENELITIAN

Didalam penentuan atau dalam analisis sistem pentanahan di Gardu Induk Titi kuning PT. PLN dengan matlab ini.

1. Data gardu induk dan pentanahan yang ada dari garduk induk titi kuning adalah jenis pentanahan grid dengan panjang grid 20 m dan lebar nya 15 m sehingga luas pentanahan grid adalah $20 \times 15 = 300 \text{ m}^2$ kemudian data berikutnya yang di perlukan analisis gardu induk ini adalah jenis tanah liat.

2. Dari data yang ada di bentuk grafik *user interface* dengan matlab seperti berikut.



Gambar 1. Guid Matlab

- A. Menghitung nilai tahanan pentanahan dalam menghitung tahanan pentanahan ini di perlukan satu sistem atau perumusan pentanahan dengan grid dengan menggunakan persamaan.

$$\begin{aligned}
 Rg &= \rho \left[\frac{1}{Lt} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{h}{\sqrt{20A}}} \right) \right] \\
 &= 300 \left[\frac{1}{100} + \frac{1}{\sqrt{20 \times 4,500}} \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{0,6}{\sqrt{20}} \sqrt{4,500}} \right) \right] \\
 &= 2.27753 \Omega
 \end{aligned}$$

Rg = adalah tahanan tanah gardu induk, Ω

ρ = adalah resistivitas tanah, $\Omega \text{ m}$

A = adalah area yang ditempati oleh jaringan tanah, m^2

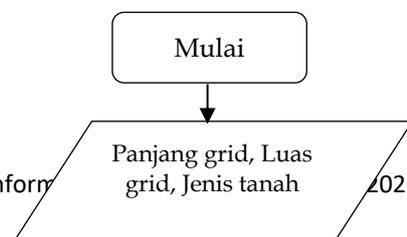
h = adalah kedalaman kisi, m

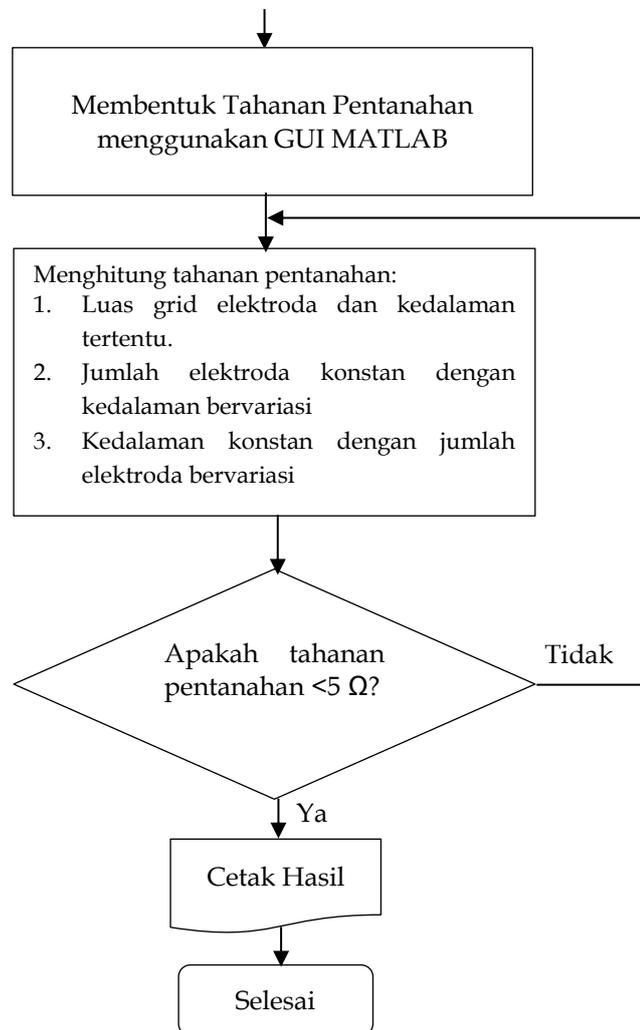
LT = adalah total panjang konduktor yang terkubur, m

Kemudian dalam analisis dengan menggunakan grafik *user interface* di buat.

1. Menghitung tahanan pentanahan yaitu dengan memasukan panjang grid, lebarnya, jumlah batang dan kedalaman sehingga di tekan tombol hitung tanah pentanahan akan di hasilkan nilai tanah pentanahan.
2. Dalam analisis sistem pentanahan gardu induk ini dilakukan simulasi dengan membuat luas konstan, kedalaman konstan dan jumlah batang divariasikan, kemudian jika ditekan tombol plot tahanan pentanahan vs batang ini makan akan di hasilkan pada exes1 ini berupa grafik plot tahanan pentanahan vs yang mana akan muncul kan dengan variasi batangan yang ada $< 5\Omega$.
3. Kemudian luas konstan, jumlah batang konstan dan kedalaman bervariasi dalam simulasi ini batang, jumlah batang, dan range berapa sehingga di tekan tombol plot tahanan pentanahan vs dalam diklik maka akan di tampilkan pada exes1 ini berupa grafik tahanan pentanahan vs kedalaman
4. Simulasi untuk yang terakhir di buat grafik 3 dimensi (3D) di buat luas konstan, kedalaman dan jumlah batang bervariasi, jika diklik plot tahanan pentanahan sebagai fungsi batang kedalaman maka exes1 akan dihasilkan grafik 3 dimensi (3D) dimana grafik menunjukan nilai tahanan pentanahan sebagai fungsi batang dan kedalaman.
5. Kemudian dianalisis yang di harapkan bahwasanya dalam analisis dengan menggunakan grafik *user interface* ini tahanan pentanahan $< 5\Omega$ jika ia maka dianalisis jika tidak maka ditinjau ulang dari dilakukan desain grafik *user interface* yang ada.

Adapun jalannya penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian berikut.





Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

Dalam penganalisan pentanahan ini dilakukan dengan empat keadaan yaitu, yang pertama dengan memberikan kedalaman pentanahan dan jumlah batang elektroda dan tertentu, yang kedua dengan kedalaman pentanahan tertentu dan jumlah batang elektroda bervariasi, yang ketiga dengan jumlah batang elektroda tertentu dan kedalaman pentanahan bervariasi, yang terakhir dengan memvariasikan kedalaman pentanahan dan jumlah batang elektroda.

Keempat keadaan system pentanahan Gardu Induk titi kuning di analisis dengan nilai pentanahan di bawah 5Ω , yang masing-masing nilainya ditampilkan dalam grafik 2-dimensi (2D) dan 3-dimensi (3D).

2. Analisis Pentanahan Gardu Induk Titi Kuning Daya Kedalaman Jumlah Batang Elektroda Tertentu

Pada dasarnya jenis tanah pada Gardu Induk Titi Kuning adalah jenis tanah liat dengan tahanan jenis tanahnya $100 \Omega \text{ m}$, dengan keluasan Gardu Induk yang ditanahkan dengan system grid, yaitu $20 \text{ m} \times 15 \text{ m} = 300 \text{ m}^2$ dengan persamaan grid dengan kedalaman 0.1 m dan jumlah batang elektroda 100 m , maka diperoleh nilai tahanan pentanahan seperti berikut.

$$R_g = \rho \left[\frac{1}{Lt} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1 + \sqrt[n]{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

$$= 100 \left[\frac{1}{100} + \frac{1}{\sqrt{20 \times 300}} \left(1 + \frac{1}{1 + \sqrt[0.1]{\frac{20}{300}}} \right) \right]$$

$$= 3.55 \, \Omega$$

Nilai tahanan pentanahan Gardu Induk Titi Kuning yang di peroleh dari hasil perhitungan manual adalah sama dengan hasil simulasi dengan mengunakan grafik *user interface* (GUI) MATLAB seperti gambar 3.1, yaitu 3,55 Ω . Nilai tahanan pentanahan Gardu Induk Titi Kuning adalah sesuai dengan PUILL 2000 di bawah 5 Ω .

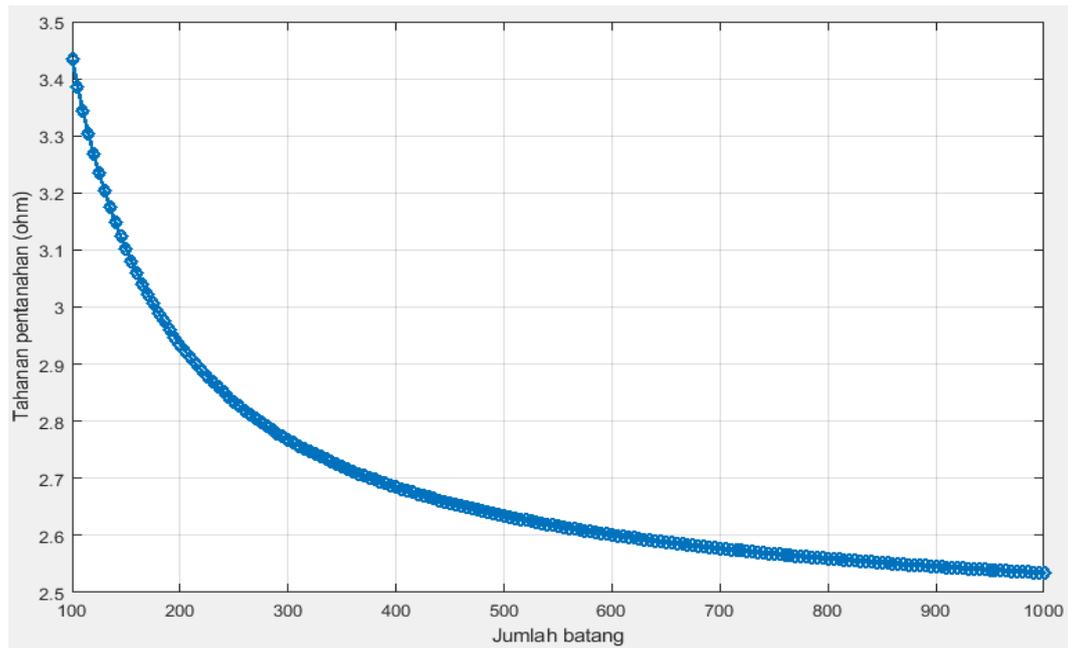
Gambar 3. Hasil simulasi tahanan pentanahan Gardu Induk Titi Kuning dengan jumlah batang 100 dan kedalaman 0.1 m

3. Tahanan Pentanahan Dengan Kedalaman Konstan Dan Jumlah Elektroda Bervariasi.

Simulasi keadaan system tahanan pentanahan grid pada Gardu induk Titi Kuning dilakukan dengan membuat kedalaman konstan yaitu 0.5 m dan jumlah elektroda batang di variasi dari 100 sampai 1000 batang keadaan ini dilakukan untuk melihat pengaruh perubahan jumlah batang elektroda terhadap nilai tahanan pentanahan grid Gardu Induk Titi Kuning dengan pentanahan sekali penginputan nilai kedalaman pentanahan dan jumlah elektroda dan jumlah pada grafik *user interface* MATLAB seperti Gambar 4.

Gambar 4. Nilai Input Untuk Kedalaman Dan Jumlah Batang Elektroda Pada Grafik User Interface MATLAB

Gambar 5 menunjukkan hasil simulasi tahanan pentanahan pada GUI MATLAB dengan kedalaman 0.5 m dan jumlah elektroda batang divariasikan dari 100 batang sampai 1000 batang. Jumlah elektroda memberikan pengaruh terhadap nilai tahanan pentanahan Gardu Induk Titi Kuning. Pada jumlah elektroda 100 batang memberikan nilai tahanan pentanahan sebesar 3.45 Ω , sedangkan pada jumlah elektroda 1000 batang memberikan nilai tahanan pentanahan sebesar 2.53 Ω . Hal ini menunjukkan bahwa dengan kedalaman pentanahan konstan dan dengan membuat jumlah elektroda semakin banyak maka akan dihasilkan nilai tahanan pentanahan Gardu Induk Titi Kuning yang semakin kecil. Hal ini memenuhi standar PUILL 2000 karna nilai tahanan pentanahan Gardu Induk Titi Kuning yang di peroleh masih dibawah 5 Ω .



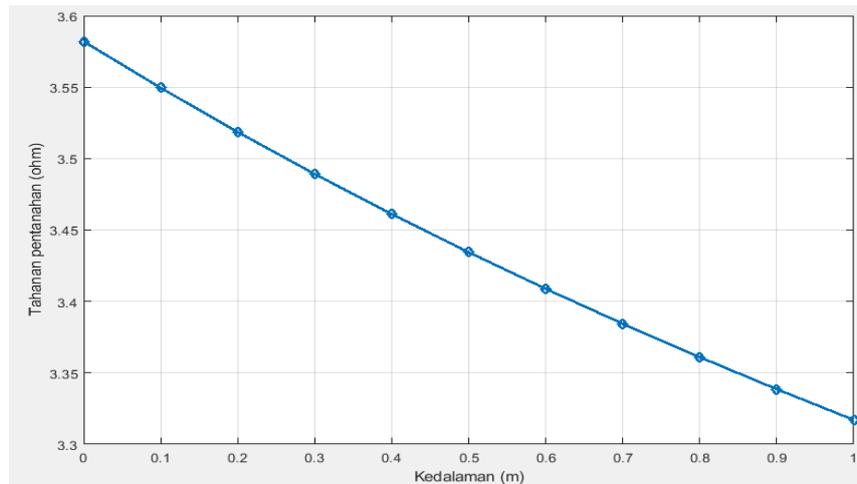
Gambar 5. Pengaruh Jumlah Elektroda Terhadap Tahanan Pentanahan

4. Tahanan Pentanahan Dengan Jumlah Batang Konstan Dan Bervariasi Dengan Grafik User Intraface Matlab

Simulasi tahanan pentanahan Gardu Induk Titi Kuning dilakukan juga dengan membuat jumlah batang elektroda konstan yaitu, 1000 batang dan dengan memvariasikan kedalaman pentanahan dari 0.1 m sampai 1 m. penginputan nilai batang elektroda dan kedalaman pentanahan di tunjukan pada Gambar 6.

Gambar 6. Memasukkan jumlah batang elektroda 1000 batang dan variasi kedalaman 0.1-1 m

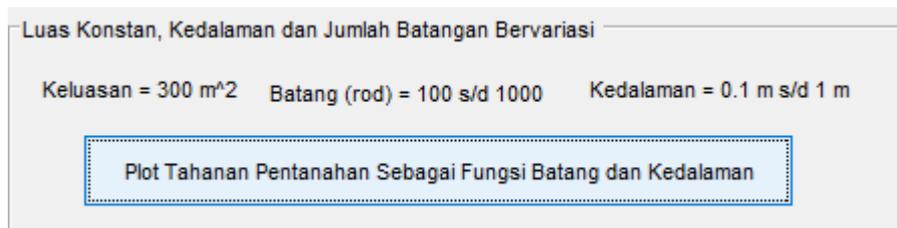
Gambar 7. menunjukkan hasil simulasi tahanan pentanahan Gardu Induk Titi Kuning dengan jumlah batang elektroda 1000 batang dan kedalaman pentanahan 0.1 m sampai 1 m. kedalaman pentanahan memberikan pengaruh terhadap nilai tahanan pentanahan Gardu Induk Titi Kuning. Pada kedalaman pentanahan 0.1 m dan dengan jumlah elektroda 1000 batang memberikan nilai tahanan pentanahan 2.65 Ω . sedangkan pada kedalaman pentanahan 1 m dan dengan jumlah elektroda 1000 batang memberikan nilai tahanan pentanahan 2.42 Ω . Hal ini menunjukkan bahwa semakin dalam tahanan pentanahan dibuat, maka nilai tahanan pentanahan yang diperoleh akan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan standar PUILL 2000 yaitu, nilai tahanan pentanahan masih dibawah 5 Ω .



Gambar 7. Pengaruh kedalaman pentanahan terhadap tahanan pentanahan Gardu Induk Titi Kuning

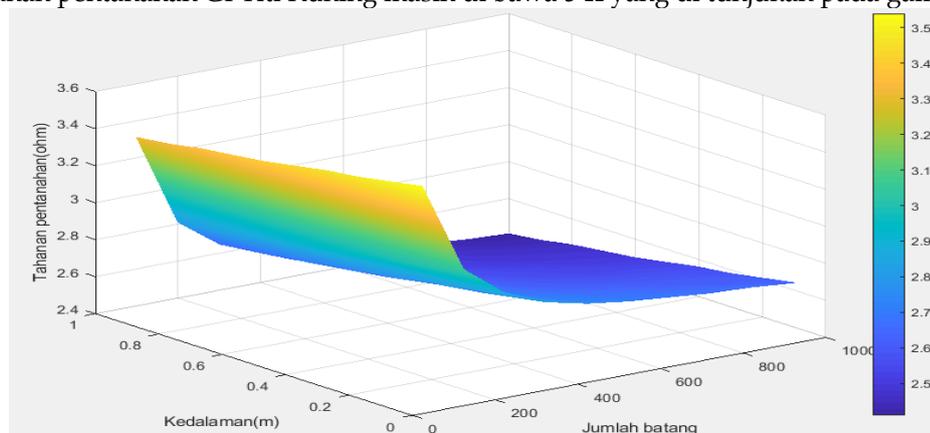
5. Tahanan Pentanahan Denga Memvariasikan Nilai Kedalaman Pentanahan Dan Jumlah Elektroda

Simulasi tahanan pentanahan dengan grafik *use inтраface* matlab pada Gardu Induk Titi Kuning dilakukan dengan memvariasikan nilai kedalaman pentanahan, yaitu dari 0.1 m sampai 1 m dan dengan memvariasikan jumlah elektroda dari 100 batang sampai 1000 batang seperti tampilan pada garfik *user inтраface* matlab Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan variasi batang elektroda dan kedalaman pentanahan

Penvariasikan jumlah batang elektroda dan kedalaman pentanahan dilakukan untuk mengetahui pengaruh kedua variable tersebut. Terhadap nilai tahanan pentanahan pada GI Titi Kuning yang dibentuk dalm grafik 3- dimensi (3D) seperti gambar 9 hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah elektroda dan semakin dalam pentanahan akan membuat nilai tahanan pentanahan yang semakin kecil. Nilai-nilai tahanan pentanahan GI Titi Kuning masih di bawa 5Ω yang di tunjukan pada gambar 9



Gambar 9. Pengaruh kedalaman dan jumlah batang terhadap nilai tahanan pentanahan

PENUTUP

Sistem tahanan pentanahan Gardu Induk Titi Kuning PT. PLN (Persero) dilakukan dengan menggunakan grafik *user interface* matlab. Tahanan pentanahan yang mengikuti 131 sistem grid dengan keluasan 20 m x15 m =300 m² dengan tahanan jenis tanah untuk tanah liat adalah 100 m dari hasil simulasi tahanan pentanahan GUI MATLAB dapat di simpulkan yaitu:

1. Pada nilai tahanan tertentu jumlah elektroda 100 Ω m di peroleh 3, 55 Ω sesuai dengan PUILL 2000.
2. Untuk tahanan pentanahan dengan kedalaman konstan dan jumlah elektroda bervariasi 100 batang di peroleh 3,45 Ω sesuai dengan PUILL 2000.
3. Untuk tahanan pentanahan dengan jumlah batang konstan dan bervariasi 1000 batang diperoleh 2,65 Ω sesuai dengan PUILL 2000.

REFERENSI

- Nihal Bayramoğlu, Burak Esenboğa, "The Development of Lightning Protection and Grounding Systems: A Survey", TEPEP, Vol.1, Issue. 1, 54-59, 2021.
- Vuyani Michel Nicholas Dladla, Agha Francis Nnachi, Rembuluwani Philip Tshubwana, "Analysis of Design Parameters on Substation Earth Grid Safety Limits", Science Publishing Group, 10(2): 61-72, 2022.
- Premalatha Potta, R.Balakrishnan, "ETAP Model for Earth Mat Design", Proceedings of International Academic Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering, ISBN: 978-93-82702-28-3, 8th Sept. 2013.
- Ossama E. Gouda, Adel Z. El Dein, Ghada M. Amer, "Parameters Affecting the Back Flashover across the Overhead Transmission Line Insulator Caused by Lightning", Proceedings of the 14th International Middle East Power Systems Conference (MEPCON'10), Page(s)44-49, Cairo University, Egypt, December 19-21, 2010.
- Zahira Anane, Abdelhafid Bayadi and Alen Bernadić, "Analysis of Lightning Strike with Corona on OHTL Near the Substation by EMTP", Advances in Engineering: an International Journal (ADEIJ), Vol. 1, No.1, September 2016.
- Saeid Gholami Farkoush, Abdul Wadood, Tahir Khurshaid, Chang-Wang Kim, Muhammad Irfan, Sang-Bong Rhee, "Reducing the Effect of Lightning on Step and Touch Voltages in a Grounding Grid Using a Nature-inspired Genetic Algorithm with ATP-EMTP", VOLUME XX, 2019.
- Zulkurnain Abdul-Malek, Mohammad Shahrin Affendy Yaman, Muhammad Adnan, "Effects of soil profile on the transient performance of substation grounding system", Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, Vol. 20, No. 2, pp. 870~877, November 2020.
- Surya Hardi 1, Ayu Fitriani1, Emerson P. Sinulingga, "Modeling of Generator Neutral Grounding Through Distribution Transformer Using Lab View Graphical User Interface", ICOSTA 2020.
- Surya Hardi, Azwar Nasution, Fanindia Purnamasari, "Modeling of Substation Grounding Grid Design Using Lab View Graphical User Interface", International Conference on Electrical, The 3rd Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM), 2019.
- ANSI/IEEE Std, 80-2013/Cor 1-2015, "IEEE` Guide for safety in AC substation grounding", The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, All rights reserved, Published 15 May 2015.
- Ebadollah Amouzad Mahdiraji, "Investigation Of Overvoltages Caused By Lightning Strikes On Transmission Lines And Gis Substation Equipment", Crpase: Transactions Of Electrical, Electronic And Computer Engineering, Vol. 06(04), 238-244, December 2020.
- K. P. Sengar and K. Chandrasekaran, "Transient behavior of grounding systems in multilayer soil under lightning strikes," Electrical Engineering, vol. 104, no. 3, pp. 1205-1218, Jun. 2022, doi: 10.1007/s00202-021-013676.
- Yongchang Meng, Chuntao Liu, Xuemin Huang, "Influence of Grounding Design around Down Lead on Lightning Transient Behavior of Substation Grounding Grid", Pacific International Conference On Lightning, Juni 12-14 Hongkong-China, 2019.

- O. E. Gouda, G. M. Amer, and T. M. El-Saied, "Factors Affecting Transient Response of Grounding Grid Systems." 5th International Multi-Conference on Systems, Signals, and Devices 2008
- Samuel Marco Gunawan, Julius Santosa, "Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150 kV di Tallasa, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan", *Jurnal Dimensi Teknik Elektro* Vol. 1, No. 1, 2013.
- J. G. Sverak, G. Hi, and N. York, "Simplified Analysis of Electrical Gradients above a Ground Grid," 1984.
- A. Z. El Dein and A. S. T. Line, "Parameters Affecting the Back Flashover Across The Overhead Transmission Line Insulator Caused by Lightning", *Proceedings of the 14th International Middle East Power Systems Conference (MEPCON'10)* pp. 44-49, 2010.
- ANSI/IEEE Std, 80-2013/Cor 1-2015, "IEEE` Guide for safety in AC substation grounding", The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, All rights reserved, Published 15 May 2015.
- Catra Indra Cahyadi, Kurniaty Atmia, Ayu Fitriani, *Analisi Pengaruh Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi 150 kV*, *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, Volume 4 Nomor 2 Juli 2022.