

## Pemodelan Sistem Pentanahan Netral Generator Melalui Transformator Distribusi Menggunakan Metode GUI (*Grafical User Interface*)

Ayu Fitriani<sup>1✉</sup>, Muhammad Fadlan Siregar<sup>2</sup>, Syafrivel<sup>3</sup>, Jhoni Hidayat<sup>4</sup>, Arfis<sup>5</sup>, Syofyan Anwar Syahputra<sup>6</sup>, Joel Panjaitan<sup>7</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tjut Nyak Dhien, Indonesia

<sup>5</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

<sup>6,7</sup> Teknik Elektro, Akademi Teknik Deli Serdang, Indonesia

### Informasi Artikel

#### Riwayat Artikel

**Diserahkan** : 17-11-2022

**Direvisi** : 24-11-2022

**Diterima** : 01-12-2022

#### Kata Kunci:

Generator, Transformator  
Distribusi, LabView.

#### Keywords :

Generator, Distribution  
Transformer, LabView.

#### Corresponding Author :

Ayu Fitriani

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tjut Nyak Dhien

Gg. Rasmi No. 28, Sei Sikambing C. II, Kec. Medan Helvetia, Kota Medan, Sumatera Utara 20123

Email: [ayufitriani2796@gmail.com](mailto:ayufitriani2796@gmail.com)

### ABSTRAK

Untuk dapat menentukan besar nilai sistem pentanahan netral generator melalui transformator distribusi dikalkulasikan secara manual. Perhitungan parameter yang banyak untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, dimungkinkan untuk melakukan perhitungan secara berulang. Hal ini sangat menyulitkan dan menyebabkan hasil perhitungan yang tidak akurat. Oleh sebab itu, untuk mengatasi permasalahan tersebut memerlukan sistem perhitungan secara otomatisasi. dimana menggunakan perangkat lunak yang dirancang melalui sebuah aplikasi yang berbasis *Grafical User Interface* (GUI). Adapun Penelitian ini merancang sebuah desain aplikasi perhitungan dalam bentuk bahasa pemrograman grafis yang terdapat didalam main interface LabView-2017 dengan menggunakan data dari standar C62.92.2TM-2017.

### ABSTRACT

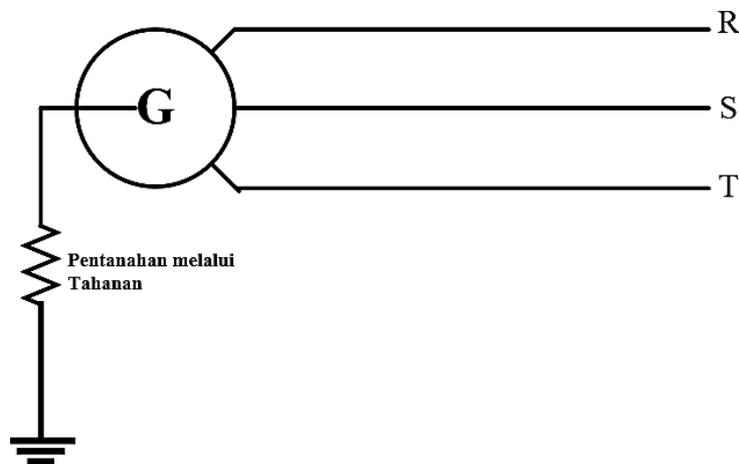
*To be able to determine the value of the generator neutral grounding system through the distribution transformer, it is calculated manually. Calculation of many parameters to get the desired result, it is possible to perform the calculations iteratively. This is very difficult and causes inaccurate calculation results. Therefore, overcoming these problems requires an automated calculation system, which uses software designed through an application based on Graphical User Interface (GUI). This study designed a calculation application design in the form of a graphical programming language contained in the LabView-2017 main interface using data from the C62.92.2TM-2017 standard.*

## PENDAHULUAN

Sistem pentanahan adalah sistem pentanahan dengan titik netral yang ditanahkan, Sistem tersebut sengaja dihubungkan ke tanah, baik itu melalui impedansi maupun secara langsung (solid) untuk menghindari kecelakaan atau kerugian akibat arus gangguan ke tanah. Fungsi dari sistem pentanahan diantaranya untuk menghilangkan arus gangguan yang mengalir ke dalam tanah dan untuk menjaga kestabilan dari kinerja sistem, terutama pada generator.

Sistem pentanahan dibedakan menjadi 2, yaitu sistem pentanahan netral dan sistem pentanahan peralatan. Sistem pentanahan netral digunakan pada generator dan transformator. Pentanahan netral dibagi dalam dua kategori diantaranya pentanahan titik netral peralatan dan

pentanahan bodi peralatan. Sistem pentanahan peralatan adalah pengamanan dengan cara menghubungkan badan peralatan atau instalasi yang diproteksikan dengan hantaran netral yang ditanahkan sedemikian rupa sehingga apabila terjadi kegagalan isolasi tidak terjadi tegangan sentuh yang tinggi sampai bekerjanya alat pengaman arus lebih. Adapun contoh dari sistem pentanahan dapat ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Sistem pentanahan melalui impedansi

Komponen yang sangat penting didalam sebuah sistem tenaga listrik adalah generator. Dimana pengoperasian generator harus dijaga dengan baik supaya pasokan energi listrik tidak berkurang akibat gangguan yang timbul pada generator. Secara garis besar peran generator sangat penting untuk dapat menghasilkan energi listrik yang handal dengan memiliki sistem pentanahan netral yang bagus. Sistem pentanahan merupakan sistem sambungan kabel yang menghubungkan antara sistem, bodi peralatan, dan instalasi ke bumi untuk melindungi manusia dari sengatan listrik dan komponen instalasi dari bahaya arus gangguan lebih. Berbagai macam jenis pentanahan netral generator disebutkan dalam standar C62.92.2<sup>TM</sup>2017 dan Standar C37.101-2006 diantaranya yaitu: 1) Pentanahan Efektif; 2) Pentanahan Resistansi Rendah; 3) Pentanahan Resistansi Tinggi; 4) Pentanahan Reaktansi Tinggi; 5) Pentanahan Resonant; 6) Undergrounding Generator.

Dengan menggunakan sistem pentanahan netral generator melalui transformator distribusi, dimana ujung dari primer transformator dihubungkan ke ujung sekunder generator kemudian ujung sekunder trafo dihubungkan ke resistor. Resistansi sekunder biasanya dipilih untuk gangguan pentanahan satu fasa ke tanah pada terminal generator dimana disipasi daya resistor sama dengan atau lebih besar dari tegangan reaktif kapasitansi urutan-nol pada belitan transformator yang dihubungkan ke terminal generator. Tujuannya agar jika terjadi gangguan pada ujung sekunder transformator, gangguan tersebut diatasi dengan pentanahan dengan resistansi tinggi yang dihubungkan pada ujung sekunder transformator. Sistem pentanahan netral generator melalui transformator distribusi menggunakan resistansi tinggi untuk membatasi arus gangguan satu fasa ke tanah dengan batas arus gangguan maksimum 3-25A.

Studi terdahulu menunjukkan analisis dan sistem komputasi pada jenis-jenis entanahan netral generator menggunakan aplikasi berbasis komputer. jenis pentanahan medium voltage generator yang menghitung kapasitas tegangan pada pentanahan netral generator sinkron fasa tunggal menggunakan perangkat lunak MATLAB. Pemodelan desain sistem pentanahan grid menggunakan LabView GUI. Analisis konfigurasi sistem pentanahan generator dengan menentukan panjang elektroda pada turbin angin untuk mendapatkan nilai resistivitas tanah yang berbeda-beda menggunakan aplikasi CDEGS. Gangguan satu fasa ke tanah pada generator

melalui saluran tegangan menengah pada sistem netral terisolasi menggunakan Program Transien Alternatif (ATP). Pengaruh beban arus urutan nol pada Pentanahan netral generator menggunakan jenis pentanahan tahanan rendah (Low Resistansi Grounding) yang disimulasikan dengan menggunakan program transien electromagnetic program (PSCAD/EMTDC).

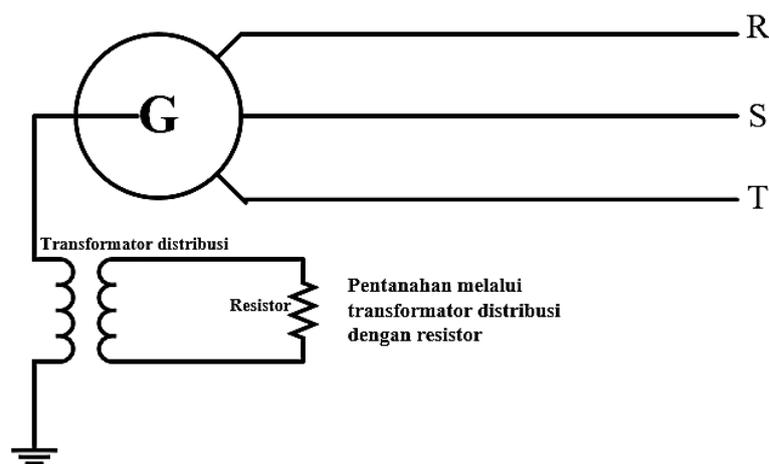
## METODE PENELITIAN

Sistem pentanahan netral generator menggunakan aplikasi berbasis grafis pada main Interface Labview-2017 merupakan sebuah pengembangan aplikasi perhitungan banyak parameter. Penelitian ini dirancang mengikuti langkah-langkah sebagai berikut diantaranya mengidentifikasi dan menyiapkan semua data yang diperlukan, formula, konstanta dan data table yang digunakan. Menguji setiap formula dan opsi yang digunakan dengan data dan standard yang disedia. Melakukan perbandingan dengan data sebelumnya dan dilakukan analisa.

**Table 1. Data Generator**

Peralatan	Kapasitansi Fasa-Tanah (Co)
24 KV Generator ( $C_{GEN}$ )	0,23 $\mu$ F
Surge Bank ( $C_{SB}$ )	0,125 $\mu$ F
Unit Transformator ( $C_{TR}$ )	3667 pF
Auxiliaries Transformator ( $C_{AUX}$ )	1092 pF
Isolate Phase Bus ( $C_{MB}$ )	4413 pF
Tegangan Transformator ( $C_{VT}$ )	1173 pF

Transformator distribusi dengan tegangan primer sama dengan atau lebih besar dari nilai tegangan ke tanah pada generator dengan tegangan sekunder 120V atau 240V. Transformator distribusi harus memiliki tegangan lebih yang cukup sehingga gangguan fasa ke tanah tidak terjadi ketika generator dioperasikan pada tegangan awal 105%.



**Gambar 2. Pentanahan melalui transformator distribusi**

Pentanahan dengan resistansi tinggi membatasi arus gangguan fasa ke tanah dengan nilai maksimum berkisar sekitar 3 – 25 ampere pada posisi primer. Dimana nilai tahanan tanah sangat kecil dan nilai ohmik pada sisi primer menjadi nilai resistansi sangat tinggi.

Menentukan impedansi kapasitansi :

$$C_o = ( C_{GEN} + C_{SB} + C_{TR} + 2C_{AUX} + C_{MB} + C_{VT} ) \mu f \quad (1)$$

$$X_{co} = \frac{1}{\omega(C_{gen} + C_{sb} + C_{tr} + 2C_{aux} + C_{mb} + C_{vt})} \Omega \quad (2)$$

Reaktansi kapasitansi ke tanah ( $X_{cg}$ ) :

$$X_{cg} = \frac{X_{co}}{3\phi} \quad (3)$$

$$R_n = X_{cg} \text{ atau } R_n \leq X_{cg} \quad (4)$$

Rasio transformator :

$$N = \frac{V_{gen}}{V_{sec}} \quad (5)$$

Transformator distribusi 24.000 - 240 V digunakan untuk mengardekan generator ke netral. Oleh karena itu, resistor sekunder harus dihitung agar resistansi netral efektif sama dengan R.

$$R_{sec} = \frac{R_n}{n^2} \quad (6)$$

Tegangan netral maksimum diasumsikan sebagai tegangan fasa ke ground.

$$I_{sec \max} = \frac{V_{sec}}{R_{sec}} = \frac{V_{gen}(L-L)}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{N} \times \frac{1}{R_{sec}} \quad (7)$$

Resistor current to primary, dapat dihitung:

$$I_{primary} = \frac{IR}{N} \quad (8)$$

Power rating ( $P_r$ ) dari resistor dapat dihitung dengan cara:

$$P_R = I^2 R \quad (9)$$

Rating thermal transformator dihitung dengan menggunakan tegangan penuh transformator, persamaannya:

$$KVA = V_{sec \text{ rated}} \times I_{sec \max} \quad (10)$$

Nilai KVA dan  $I_{sec \max}$  adalah nilai arus yang melalui netral peralatan selama gangguan tanah.

Pentanahan transformator dapat dinilai dalam waktu singkat.

$$\text{Duration of overload} = \frac{KVA}{\text{multiple of rated KVA}} \quad (11)$$

sistem penambahan arus

$$(3I_{co}) = \left[ \frac{Vl-n}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{X_{co}} \right] \times 3 \quad (12)$$

Arus gangguan tanah :

$$I_f \geq 3I_{co} \quad (13)$$

dimana :

$$I_f = \sqrt{(I_{prim}^2) + (3I_{co})} \quad (14)$$

dimana:

$X_{co}$	= Kapasitansi impedansi
$X_{cg}$	= Kapasitif reaktansi dari sistem ground
$R_n$	= Resistansi Netral
$N$	= Turn Ratio
$P_R$	= Power rating
$3I_{co}$	= System charging current
$I_f$	= Arus gangguan tanah

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari desain aplikasi pentanahan netral generator berdasarkan labview GUI yang ditunjukkan pada gambar 2. Proses pertamanya yaitu memasukkan data yang dibutuhkan ke dalam aplikasi labView, kedua sesuaikan pengaturan yang diperlukan. Penyesuaian dilakukan bersamaan dengan proses eksekusi. Kemudian jalankan program dengan mode run continue. Kemudian periksa semua indikator dan langkah yang masih berantakan.

Data yang digunakan pada sistem pentanahan netral generator untuk perhitungan diambil dari IEEE std. C62.92.2<sup>m</sup>-2017 pada table 1.2.3. Perubahan data atau pengaturan opsi dapat dilakukan saat program sedang dijalankan. Input data di interface seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 dan disesuaikan dengan opsi yang dibutuhkan. kemudian jalankan program dengan mode run kontinyu dan periksa hasil apakah memenuhi standard yang telah ditentukan atau tidak. Ditandai pada respon dari indikator pada saat *Run*-kan.

### 1. Hasil dari perhitungan

Ada beberapa langkah pemodelan yang dilakukan dalam mendesain yaitu sebagai berikut :

#### a. Langkah 1

Langkah pertama yaitu menghitung impedansi kapasitansi total ( $X_{co}$ ) untuk menentukan reaktansi kapasitif ( $X_{cg}$ ) ke tanah dari ke tiga fasa. Kemudian menghitung neutral resistor ( $R_n$ ) dengan menentukan turn ratio ( $N$ ) pada pentanahan melalui transformator untuk dapat menentukan nilai resistor arusnya ( $R_{sec}$ ). Hasil dari aplikasi dibandingkan dengan hasil actual dari data perhitungan di IEEE. Perhitungan ini menggunakan persamaan (1) sampai (6).

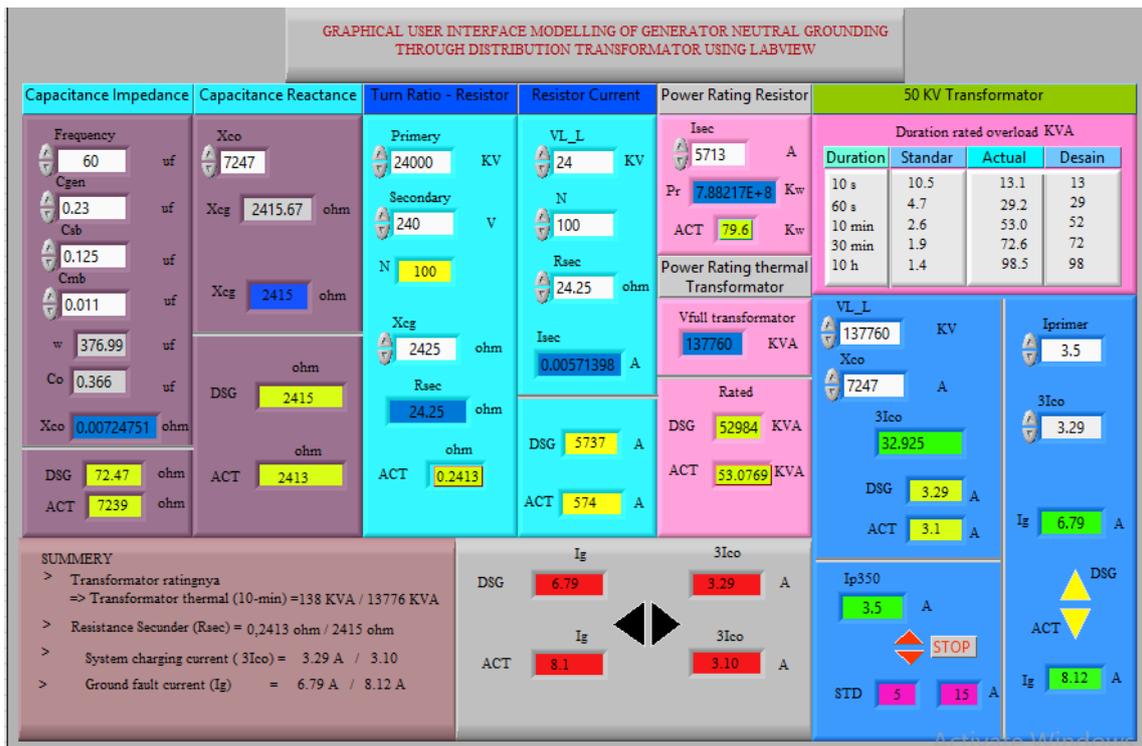
#### b. Langkah 2

Selama gangguan tanah berlanjut, arus akan mengalir di resistor sekunder, perhitungan menggunakan persamaan (7) untuk menentukan power rating resistor ( $P_r$ ) pada transformator dan menghitung rating thermal transformator pada posisi tegangan penuh dihitung dengan persamaan (9) sampai (10).

Pentanahan melalui transformator dapat dinilai dalam waktu yang singkat. Faktor kelebihan beban pada waktu singkat yang diizinkan untuk transformator distribusi yang digunakan untuk pentanahan netral dapat dihitung dengan persamaan (11).

#### c. Langkah 3

Menghitung arus pada sisi primer untuk menghitung dan Membandingkan hasil dari system charging current dengan arus gangguan tanah yang ditulis dalam bentuk  $I_g \geq 3I_{co}$ . Kemudian di bandingkan dengan hasil actual dari IEEE. Perhitungannya menggunakan persamaan (12) sampai (14).



Gambar 2. Hasil Impelementasi parameter pentanahan generator melalui transformator distribusi menggunakan Labview

2. Hasil Perbandingan Aplikasi Dan Aktual

Hasil perbandingan sistem pentanahan netral generator dari hasil perhitungan dengan aplikasi dan dengan perhitungan secara actual ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Design dan Aktual

Parameter	Design	Aktual
Generator	24 Kv	24 Kv
Capacitance Impedance(Xco)	7247 Ω	7239 Ω
Capacitance Reactance(Xcg)	2415 Ω	2413 Ω
Turn Ratio(N)	100	100
Resistor Sekunder(Rsec)	24.15 Ω	0.2413 Ω
Arus Sekunder (Isex Max)	5737 A	574 A
Power Rating Transformator(Pr)	7.94 Kw	79.6 Kw
Rating Thermal Transformator	137760 kVA	138 kVA
System Charging Current(3Ico)	3.29 A	3.1 A
Arus Primer (Ip)	3.5 A	-
Ground Fault Current(Ig)	6.79 A	8.12 A

KESIMPULAN

Dari tabel 2 dapat ditunjukkan bahwa hasil dari kedua perhitungan menunjukkan hasil hampir serupa dan memiliki perbedaan dibawah 1%. Perhitungan melalui aplikasi labview GUI memiliki kesalahan yang sangat kecil. Hal ini membuktikan bahwa aplikasi labview cocok dan akurat digunakan dalam melakukan perhitungan yang rumit tanpa adanya error. Hasil dari perhitungan aktual dan desigh terdapat sedikit perbedaan angka, hal ini disebabkan karna ada pembulatan angka pada aplikasi hingga 6 digit angka. Desain pentanahan netral generator melalui

transformator distribusi menggunakan aplikasi lebih mudah, lebih cepat dan lebih akurat dengan menghitung data yang dibutuhkan. Perhitungan menggunakan aplikasi lebih mudah dalam mengeksekusi dan mengubah data meskipun mode eksekusi sedang dijalankan. Aplikasi ini bisa digunakan sebagai instrument penelitian untuk sistem analisis pentanahan neutral peralatan yang lebih luas lagi.

## REFERENSI

- Md.A. Salam and Q.M. Rahman, Power Systems Grounding, Media Singapore 2016.
- IEEE Std C62.92.2.<sup>TM</sup>-(2017), IEEE “Guide for the Application of Neutral Grounding in Electrical Utility Systems”, Part II—Grounding Of Synchronous Generator System.
- IEEE Std C37.101<sup>TM</sup>-(2006), IEEE “IEEE Guide for Generator Ground Protection” Approved 15 September 2006.
- ANSI/IEEE Std C37.101-(1985), IEEE “IEEE Guide for Generator Ground Protection”.
- Nurettin Çetinkaya and Farhana Umer (2017), “Effect of Neutral Grounding Methods on the Earth Fault Characteristics” International Journal of Photoenergy.
- Dieter Braun (2010-April) “Intermittent Line-to-Ground Faults in Generator Stator Windings and Consequences on Neutral Grounding” IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY.
- YU Lei, TIAN Bing, LEI Jinyong, HAN Bowen, WANG Gang<sup>2</sup> (CICED 2017), “Effect of Load on Zero-Sequence Current in Low Resistance Grounding System with Complex Grounding Fault”, China International Conference on Electricity Distribution.
- David Shipp, Fellow (2012-January), “Switching Transient Analysis and Specifications for Practical Hybrid High-Resistance Grounded Generator Applications”, IEEE Transactions On Industry Applications.
- Zhizhong Li, Sen Wang, Feng Guo,(2017), “Study on Characteristics of Grounding Impedance of Large Grounding Grid, Beijing”, China, IEEE.
- Kongdoro, Rusli (2006-Maret), “Analisa Gangguan Satu Fasa ke Tanah yang Mengakibatkan Sympathetic Trip pada Penyulang yang tidak Terganggu di PLN APJ Surabaya Selatan”, Jurnal Teknik Elektro.