

ANALISIS PERBANDINGAN PENERAPAN SISTEM GRID-ROD DAN GRID TAK SIMETRI PADA PEMBUMIHAN GARDU INDUK

Tajuddin¹⁾, Bakhtiar²⁾

^{1), 2)} Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang

ABSTRACT

The grid-rod system has been widely used in grounding substation, while the grid unequally spaced known in the 90s . This reseach aims to determine the mesh voltage of both systems when there is ground fault. In addition to determining the length of the required electrode at the same mesh voltage. In this research used secondary data that the soil resistivity 37.5 ohm-m, and the substation has a size 42m x 40m . This data is obtained at the unit induk pembangunan xiii Makassar. Calculations are done by simple regression and the results are analyzed by quantitative and qualitative method. (5)The result of the research concluded that : i). the grid-rod system obtained 455.4 volt mesh voltage and 1232 meter electrode length with 6 meter parallel conductor spacing, ii). For the grid unequally spaced obtained mesh voltage 463 volt, With a 656 m length electrode. iii). When the unequally spaced grid is used, an electrode saving of 45 % is obtained at the same level security, when using a grid-rod system.

Keywords : *Grid-rod, grid unequally spaced, mesh voltoge, electrode*

1. PENDAHULUAN

Sistem Grid-Rod adalah bentuk dari sistem pembumihan yang banyak digunakan pada pembumihan gardu induk. Hal ini disebabkan karena luasnya area dan pada gardu induk terdapat beberapa peralatan vital yang harus dilindungi. Sistem grid tak simetri adalah merupakan pengembangan dari system grid dan grid-rod. Sistem grid dikatakan tak simetri karena jarak antara konduktor paralelnya tidak sama untuk masing masing sisinya.

Dalam penelitian ini akan dianalisis tegangan sentuh maksimum sebenarnya (tegangan *mesh*) untuk system grid - rod dan system grid tak simetri. F.P Dawalibi, J.Ma, R.D Southy berpendapat bahwa performa pentanahan system grid ditinjau dari tahanan pentanahan dan tegangan sentuh, tergantung pada struktur tanah. Tahanan pentanahan system grid yang ditanam pada kedalaman tertentu tergantung pada lapisan tanah tempat grid itu ditanam. Untuk tanah uniform bila kedalaman grid bertambah maka tahanan pentanahan semakin kecil.

Tajuddin (2015). dengan menggunakan system grid tak simetri (unequally spaced) disimpulkan bahwa diperoleh penghematan elektroda pembumihan sebesar 36 % pada tegangan sentuh yang sama dengan system grid simetri [12].

2. METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 8 bulan, dimulai dari persiapan, pengumpulan referensi, pengumpulan data lapangan meliputi tahanan jenis tanah dan ukuran daerah pembumihan. Dalam penelitian ini yang digunakan sampel adalah gardu induk yang relative baru pada wilayah kerja PT.PLN (Persero) Wilayah VIII yaitu gardu induk PLTU Jeneponto.

2. Variabel Penelitian

Pada penelitian ini digunakan beberapa parameter untuk menentukan Tegangan mesh antara lain panjang elektroda, tahanan jenis tanah, besar dan lama arus Gangguan.

3. Metode Analisis Data.

Pada penelitian ini, perhitungan dilakukan dengan regresi sederhana dan hasilnya dianalisis dengan metode kuantitatif dan kualitatif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Grid-Rod.

¹ Koresponding : Tajuddin, Telp 085242608020, tajuddin246@yahoo.com

Panjang seluruh batang pembumian rod $L_r = 41 \times 3,5 \text{ m} = 144 \text{ meter}$.
 Panjang seluruh batang, ditambahkan 1,15 kali sehingga panjang elektroda pembumian = $1,15 \times 144 \text{ m} = 166 \text{ meter}$, ditambahkan 1,15 kali sehingga panjang elektroda pembumian = $1,15 \times 144 \text{ m} = 166 \text{ meter}$.
 e. Tegangan Sentuh yang diizinkan.

Berdasarkan IEEE standar 80 bahwa tegangan Sentuh yang diizinkan untuk lama gangguan 1 detik adalah 626 volt. Ditetapkan suatu persyaratan bahwa tegangan sentuh yang diizinkan harus lebih besar dari Pada tegangan sentu maksimum yang terjadi.

f. Panjang Elektroda Pembumian Grid, diitung dengan persamaan: $n_x = \frac{L_x}{D} + 1$ dan $n_y = \frac{L_y}{D} + 1$

Dimana x dan y menunjukkan arah pemasangan elektroda grid berdasarkan sisi panjang dan pendek. Untuk jarak antara konduktor paralel $D = 6 \text{ meter}$ (perhitungan awal) maka diperoleh jumlah konduktor paralel sebagai berikut:

$$n_{AB} = n_x = \frac{42}{6} + 1 = 8 \text{ batang} \quad \Leftrightarrow \quad n_{AC} = n_{xy} = \frac{40}{6} + 1 = 8 \text{ batang} \quad \Leftrightarrow \quad n = \sqrt{n_{AB} \times n_{AC}} = \sqrt{8 \times 8} = 8$$

$L_g = (8 \times 42 + 8 \times 40) \text{ meter} = 656 \text{ meter}$. Panjang total konduktor pembumian dihitung dengan $L = L_g + 1,15 L_r = 656 + 166 = 822 \text{ meter}$. Panjang total konduktor pembumian $L = 822 \text{ meter}$.

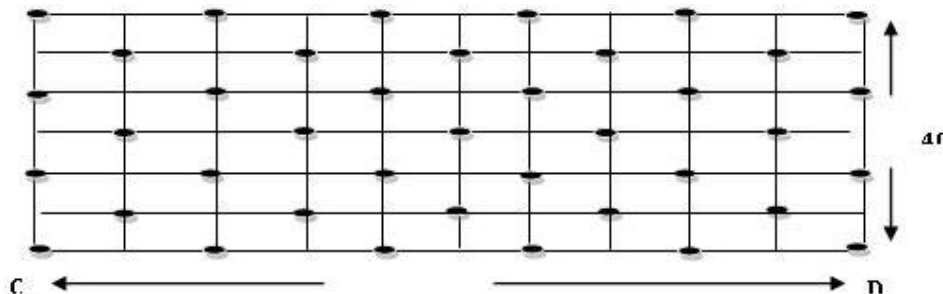
Berdasarkan persamaan (4) diperoleh tegangan mesh seperti pada table berikut : Dengan menggunakan berbagai jarak konduktor paralel tegangan mesh dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Tegangan mesh untuk berbagai jarak D, $E_{\text{mesh}} = f(D)$ untuk $h = 0,8 \text{ m}$

D (m)	n	L	E mesh (volt)	D (m)	n	L	E mesh (volt)
1	42	3612	308	3,7	13	1192	476
2	22	1930	358	3,75	13	1192	478
3	15	1396	417	4	12	1110	496
3,5	13	1230	450	5	10	946	559
3,6	13	1232	455,4	6	8	822	620,5
3,65	13	1192	473				

Dengan memvariasikan jarak konduktor paralel D seperti pada table , dan hasilnya adalah :

- Tegangan mesh yang memenuhi syarat, mulai pada saat jarak konduktor paralel $D = 6 \text{ meter}$ dengan tegangan mesh 620,5 volt dan panjang total konduktor pembumian 822 meter dengan elektroda rod sebanyak 41 batang.
- Semakin kecil jarak konduktor paralel D semakin banyak jumlah mesh yang terbentuk dan semakin panjang konduktor pembumian yang dibutuhkan dan juga semakin kecil tegangan mesh.
- Dengan semakin panjangnya konduktor pembumian tersebut tahanan total menjadi semakin kecil sehingga tegangan mesh juga menjadi semakin kecil. Hal ini dapat dilihat pada $D = 6 \text{ meter}$ $n = 8$ $L = 822 \text{ meter}$ $E = 620,5 \text{ volt}$; pada saat jarak $D = 3,6 \text{ meter}$ $n = 10$, $L = 1232 \text{ meter}$ tegangan mesh $E_{\text{mesh}} = 455,4 \text{ volt}$ (memenuhi syarat) . Hal ini dapat digambarkan seperti berikut :



Gambar 2. Konfigurasi Sistem Grid-rod.

Sistem grid tak simetri.

Langkah-langkah perhitungan bila menggunakan sistem grid tak simetri sebagai berikut.

- Tegangan sentuh maksimum yang diizinkan untuk $t = 1 \text{ detik}$, berdasarkan IEEE standar 80 adalah 626 volt.
- Menghitung Panjang total konduktor untuk sistem grid simetri sebagai berikut:

$$L_{eq} = \frac{\eta \cdot \rho \cdot I_g}{E_i} = \frac{1,7 \times 37,5 \times 10.000}{626} \Leftrightarrow L_{eq} = 1018 \text{ meter .}$$

c). Menghitung Tegangan sentuh maksimum sebenarnya (tegangan mesh), dengan rumus

$$E_{meshs} = Km \cdot Ki \cdot p \frac{I_g}{L_{eq}} \dots\dots\dots (4)$$

Untuk sistem ini berlaku :

$$Km = \frac{1}{2\pi} \cdot Ln \frac{D^2}{16hd} \cdot \frac{1}{\pi} Ln \left(\frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \frac{9}{10} \times \dots \times \frac{2(n-2+1)}{2(n-2)+2} \right)$$

$$Km = 0,3695 . \Leftrightarrow Ki = 0,65 + 0,72n = 3,402$$

$$E_{meshs} = \frac{0,369 \times 3,402 \times 37,5 \times 10000}{1018} = 463 \text{ vol}$$

d). Menghitung jumlah batang elektroda pembedaan keseluruhan (n) untuk sistem grid tak simetri sebagai berikut:

diketahui $\Leftrightarrow L_1 = 42 \text{ m}, L_2 = 40 \text{ m}$

$$n_1 = \frac{L_{eq} + L_1 - L_2}{2L_1} \Leftrightarrow n_1 = \frac{1018 + 42 - 40}{2 \times 42} = 12,14 \Leftrightarrow n_1 = 13$$

diketahui $\Leftrightarrow L_1 = 42 \text{ m}, L_2 = 40 \text{ m}$

$$n_1 = \frac{L_{eq} + L_1 - L_2}{2L_1} \Leftrightarrow n_1 = \frac{1018 + 42 - 40}{2 \times 42} = 12,14 \Leftrightarrow n_1 = 13$$

$$n_2 = \frac{L_{eq} + L_2 - L_1}{2L_2} \Leftrightarrow n_2 = \frac{1018 + 40 - 42}{2 \times 40} = 12,7 \Leftrightarrow n_2 = 13 \text{ } n = n_1 + n_2 = 13 + 13 = 26$$

e). Menghitung persentase penghematan elektroda pembedaan untuk sistem grid tak simetri sebagai berikut :

$$\alpha = 121,2e^{-0,4n} + 1,1 = 121,2e^{-0,4 \times 26} + 1,1 = 1,3$$

$$\beta = -92,6e^{-0,07n} + 66,337 \Leftrightarrow \beta = -92,6e^{-0,07 \times 26} + 66,337 = 51,5$$

$$\lambda = \frac{\alpha \cdot \frac{\beta}{100}}{1 + \alpha \frac{\beta}{100}} \times 100\% = \frac{1,3 \frac{51,5}{100}}{1 + 1,3 \frac{51,5}{100}} \times 100\% \Leftrightarrow \lambda = 41\% \cong 0.41$$

f). Menghitung jumlah batang konduktor untuk sistem grid tak simetri sebagai berikut:

$$n_1' = n_1(1 - \lambda) = 13(1 - 0.41) = 7,6 \cong 8 \Leftrightarrow n_2' = n_2(1 - \lambda) = 13(1 - 0.41) = 7,6 \cong 8$$

$$n' = n_1' + n_2' = 16$$

g). Menghitung jarak antara konduktor Paralel tiap sisi dengan rumus:

$$S_i K_1 = b_1 e^{-b_2 i} + b_3 \dots (*) \text{ dan } L_i K_1 = S_i K_1 \times L_1 \dots (**)$$

Jumlah segment konduktor: $K_1 = n_1' - 1 = 7$ dan $K_2 = n_2' - 1 = 7$

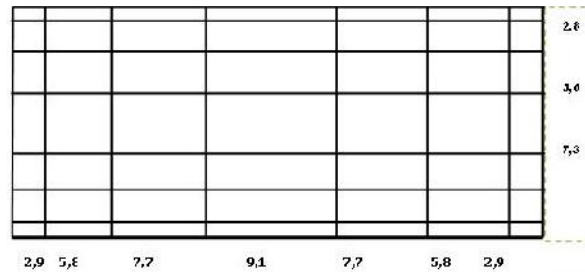
Maka : untuk $L_1 = 42m, K_1 = 7$ pada table 1 diketahui $b_1 = -0,312, b_2 = 0,369, b_3 = 0,287$ sehingga dari *) diperoleh : $S_1 K_1 = 0,07; S_2 K_1 = 0,14; S_3 K_1 = 0,184; S_4 K_1 = 0,22$ dan dari **) diperoleh: $L_1 K_1 = 2,9m, L_2 K_1 = 5,8m, L_3 K_1 = 7,7m$ dan $L_4 K_1 = 9,1m$.

untuk $L_2 = 40m$,

dari tabel 1 untuk $k = 7$ diketahui: $b_1 = -0,312, b_2 = 0,369, b_3 = 0,287$, sehingga dari *) diperoleh $S_1 K_2 = 0,07; S_2 K_2 = 0,14; S_3 K_2 = 0,184; S_4 K_2 = 0,22$.

dan dari **) diperoleh: $L_1 K_2 = 2,8m; L_2 K_2 = 5,6m; L_3 K_2 = 7,3m; L_4 K_2 = 8,6m$

Bila nilai tersebut digambarkan akan terlihat seperti pada gambar berikut:



Dari hasil perhitungan diperoleh:

1. Tegangan mesh sebesar 462 volt, dan pada masing masing sumbunya jumlah segment (mesh) Sebanyak 7 dan jumlah konduktor paralel sebanyak 8.
2. Jarak antara konduktor paralelnya tidak sama (tidak simetri) dengan jarak terbesar 9,1 meter untuyuk sumbu horizontal dan 8,6 meter untuk sumbu vertical. Sedangkan jarak terterkecil untuk sumbu horizontal 2,9 meter dan untuk sumbu vertical 2,8 meter.
3. Panjang total konduktor pembumian adalah 656 meter.

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisa dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Untuk system grid-rod tegangan mesh mendekai 462 volt diperoleh dengan menggunakan 41 batang elektroda batang (grid) dan jarak konduktor paralel $D = 3,65$ meter, jumlah mesh/segment 13 dan panjang konduktor pembumian $L = 1232$ meter.
2. Untuk system grid tak simetri tegangan mesh sebesar 462 volt, jumlah mesh/segment 7, jumlah konduktor paralel 8 dan panjang konduktor pembumian $L = 656$ meter.
3. Dengan system grid tak simetri diperoleh penghematan konduktor pembumian sebesar 45 %. Dsrri sistrem grid rod.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ANSI/IEEE std 80[1986]: *An American national Standart*, IEEE Guide Safetyin AC Substation grounding.
- [2]. Baldev Thapar, Victor Gerez and prince Emmanuel, 1993: *Ground Resistance of the foot In Substation Yard*, IEEE Transaction on Delivery, vol.8 No.1pp-1-6
- [3]. Baldev Thapar, Victor Gerez and Vijai Singh [1993]: *Effective Ground Resistance of the Human Feet In High Voltage Switchyards* , IEEE Transaction on Power Delivery vol. 8 No.1 pp.7-12.
- [4]. F.P Dawalibi, J. Ma, R.D Southey, 1994, *Behaviar of Grounding System in Multilayer soil: A parametric Anaysis*, IEEE Transaction on Power Delivery vol. 9 No.1 pp.334-342.
- [5]. J.M Nahman V.B Djordjevic, 1995, *Non uniformly Correction Factor for maximum mesh and step Voltage of Grounding Grid and combined Ground electrode*, IEEE Transaction on Power Delivery vol. 10 No.3 pp.1263-1269.
- [7]. J.M Nahman V.B Djordjevic, 1996, *Resistance To Ground of Combined Grid-Multiple Rods Electrodesa*, Transaction on Power Delivery vol. 11 No.3 pp.1337-1342.
- [8]. L.Huang, XChen, H. Yan. 1995. *Study of Unequally spaced Grounding Grids*, Transaction on Power Delivery, Vol.10 no.2, April 1995, pp716-722
- [9]. M.M.A Salama, M.M. Elsherbiny and Y. L Chow, 1995, *A Formula for Resistanceof Substation Grounding in Two Layer Soil*, IEEE Transaction on Power Delivery vol. 10 No.3 pp.1255-1262
- [10]. PUIL 2011. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011*, Badan Standarisasi Nasional.
- [11].Tadjuddin, 1998, *Analisis Pengaruh perubahan Tahanan Jenis Tanah Terhadap Tegangan Permukaan dan Tahanan Pembumian System Grid-Rod pada Strukur Dua Lapisan Tanah*.
- [12]. Tadjuddin, 2015. *Analisis penerapan Sistem grid Unequally Spaced pada pembumian gardu Induk*
- [13]. T.S Hutauruk. 1991. *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [14]. Y.L Chow ,M.M. Elsherbiny, M.M.A Salama, 1996, *Resistance Formula of Grounding System in Two Layer Earyh*, IEEE Transaction on Power Delivery vol. 11 No.3 pp.1330-1336.