

RANCANG BANGUN MODEL PENGUJIAN TEGANGAN LANGKAH PADA TITIK PENTANAHAN METODE ROD DAN METODE MESH

Ismujianto¹, Isdawimah², Silo wardono³, Wartiyati⁴

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI-Depok 16424¹²³⁴

E-mail: ismujianto@gmail.com¹, isdawimahpnj@gmail.com,² sila_wardono@yahoo.co.id³

ABSTRACT

Step voltage is the voltage on both legs affected by living beings (human and animal) due to be in electrified areas. This current flow can occur due to lightning, the voltage is leaking into the ground, under-voltage wires disconnected and touch the ground, the difference between the value of earthing resistance to earth with one another and so on. At a certain value voltage step can be harmful for living beings. Earth resistance value, the planting depth electrodes, electrode shape, and site conditions will determine the performance of earth to earth, among others, affect the value of the voltage step that occurs around the point of grounding. This study intends to test the security level of the fourth point of grounding, which has been prepared by different methods, the voltage step that occurs in the vicinity. The results showed, the most dangerous area is closest to the fault location with a radius of 0-10m. Mesh method produces a voltage step lower than the method of Rod

Key words: Hazardous area, rod method, mesh method, the voltage step

ABSTRAK

Tegangan langkah adalah tegangan yang terkena pada kedua kaki makhluk hidup (manusia dan hewan) akibat berada pada daerah yang dialiri arus listrik. Aliran arus ini dapat terjadi akibat adanya petir, tegangan yang bocor ke tanah, kabel dalam kondisi bertegangan terputus dan menyentuh tanah, perbedaan nilai tahanan pentanahan antara titik pentanahan satu dengan lainnya dan sebagainya. Pada nilai tertentu tegangan langkah dapat membahayakan bagi makhluk hidup. Nilai tahanan pentanahan, kedalaman penanaman elektroda, bentuk elektroda, dan kondisi lokasi pentanahan sangat menentukan kinerja titik pentanahan, antara lain mempengaruhi nilai tegangan langkah yang terjadi di sekitar titik pentanahan. Penelitian ini bermaksud untuk menguji tingkat keamanan keempat titik pentanahan, yang telah dibuat dengan metode berbeda, terhadap tegangan langkah yang terjadi di sekitarnya. Hasil penelitian menunjukkan, daerah yang paling berbahaya adalah yang terdekat dengan lokasi gangguan dengan radius 0-10m. metode Mesh menghasilkan tegangan langkah lebih rendah dibandingkan dengan metode Rod.

Kata kunci: Daerah berbahaya, metode rod, metode mesh, tegangan langkah

PENDAHULUAN

Tegangan langkah adalah tegangan yang timbul di antara dua kaki orang yang sedang berdiri di daerah berbahaya, yaitu diatas tanah yang sedang dialiri oleh arus kesalahan ke tanah. Daerah berbahaya ini dapat terjadi karena adanya bagian kawat line yang bertegangan putus kemudian jatuh ke tanah (Gambar 1) atau pada daerah pentanahan (titik pentanahan = titik kesalahan) Apabila ada makluk hidup (terutama manusia) dalam daerah berbahaya tersebut, maka manusia

yang berada paling dekat dengan titik pentanahan akan terkena tegangan yang lebih besar, dibanding manusia yang berjarak lebih jauh dari titikpentanahan. Supaya tegangan ini sekecil mungkin, maka resistansi pentanahan juga harus diperbesar sehingga arus mengalir ke dalam tanah menjadi kecil tetapi hal ini akan mengakibatkan kegagalan pengaman.

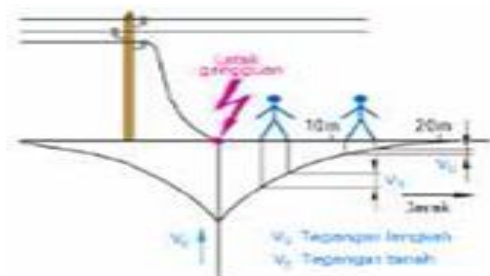
Contoh proses terjadinya tegangan langkah tampak pada Gambar 2 (atas). Bila sebuah pohon terkena sambaran petir, maka arus mengalir ke pohon tersebut dan terjadi aliran elektron di

dalam tanah disekitar pohon. Apabila di dekat pohon tersebut terdapat seseorang yang melangkah kakinya, sehingga ada jarak tertentu antara kaki kanan dan kiri, maka pada kedua kaki tersebut terdapat perbedaan potensial yang menyebabkan terjadinya tegangan langkah.

Tegangan langkah ini dapat dihindari dengan cara seperti pada Gambar 2 (bawah), yaitu dengan merapatkan kedua kaki pada saat terjadi petir di sekitar orang tersebut. Dengan demikian antara kedua kakinya tidak ada jarak dan diharapkan tidak terjadi beda potensial.

Pentanahan peralatan sistem pentanahan netral pengaman (PNP) adalah tindakan pengamanan dengan cara menghubungkan badan peralatan / instalasi yang diproteksi dengan hantaran netral yang ditanahkan sedemikian rupa, sehingga apabila terjadi kegagalan isolasi

tidak terjadi tegangan sentuh yang tinggi sampai bekerjanya alat pengaman arus lebih (Gambar 3).

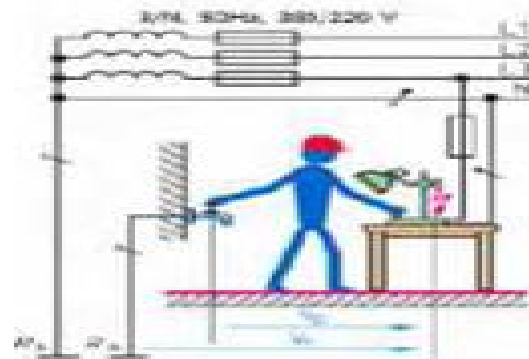


Gambar 1. Proses tegangan langkah



Gambar 2. Proses terjadinya tegangan langkah dan cara menghindarinya[13]

Yang dimaksud bagian dari peralatan ini adalah bagian-bagian mesin yang secara normal tidak dilalui arus listrik namun dalam kondisi abnormal dimungkinkan dilalui arus listrik. Sebagai contoh adalah bagian-bagian mesin atau alat yang terbuat dari logam (penghantar listrik), seperti kerangka dan rumah mesin listrik, dan panel listrik. Selain tegangan sentuh tidak langsung ada dua potensi bahaya sengatan listrik yang dapat diamankan. melalui pentanahan ini, yaitu tegangan langkah dan tegangan eksposur



Gambar 3. Proses tegangan sentuh

Tegangan langkah yang aman bagi manusia nilainya kurang dari 50 Volt, sedangkan bagi hewan berkaki empat nilainya kurang dari 24 Volt [3]. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian terhadap keempat titik pentanahan yang telah dibuat, seberapa jauh titik pentanahan tersebut dapat mengamankan daerah sekitarnya terhadap tegangan langkah yang membahayakan bagi makhluk hidup.

Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah membuat model pengujian tegangan langkah yang terjadi di sekitar titik pentanahan dengan metode Rod dan metode Mesh. Dengan pembuatan model ini diharapkan dapat:

- a) Melakukan pengukuran tegangan langkah pada obyek secara langsung dan menggambarkan karakteristiknya
- b) Membandingkan karakteristik tegangan langkah yang terjadi pada
- c) titik pentanahan metode Rod dan metode Mesh
- d) Memberikan informasi tentang luas daerah yang berbahaya di sekitar titik pentanahan akibat adanya tegangan langkah
- e) Memberikan informasi tentang luas daerah yang diamankan oleh titik pentanahan dan jarak minimum antara pentanahan utama dengan pentanahan bantu
- f) Membuat prototipe yang dapat dikembangkan oleh institusi PNJ

METODOLOGI

- a) Langkah-langkah yang ditempuh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
- b) Menentukan lokasi lahan yang memenuhi syarat
- c) Merancang model pengujian tegangan langkah, antara lain:
 - a. diagram rangkaian, dimensi, jarak, diameter dan jumlah elektroda bantu
- d) Menentukan bahan dan peralatan yang diperlukan
- e) Melakukan pembuatan model
- f) Melakukan pengujian model di laboratorium

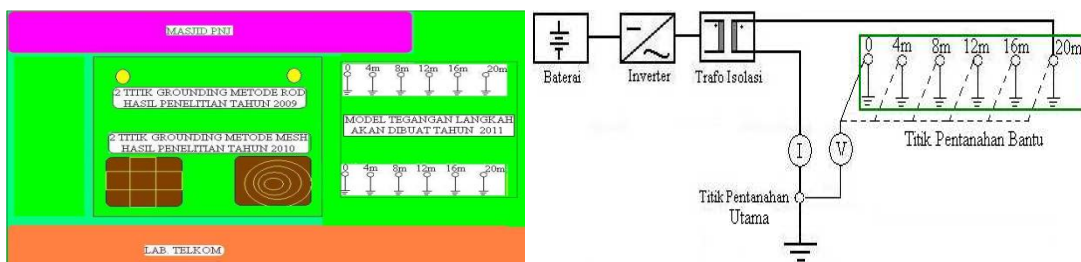
- g) Melakukan perbaikan model berdasarkan hasil pengujian laboratorium
- h) Memasang model pada titik pentanahan
- i) Melakukan pengujian tegangan langkah pada empat titik pentanahan

Model yang dibuat adalah prototype pengujian tegangan langkah pada titik pentanahan. Model ini dibuat dengan maksud untuk menguji berapa besar tegangan langkah yang terjadi di sekitar titik pentanahan, bila pentanahan tersebut memiliki nilai Rpe dan bentuk yang berbeda, yaitu bentuk rod, lingkaran dan jala/Mesh (Gambar 4).

Lokasi dan rangkaian pengujian tampak pada Gambar 5, sedangkan peralatan yang digunakan dalam penelitian tampak pada Gambar 6 dan proses pembuatan modul pada Gambar 7. Cara kerja rangkaian pengujian adalah sebagai berikut: Tegangan arus searah (DC) sebesar 12V dari baterai diubah menjadi tegangan bolak-balik (AC) sebesar 220V oleh inverter. Tegangan AC ini kemudian dipisahkan secara listrik oleh transformator isolasi satu fasa. Tegangan sekunder transformator sebesar 220V dihubungkan ke titik pentanahan bantu yang berjarak 20m dari titik pentanahan utama (pentanahan metode rod dan metode mesh). Tegangan ini disebut sebagai titik kesalahan atau titik gangguan. Untuk mengetahui daerah mana saja yang berbahaya akibat adanya gangguan ini, maka dilakukan pengukuran tegangan dan arus dari titik pentanahan utama hingga menuju titik gangguan (Tabel 2).



Gambar 4. Titik pentanahan metode rod, lingkaran dan mesh [2]

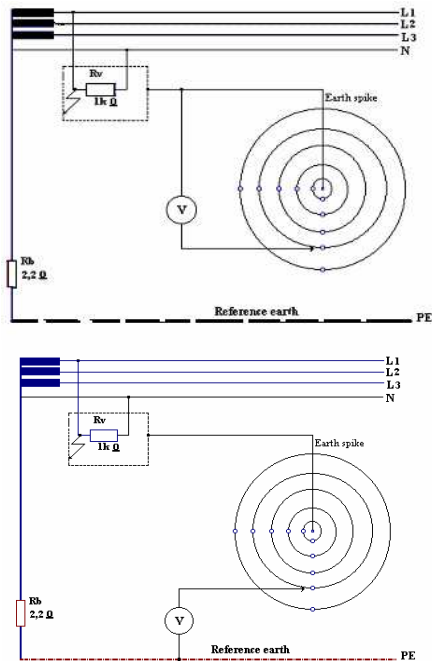


Gambar 5. Lokasi modul dan rangkaian pengujian tegangan langkah



Gambar 6. Komponen dan peralatan penelitian

Untuk menguji kevalidan data dari modul yang dibuat, maka dilakukan juga pengujian menggunakan simulator tegangan langkah dengan diagram rangkaian seperti tampak pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram rangkaian pengujian simulator tegangan langkah

Simulator terdiri dari sumber tegangan tiga fasa yang telah diturunkan nilai tegangannya menjadi 22V setiap fasanya. Hal ini dimaksudkan untuk mengamankan praktikan dari sengatan listrik. Sumber tegangan ini disertai pengaman arus lebih dan simulator pentanahan dengan nilai Rpe yang dapat diubah-ubah. Selain itu juga ada simulator beban listrik berupa resistor dengan nilai tertentu yang berada dalam rumah beban, dan simulator tanah dengan jarak tertentu (0-25m).

Pengambilan data dilakukan dengan cara membuat simulasi gangguan berupa tegangan listrik yang bocor ke rumah beban yang disebut sebagai titik kesalahan. Dari titik kesalahan ini diukur nilai tegangannya pada jarak tertentu dari 0-5m, 0-10m dan seterusnya hingga dicapai jarak 25m dan juga diukur tegangan dari titik kesalahan ke titik pentanahan. Dari data ini diperoleh gambaran besar tegangan yang terkena pada kedua kaki orang bila ia berada pada jarak tertentu terhadap titik kesalahan.

Untuk memahami pengaruh nilai Rpe terhadap tegangan langkah, maka pengambilan data dilakukan dengan cara mengganti nilai Rpe sesuai dengan Rpe hasil pengukuran titik pentanahan metode Rod dan metode Mesh (Tabel 1).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan dan pengujian modul tegangan langkah (Gambar 8), meliputi pembuatan 20 lubang berjarak 1m untuk penempatan pentanahan bantu. Lubang-lubang ini diisi dengan pasir bentonit untuk memudahkan pengaliran arus listrik ke dalam tanah. Kemudian pada jarak 20m dari titik pentanahan utama diberikan tegangan 220V yang berasal dari transformator, inverter dan baterai. Data pengukuran tegangan pada jarak tertentu terdapat pada Tabel 1. Selain mengukur tegangan berdasarkan jarak, pengukuran juga dilakukan berdasarkan jenis metode pentanahan, yaitu titik pentanahan dengan metode rod dan dengan metode mesh.

Data pada Tabel 1 adalah data pengukuran tegangan antara titik pentanahan utama dengan titik kesalahan dengan jarak: 0-5m, 0-10m, 0-15m, 0-20m dan 0-25m. Padahal jarak antara kedua kaki manusia hanya 0,3m. Untuk memperoleh nilai tegangan langkah yang sesuai dengan jarak kedua kaki manusia, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Tegangan pada jarak (0-5m) sebesar $V_1 = 116,1V$ dan pada jarak (0-10m) sebesar $V_2 = 156V$, sehingga tegangan yang terdapat pada jarak (5-10m) adalah:

$$\Delta V_1 = V_2 - V_1 = 156 - 116,1 = 39,9V$$

Sedangkan tegangan pada jarak (0-15m) sebesar $V_3 = 175,5V$, sehingga tegangan pada jarak (10-15m) adalah:

$$dV_2 = V_3 - V_2 = 175,5 - 156 = 19,5V$$

Demikian seterusnya, sehingga diperoleh nilai tegangan pada jarak: 0-5m, 5-10m, 10-15m, 15-20m dan 20-25m. Nilai tegangan digambarkan

dalam bentuk grafik untuk menggambarkan besar tegangan langkah yang terjadi antara titik kesalahan (gangguan) terhadap titik pentanahan utama pada jarak tertentu (Gambar 9).



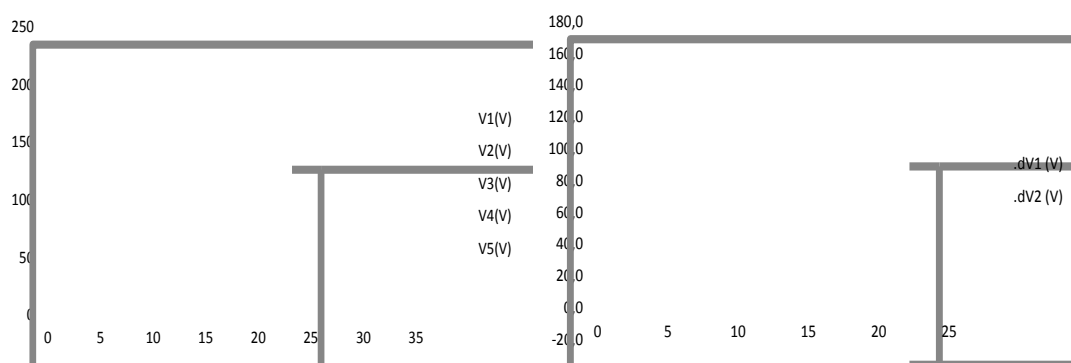
Gambar 8. Proses pembuatan dan pengujian modul dan simulator tegangan langkah

Tabel 1. Data pengujian simulator tegangan langkah

Rpe L(m)	1Ω V1(V)	2,2Ω V2(V)	5,2Ω V3(V)	5,6Ω V4(V)	10Ω V6(V)	22Ω V5(V)	330Ω V7(V)
0	206,8	203,4	204,6	199,2	191,9	208,2	210,6
5	86,4	84,9	85,4	82,8	79,8	87	87,8
10	44,8	44	44,2	42,9	41,4	45	45,6
15	24,14	23,75	23,82	23	22,36	24,21	24,5
20	12,03	11,84	11,88	11,52	11,14	12,02	12,22
25	4,14	4,08	4,09	3,84	3,84	4,16	4,24
30	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 2. Pengukuran tegangan langkah pada titik pentanahan metode Mesh (9 Agustus 2011, kelembaban: 72%, temperatur: 29,1⁰C)

Jarak (m)	V1 (V)	V2 (V)	I1 (A)	I2 (A)	.dV1 (V)	.dV2 (V)
0	0,0	0	1,003	0,993	0,0	0
0,5	3,0	3,6	1,003	0,993	3,0	3,6
1	5,5	5,5	1,003	0,997	2,5	1,9
2	8,1	8,28	1,004	0,997	2,7	2,8
3	8,9	8,95	1,004	0,997	0,8	0,7
4	9,5	9,6	1,003	0,998	0,6	0,7
5	10,0	10,06	1,003	0,998	0,5	0,5
6	9,9	10,34	1,003	0,998	0,0	0,3
7	10,5	10,6	1,002	0,998	0,6	0,3
8	10,5	10,78	1,002	0,998	0,0	0,2
9	10,7	10,92	1	0,998	0,2	0,1
10	11,1	11,11	1	0,998	0,4	0,2
11	11,2	11,3	1	0,999	0,2	0,2
12	11,5	11,61	0,999	0,999	0,2	0,3
13	11,9	11,95	0,998	1,004	0,4	0,3
14	12,3	12,48	0,998	1,004	0,5	0,5
15	13,0	13,25	0,998	1,004	0,7	0,8
16	14,4	14,52	0,997	1,004	1,4	1,3
17	17,1	17,2	0,996	1,005	2,6	2,7
18	21,7	21,8	0,997	1,005	4,6	4,6
19	30,4	30,87	0,99	1,006	8,8	9,1
20	166,1	166,1	1	1	135,7	135,2



Gambar 9. Grafik tegangan langkah yang terjadi pada jarak tertentu dari lokasi gangguan pada simulator (kiri) dan modul tegangan langkah (kanan)

kesalahan yang memperoleh/terkena tegangan paling besar.

Dari Gambar 9 diperoleh hubungan berbanding terbalik antara jarak terhadap tegangan, artinya makin jauh seseorang dari titik kesalahan, maka makin kecil tegangan yang mengenai kedua kakinya. Jadi seseorang yang terdekat dengan titik

KESIMPULAN

Dari hasil simulasi menunjukkan adanya hubungan antara jarak terhadap tegangan langkah

manusia, dimana makin dekat seseorang dari pusat /titik kesalahan, maka makin besar tegangan yang terkena diantara kedua kakinya. Hal ini berlaku juga pada modul tegangan langkah yang dibuat oleh peneliti. Perbedaan antara modul dan simulasi terletak pada kondisi tanah yang sesungguhnya tidaklah homogen, sehingga menyebabkan hubungan antara jarak dan tegangan langkah tidak linier, sedangkan pada simulator kondisi tanah dibuat homogen. Sedangkan pengaruh nilai tahanan pentanahan terhadap tegangan langkah dalam hal ini tidak terlalu signifikan, karena nilai tahanan pentanahannya tidak terlalu jauh berbeda (5-8 Ω).

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Silo Wardono, Wartiyati, Isdawimah, Ismujianto, 2010, Rancang Bangun Titik Pentanahan Metode Mesh Guna Mengatasi kendala Penanaman Elektroda, Depok, Prosiding Seminar Nasional PNJ 2010
- [2.] Sumardjati, Prih dkk, 2008, Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 1 untuk SMK, Jakarta :Pusat perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
- [3.] Siemens, 2000, Electrical Installations Handbook, Munich, John Wiley&Sons
- [4.] Diklat PLN, Sistem Pentanahan www.snapdrive.net/files/
- [5.] BSN, 2002, Peraturan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000), Jakarta, Yayasan PUIL
- [6.] Furse, Earthing & Lightning Protection (Consultan Handbook), <http://www.furse.com>
- [7.] Isdawimah, Ismujianto, 2005, "Praktek Laboratorium Mesin Listrik dan Pengaman", Buku Ajar Program Studi Teknik Listrik, PNJ
- [8.] GAM Odam, 2008, "Effect of Lightning on Assets", Facilities and Structures Journal of National Lightning Safety Institute, UK
- [9.] GroundingSystem www.erico.com
- [10.] A. Sathyanarayanan, A.K . Chawla, Sulekh Chand, 1997. "Good Grounding for Building Installation- A Case Study", Proceedings of the International Conference on Electromagneiic Interjerence and Compatibility
- [11.] www.idc-online.com, "Practical Grounding Earthing, Bonding, Lightning & Surge protection of Electrical and Electronic Systems & Equipment.
- [12.] J. Liu, R. D. Southey, F. P. Dawalibi, 2005. "Application of Advanced Grounding DesignTechniques to Plant Grounding Systems", IEEE/PES Transmission and Distribution Conference & Exhibition: Asia and Pacific Dalian, China.

