

# Pengaruh Elektrode Sangkar Persegi Pada Resistans Pentanahan Satu Batang Di Lokasi Sempit

Harnoko Stephanus<sup>1</sup>

**Abstract**—Grounding rod is more practical than grounding plate or grounding strip. Grounding resistance value must be set as small as possible, but it is hard to approach the standard grounding resistance value. There are some methods used to reduce grounding resistance such as: paralleling ground rod, extending ground rod, or enlarging ground rod diameter. This paper explains the influence of square cage electrode (1x1 meter) on single ground rod resistance value. In this research, ground rod's length and diameter were 1.5 meters and 12 millimeters respectively. Ground rod was planted on the ground while the butt was on land surface. Grounding resistance value of that single ground rod was then compared with grounding resistance value of the combination of single ground rod and the square cage electrode (dimension 1x1 meter). The results show that : (a) 1x1 meter square cage electrode with four edge rod (length 0.5 meters; diameter 12 millimeters) can minimize grounding resistance value of single ground rod (length 1.5 meters, diameter 12 millimeters) by 29 ohms. (b) 1x1 meter square cage electrode with eight edge rod (length 0.5 meters; diameter 12 millimeters) can minimize grounding resistance value of single ground rod (length 1.5 meters, diameter 12 millimeters) by 32 ohms.

**Intisari**—Resistans pentanahan dengan menggunakan batang pentanah tergantung pada jenis, keadaan tanah, ukuran dan cara pengaturan elektrode pentanah. Pentanahan dengan menggunakan batang pentanah lebih praktis daripada elektrode berbentuk pelat atau pita. Nilai resistans pentanahan harus sekecil-kecilnya. Nilai resistans pentanahan dapat diperkecil antara lain dengan memparalel batang pentanah, memperpanjang batang pentanah atau memperbesar diameter batang pentanah. Penelitian dilakukan dengan menggunakan elektrode pentanah berbentuk batang silinder pejal dengan panjang 1,5 m dan diameter 12 mm. Batang pentanah tersebut ditanam dalam tanah dengan pangkal batang berada di permukaan tanah, pada satu jenis tanah. Pengukuran nilai resistans pentanahan dilakukan tanpa elektrode sangkar persegi dan dengan elektrode sangkar persegi. Elektrode sangkar persegi disusun dari potongan-potongan batang pentanah dengan panjang 0,50 m diameter 12 mm. Penampang elektrode sangkar berbentuk bujur-sangkar berukuran 1x1 m. Elektrode sangkar persegi ini diletakkan mengelilingi 1 batang pentanah utama. Nilai resistans pentanahan gabungan tersebut hasilnya dibandingkan dengan nilai pengukuran 1 batang pentanah utama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa : (a) Elektrode sangkar persegi 1x1 m, dengan 4 batang penyusun (panjang 0,5 meter, diameter 12 mm) memperkecil nilai resistans pentanahan 1 batang pentanah (panjang 1,5 m, diameter 12 mm) sebesar 29 ohm. (b) Elektrode sangkar persegi 1x1 m, dengan 8 batang penyusun (panjang 0,5 m, diameter 12 mm) memperkecil nilai resistans pentanahan 1 batang pentanah (panjang 1,5 m, diameter 12 mm) sebesar 32 ohm.

**Kata Kunci**—pentanahan, batang pentanah, elektrode sangkar

<sup>1</sup>Staf pengajar, Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik UGM, Jl. Grafika 2, Bulaksumur, Yogyakarta, 55281 (telp: 0274-552305; fax: 0274-552305; e-mail: harnoko@ugm.ac.id)

persegi, resistans pentanahan.

## I. PENDAHULUAN

Sudah banyak dilakukan penelitian mengenai pentanahan sistem tenaga listrik atau instalasi listrik yang menggunakan batang pentanah di berbagai jenis tanah dengan berbagai ukuran batang pentanah dan dengan kedalaman berbeda-beda. Pentanahan dengan menggunakan batang pentanah pada dasarnya lebih mudah bila dibandingkan dengan menggunakan pelat atau pita pentanah.

Nilai resistans pentanahan harus sekecil-kecilnya agar bila terjadi kebocoran arus ke bagian logam peralatan listrik (yang seharusnya tidak boleh bertegangan), tidak akan membahayakan orang yang tidak sengaja menyentuh bagian logam peralatan itu.

Untuk memperoleh resistans pentanahan sekecil-kecilnya, dengan menggunakan batang pentanah, dilakukan dengan cara antara lain sebagai berikut :

- Memperdalam penanaman batang pentanah.
- Memperpanjang batang pentanah.
- Memparalel batang pentanah

Penanaman batang pentanah secara paralel sering dilakukan bila luas tanahnya mencukupi. Jarak pemasangan paralel antara 2 batang pentanah atau lebih, minimal 2 kali panjang batang pentanah yang digunakan [1].

Penanaman batang pentanah yang panjang tidak praktis. Batang pentanah yang ditanam sangat dalam juga tidak praktis.

Bila diinginkan nilai resistans pentanahan yang kecil pada instalasi listrik dan lokasinya sempit, seperti pada sistem telekomunikasi dapat mencapai 0,06 ohm [2], maka dilakukan cara-cara seperti pada sistem telekomunikasi dan sistem *grid* di gardu induk, yaitu sistem elektrode sangkar. Elektrode sangkar yang digunakan di dalam penelitian ini adalah elektrode sangkar persegi berukuran 1x1 m.

Dalam paper ini akan disampaikan hasil penelitian pengaruh pemberian elektrode sangkar persegi dengan ukuran 1x1 m pada nilai resistans pentanahan sebuah batang pentanah berukuran panjang 1,5 m dan diameter 12 mm di lokasi sempit.

## II. PENTANAHAN

Pentanahan dengan menggunakan satu batang pentanah yang mempunyai panjang  $L$  meter, jari-jari  $a$  meter, dengan nilai resistans jenis tanah di tempat pengukuran seragam (*uniform*), nilai resistans pentanahannya adalah sebagai berikut [3].

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \left( \frac{4L}{a} - 1 \right) \quad \text{untuk } L \gg a \quad (1)$$

dengan :

$R$  = resistans pentanahan (ohm)

$\rho$  = resistans jenis tanah (ohm-meter)

$L$  = panjang batang pentanah (meter)

a = jari-jari batang pentanah (meter)

Resistans pentanahan untuk 2 batang pentanah yang dipasang paralel, dapat dihitung dengan persamaan (2) dan (3) sebagai berikut [3].

• Untuk  $S > L$  :

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi S} \left( 1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} \right) \quad (2)$$

• Untuk  $S < L$  :

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{S} - 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} \right) \quad (3)$$

dengan :

- R = resistans pentanahan (ohm)
- $\rho$  = resistans jenis tanah (ohm-meter)
- L = panjang batang pentanah (meter)
- S = jarak antar batang pentanah (meter)
- a = radius batang pentanah (meter)

Elektrode sangkar dengan sudut pusat  $\alpha$  dan elemen-elemen sangkar dengan panjang L meter dengan ring-atas dapat dilihat pada Gbr. 1 dan Gbr. 2. Pada Gbr. 1 diperlihatkan untuk pentanahan antena komunikasi [4]. Pentanahan antena komunikasi memerlukan area yang luas dan menggunakan banyak batang pentanah, sehingga diperoleh nilai resistans pentanahan kecil. Gbr. 2 memperlihatkan elektrode sangkar silindris [5].

Elektrode sangkar silindris ini dapat memperkecil nilai resistans pentanahan 1 batang pentanah. Gbr. 3 merupakan sistem pentanahan *grid* di gardu induk. Sistem pentanahan *grid* di gardu induk memerlukan daerah yang luas dan banyak batang pentanah untuk memperoleh nilai resistans pentanahan kecil [6]. Gbr. 4 memperlihatkan bentuk elektrode sangkar persegi yang digunakan di dalam penelitian. Bila ditengah-tengah elektrode sangkar dipasang 1 batang pentanah, maka nilai resistans pentanahannya adalah sebagai berikut :

$$R_{p \text{ total}} = \frac{R_{es} \times R_{bt}}{R_{es} + R_{bt}} \quad (4)$$

dengan :

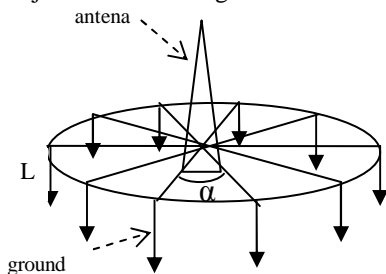
- $R_{p \text{ total}}$  = resistans pentanahan total (ohm)
- $R_{es}$  = resistans pentanahan elektrode (ohm)
- $R_{bt}$  = resistans pentanahan 1 batang pentanah (ohm)

Nilai  $R_{es}$  diperoleh secara pendekatan sebesar :

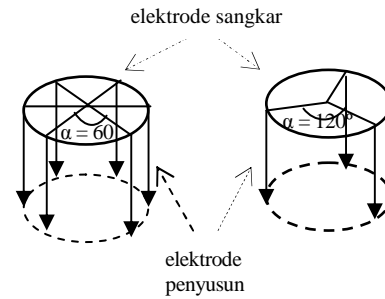
$$R_{es} = \frac{1}{n} \frac{\rho}{2\pi L} \ln \left( \frac{4L}{a} - 1 \right) \quad \text{untuk } L \gg a \quad (5)$$

dengan n adalah banyaknya elektrode batang pentanah.

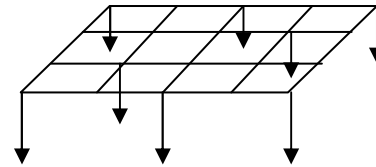
Penelitian dilakukan pada tanah kebun di Desa Jembangan, Tirtoadi, Mlati, Kabupaten Sleman, Propinsi DIY. Jenis tanah di lokasi penelitian termasuk tanah ladang basah, sehingga nilai resistans jenis tanah kurang dari 100 ohm-m [7].



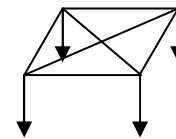
Gbr. 1 Groun d-plane Antena



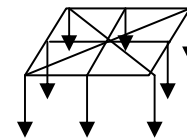
Gbr. 2. Elektrode Sangkar Silindris  
(a)  $\alpha = 60^\circ$  (b)  $\alpha = 120^\circ$



Gbr. 3 Sistem Pentanahan *Grid* di Gardu Induk dengan Batang Pentanah



Gbr. 4 (a) Elektrode Sangkar Persegi 4 batang penyusun



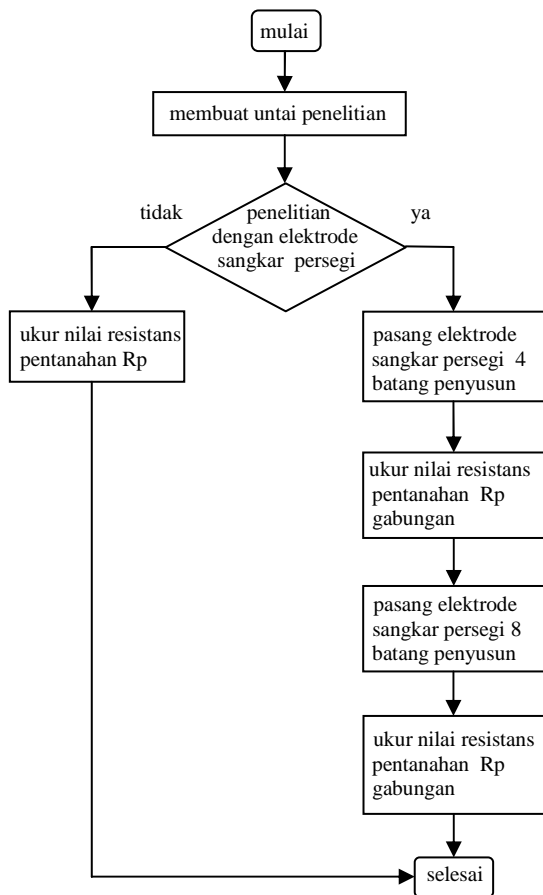
Gbr. 4 (b) Elektrode Sangkar Persegi 8 batang penyusun

### III. METODOLOGI

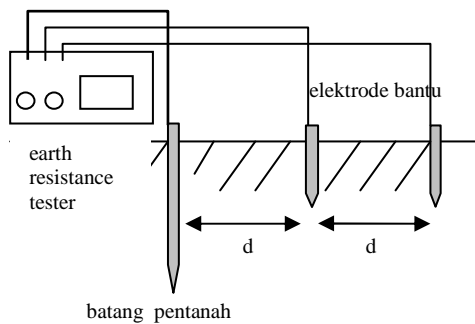
Materi atau bahan yang digunakan yaitu batang pentanah (*ground rod*) dengan ukuran panjang 1,5 m, diameter 12 mm, elektrode sangkar persegi 1x1 m (4 dan 8 batang penyusun dengan panjang 0,5 m, diameter 12 mm) dan kabel-kabel penghubung pembuat sangkar. Alat yang digunakan untuk mengukur nilai resistans pentanahan ialah *earth resistance tester* digital. Penelitian dilakukan pada tanah kebun di Desa Jembangan, Tirtoadi, Mlati, Kabupaten Sleman, Propinsi DIY.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gbr. 5. Pada diagram alir tersebut yang dimaksud resistans pentanahan gabungan adalah resistans pentanahan 1 batang pentanah dengan resistans pentanahan elektrode sangkar persegi.

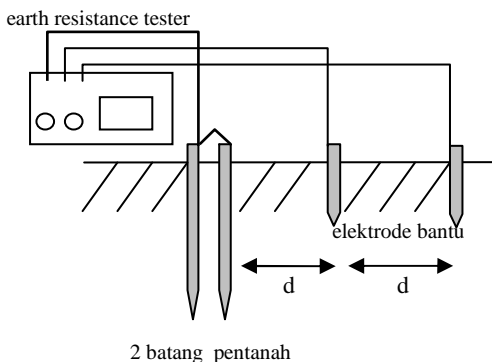
Skema pengukuran resistans pentanahan 1 batang pentanah dapat dilihat pada Gbr. 6. Skema pengukuran resistans pentanahan 2 batang pentanah paralel dapat dilihat pada Gbr. 7. Skema pengukuran resistans pentanahan 1 batang pentanah digabung dengan elektrode sangkar persegi dapat dilihat pada Gbr. 8.



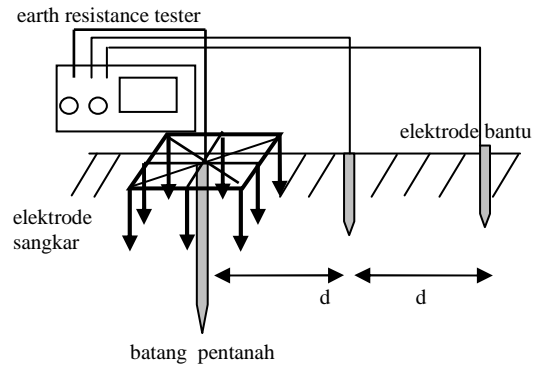
Gbr.. 5 Diagram Alir Penelitian



Gbr. 6 Pengukuran Nilai Resistans Pentanahan1 Batang Pentanah



Gbr. 7 Pengukuran Nilai Resistans Pentanahan 2 Batang Pentanah Paralel Berdekatan



Gbr. 8 Pengukuran Resistans Pentanahan 1 Batang Pentanah dengan Elektrode Sangkar Persegi 8 Batang Penyusun



Gbr. 9 Foto Pengukuran Resistans Pentanahan 1 Batang Pentanah dengan Elektrode Sangkar Persegi 4 Batang Penyusun



Gbr. 10 Foto Pengukuran Resistans Pentanahan 1 Batang Pentanah dengan Elektrode Sangkar Persegi 8 Batang Penyusun

Cara penelitian: Batang pentanah dengan panjang 1,5 meter diameter 12 mm, ditanam tegak lurus dengan terminal atas berada dipermukaan tanah. Kemudian diukur nilai resistans pentanahannya. Batang pentanah ke dua ditanam paralel dengan batang pentanah pertama berjarak sama dengan panjang batang (1,5 m). Kemudian diukur nilai resistans pentanahannya. Pengukuran nilai resistans pentanahan dilakukan dengan menggunakan *earth resistans tester* digital. Dilanjutkan pengukuran resistans pentanahan 1 (satu) batang pentanah 1,5 m diameter 12 mm digabung dengan elektrode sangkar persegi 1x1 m, 4 batang penyusun dan 8 batang penyusun. Panjang setiap batang elektrode sangkar penyusun adalah 0,5 m berdiameter 12 mm dengan ukuran sangkar persegi 1x1 m.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pengaruh elektrode sangkar persegi terhadap nilai resistans pentanahan 1 batang pentanah dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I  
HASIL PENGUKURAN RESISTANS PENTANAHAN RP

No	Uraian	Nilai Rp (ohm)
1	Satu batang pentanah 1,5 m, diameter batang 12 mm	51
2	Dua batang pentanah 1,5 m, diameter batang 12 mm, paralel, jaraknya lebih kecil dari panjang batang	32
3	Satu batang pentanah 1,5 meter, diameter batang 12 mm, + elektrode sangkar persegi 4 batang penyusun 0,5 m, diameter 12 mm	22
4	Satu batang pentanah 1,5 m, diameter batang 12 mm, + elektrode sangkar persegi 8 batang penyusun 0,5 m, diameter 12 mm	19

Hasil penelitian pada Tabel I menunjukkan bahwa nilai resistans pentanahan gabungan 1 batang pentanah (1,5 m dengan diameter batang 12 mm) dan elektroda sangkar persegi 1x1 m (4 batang penyusun 0,5 m, diameter 12 mm) nilainya 22 ohm. Nilai ini lebih kecil daripada nilai resistans pentanahan 1 batang pentanah 1,5 m diameter 12 mm, yang nilai resistans pentanahannya 51 ohm. Elektrode sangkar persegi 1x1 m dengan 4 batang penyusun (panjang 0,5 m diameter 12 mm) ternyata memperkecil nilai resistans pentanahan 1 batang pentanah 1,5 m diameter 12 mm, sebesar 29 ohm. Nilai resistans pentanahan gabungan 1 batang pentanah dan elektroda sangkar persegi tersebut (nilainya 22 ohm) juga lebih kecil daripada nilai resistans pentanahan 2 batang pentanah paralel (nilainya 32 ohm).

Pada Tabel I juga terlihat bahwa nilai resistans pentanahan gabungan 1 batang pentanah dengan elektrode sangkar persegi 1x1 m dengan 8 batang penyusun (panjang 0,5 m diameter 12 mm) adalah sebesar 19 ohm. Nilai ini lebih kecil daripada nilai resistans pentanahan 1 batang pentanah (1,5 m diameter 12 mm) yang nilainya 51 ohm; dan juga lebih kecil daripada nilai resistans pentanahan 2 batang pentanah paralel yang nilainya 32 ohm. Elektrode sangkar persegi 1x1 m dengan 8 batang penyusun (panjang 0,5 m diameter 12 mm) ternyata memperkecil nilai resistans pentanahan 1 batang pentanah 1,5 m diameter 12 mm, sebesar 32 ohm. Nilai resistans pentanahan gabungan 1 batang pentanah dan elektroda sangkar persegi tersebut (nilainya 19 ohm) juga lebih kecil daripada nilai resistans pentanahan 2 batang pentanah paralel (nilainya 32 ohm).

Pada Tabel I juga terlihat bahwa semakin banyak batang penyusun elektrode sangkar persegi, dengan ukuran batang yang sama (panjang dan diameter), semakin kecil nilai resistans pentanahan gabungannya.

Mengacu pada "(1)" nilai resistans pentanahan 1 batang pentanah berukuran panjang 1,5 m dan berdiameter 12 mm, dengan nilai resistans jenis tanah di lokasi penelitian,  $\rho = 80$  ohm-meter, diperoleh dari hasil perhitungan sebesar  $R_p =$

58,6 ohm. Nilai ini lebih besar daripada nilai hasil pengukuran di lokasi penelitian, dengan selisih nilai 7,6 ohm.

Mengacu pada "(3)" nilai resistans pentanahan 2 batang pentanah berukuran panjang 1,5 m dan berdiameter 12 mm, terhubung paralel dengan jarak 0,75 m, dengan nilai resistans jenis tanah di lokasi penelitian,  $\rho = 80$  ohm-meter, diperoleh dari hasil perhitungan sebesar  $R_p = 30,6$  ohm. Nilai ini lebih kecil daripada nilai hasil pengukuran di lokasi penelitian, dengan selisih nilai 1,4 ohm.

## V. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1) Elektrode sangkar persegi 1x1 m, dengan 4 batang penyusun (panjang 0,5 meter diameter 12 mm), memperkecil nilai resistans pentanahan 1 batang pentanah (panjang 1,5 m, diameter 12 mm) sebesar 29 ohm.

2) Elektrode sangkar persegi 1x1 m, dengan 8 batang penyusun (panjang 0,5 meter diameter 12 mm), memperkecil nilai resistans pentanahan 1 batang pentanah (panjang 1,5 m, diameter 12 mm) sebesar 32 ohm.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi FT UGM, yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melaksanakan penelitian ini. Terima kasih penulis sampaikan kepada saudara laboran di Laboratorium Teknik Instalasi Listrik, Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi FT UGM yang telah membantu melakukan penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] Panitia Revisi PUIL, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik Indonesia 2000*, LIPI, Jakarta, 2000.
- [2] F. Haryanto Sumbang, "Perlindungan Terhadap Sambaran Petir Peralatan Listrik dan Telekomunikasi dengan Pentanahan yang Disatukan dengan Menggunakan EMTP", Tesis MSEE, Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, FT UGM, Yogyakarta, 2008.
- [3] T.S. Hutauruk, *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*, edisi ke 2, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991.
- [4] Switzer, *Practical Guide to Electrical Grounding*, ERICO Inc., Ohio, 1999.
- [5] Harnoko Stephanus, *Pengaruh Elektrode Sangkar (Silindris) pada Nilai Resistans Pentanahan 1 Batang Pentanah di Lokasi Sempit*, Laporan Penelitian Hibah JTETI FT UGM, 2013.
- [6] A.S. Pabla, *Electric Power Distribution*, Tata McGraw-Hill Education, New Delhi, 2004.
- [7] K. Pijpaert, "Peraturan Umum untuk Elektrode Bumi dan Penghantar Bumi", *Elektro Indonesia*, No.24, tahun V, Januari, 1999.