

Analisis Pengaruh Semen Konduktif Sebagai Media Pembedaan Elektroda Batang

I M Yulistya Negara, Daniar Fahmi, D.A. Asfani, Bimo Prajanuarto, Arief M.
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, Indonesia

Abstract—Pada studi ini dilakukan metode pembedaan dengan elektroda batang serta kombinasi peletakan semen konduktif untuk mengetahui penurunan resistansi pembedaan sebelum dan setelah pemberian semen konduktif disekitar elektroda batang. Pada studi ini hasil pengujian secara langsung yang telah diperoleh digunakan sebagai acuan awal untuk dilakukan tinjauan selanjutnya. Studi ini dilakukan agar pembedaan dapat dilakukan pada tanah yang tidak dapat digali dengan kedalaman yang cukup sehingga pemberian semen konduktif ini memungkinkan untuk dilakukannya pembedaan yang baik. Pengkondisian tanah yang dilakukan pada studi ini yaitu dengan menggunakan elektroda batang (rod) yang ditanam kedalam tanah dengan kedalaman tetap, yang sebelumnya tanah telah di treatment dengan dengan mencampurkan semen konduktif pada tanah sebagai medium penurun resistansi tanah dengan volume dan posisi yang berbeda. Untuk mengetahui parameter tahanan yang akan diukur memakai alat earth resistance tester. Pengujian ini dilakukan berulang kali untuk mengetahui nilai rata – rata yang ditentukan analisa data dengan pengujian serta perhitungan matematik. Dari analisis telah diperoleh bahwa posisi peletakan semen konduktif mempengaruhi penurunan resistansi pembedaan. Selain itu, pengaruh kerapatan material yang terkandung dalam tanah juga mempengaruhi penurunan resistansi pembedaan.

Keywords— *Spacer (Perentang); Quadruple Spacer; Polutan air garam; Finite Element Method Simulation.*

I. PENDAHULUAN

Suatu sistem distribusi tenaga listrik merupakan sistem yang luas yang menghubungkan satu titik ke titik lain sehingga sangat peka terhadap berbagai gangguan ,diantaranya adalah gangguan tanah[1]. Dari gangguan tersebut memiliki banyak dampak yang dapat menurunkan tegangan cukup besar, menurunkan stabilitas sistem , membahayakan manusia dan dapat merusak peralatan elektronik. Dan salah satu faktor yang berpengaruh agar kestabilan sistem dan keamanan peralatan listrik tetap terjaga adalah dengan pentanahan pada peralatan yang baik [2].

Dalam suatu sistem pentanahan yang baik, semakin kecil nilai resistansi pembedaan maka kemampuan mengalirkan arus ketanah semakin besar sehingga arus gangguan yang mungkin terjadi tidak mengalir ke peralatan dan merusaknya. Ini berarti pentanahan yang baik, nilai resistansi tanahnya harus 1-5 ohm atau lebih rendah [3].

Dengan kondisi dimana suatu lokasi memiliki resistansi tanah yang tinggi, dengan kondisi tanah yang berbatu

itu bisa menjadi tidak mungkin untuk melakukan pembedaan dengan batang vertikal (rod). Karena struktur tanah yang kering ,kadar air yang terkandung dalam tanah, temperatur tanah dan ukuran butiran material[4]. Mengacu pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan untuk mengurangi resistansi pada tanah menggunakan semen konduktif sebagai media pentanahan elektroda jenis batang, metode tersebut mampu mengurangi resistansi tanah seminim mungkin [5]. Pada tugas akhir ini dilakukan perubahan treatment yang dilakukan pada tanah menggunakan semen konduktif sebagai indikator campuran tanah untuk menurunkan resistansi tanah.Dan diharapkan metode ini dapat menurunkan resistansi tanah dengan lebih efektif lagi.

II. ELEKTRODA BATANG DAN SEMEN KONDUKTIF

Dalam suatu sistem pembedaan yang baik jenis tanah juga sangat menentukan resistivitas tanah tersebut. Tidak semua tanah memiliki nilai resistivitas yang baik untuk suatu sistem pembedaan ini dipengaruhi oleh kerapatan serta kontaminasi yang dimiliki oleh tanah tersebut serta tempat dan kondisi dimana tanah itu berada. Sehubungan dengan sistem pembedaan tanah dibagi dalam beberapa jenis . Berikut adalah

Tabel 1 Nilai resistivitas beberapa jenis tanah [6]

Jenis Tanah	Resistivitas dalam (ohm-cm)
Tanah liat, tanah kebun, dll	500 – 5.000
Tanah liat	800 – 5.000
Campuran tanah liat, pasir dan kerikil	4.000 – 25.000
Pasir dan kerikil	6.000 – 10.000
Batu tulis, pasir berbatu, dll	1.000 – 50.000



Gambar 1 Elektroda batang

tabel dari beberapa jenis tanah serta perkiraan nilai resistivitasnya dan dapat diperoleh data sebagai berikut [6].

Nilai resistivitas yang berada di dalam Tabel 1 adalah suatu perkiraan untuk nilai resistivitas yang diharapkan. Berbagai macam penelitian dari waktu ke waktu yang mengukur nilai resistivitas berbagai jenis tanah baik melalui pengambilan sampel contoh dan mengukurnya dalam penelitian khusus maupun dengan pengukuran yang tidak berpengaruh pada massa tanah. Penelitian tersebut bukan termasuk masalah yang

tidak mudah tetapi memungkinkan untuk memberikan hasil yang akurat. Sangat sulit untuk dapat memastikan bahwa contoh sampel yang diambil dari tanah dalam kondisi yang sama ketika diukur sebagaimana ia ditempatkan.

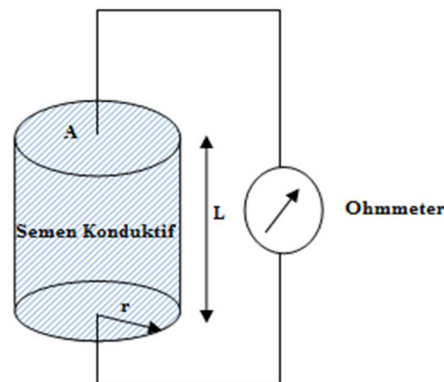
A. Elektroda Batang

Tujuan utama sistem pembumian adalah mendapatkan nilai resistansi yang rendah sehingga memungkinkan untuk arus gangguan yang terjadi dapat dengan cepat tersalurkan ke tanah. Elektroda pembumian yang digunakan untuk melewati arus gangguan ke tanah adalah elektroda pembumian jenis batang. Seperti yang dijelaskan sebelumnya elektroda batang adalah elektroda yang terbuat dari tembaga, besi baja profil atau pipa yang dipancangkan kedalam bumi. Dalam penggunaannya, elektroda batang sangat dipengaruhi oleh ukuran, dimensi dan bahan dari elektroda batang tersebut, karena pada dasarnya pembumian dengan elektroda batang perlu memperhatikan panjang dan ukuran elektrodanya agar dalam melakukan instalasi pembumian bisa diperoleh hasil dan nilai yang baik, meskipun pengaruh ukuran diameter terhadap resistansi pembumiannya adalah kecil yang hanya berpengaruh sekitar 10% [7].

Pada umumnya elektroda batang menggunakan silinder yang terbuat dari tembaga murni, batang tembaga telanjang dan berlapis (*copper-clad steel*), batang besi tahan karat (*stainless rod*), kawat tembaga yang dimasukkan ke dalam batang pipa yang digalvanisasi dan dapat berupa baja yang sudah disepuh oleh tembaga. Bentuk ilustrasi elektroda batang ditunjukkan oleh Gambar 1.

B. Semen Konduktif

Jenis semen yang akan digunakan dalam penelitian kali ini adalah semen konduktif atau semen grounding (*ground Enhancement Material*). Semen grounding adalah bahan pengurukan atau *backfill* yang meningkatkan konduktivitas tanah disekitar elektroda batang dan sistem pembumian kisi – kisi. Pada umumnya semen grounding digunakan pada kondisi dengan resistansi tinggi termasuk berbatu dan berpasir tanah, serta medan kering, pegunungan, dan tanah beku agar resistansi menurun untuk menciptakan sistem pentanahan yang handal. Sistem pentanahan yang handal akan memberikan jalan impedansi yang cukup rendah untuk mengalirkan arus ke tanah.



Gambar 2 Pengukuran resistivitas semen konduktif

Selain itu semen konduktif memiliki beberapa kelebihan yang sangat menguntungkan bagi sistem pembumian diantaranya adalah :

1. Konduktivitas listrik yang stabil.
2. Memiliki efisiensi yang sangat tinggi untuk menurunkan resistansi.
3. Sangat baik ketahanannya terhadap korosi.

III. PERANCANGAN PENGUJIAN

Gambar 2 menunjukkan rangkaian pengukuran resistansi semen konduktif. Semen Konduktif yang akan digunakan sebagai media untuk memperkecil nilai resistansi pembumian dimasukan dalam pipa ukur plastik dan diberi tutup pada setiap ujung pipa dan dipasang kawat tembaga serta dipasang seri dengan ohmmeter untuk dapat mengetahui nilai resistansinya. Untuk mengukur resistivitas semen konduktif dapat dilakukan dengan menggunakan Ohmmeter dan diperoleh dari hasil pengukuran, dengan persamaan:

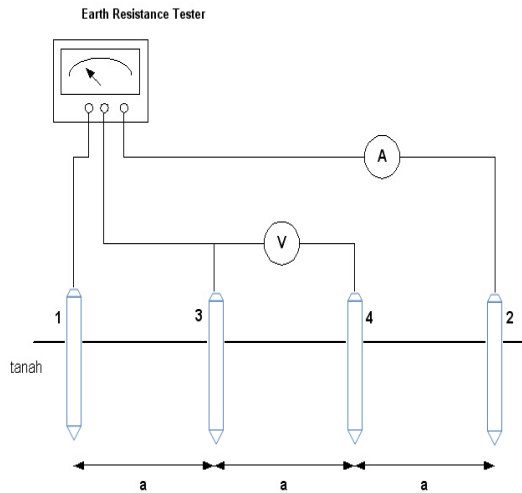
$$\rho = \frac{A \cdot R}{l} \quad (1)$$

$$\rho = \frac{\pi r^2 \cdot R}{l} \text{ ohm - cm}$$

dengan:

R = nilai resistansi hasil pengukuran (ohm)

l = tinggi semen konduktif dalam tabung ukur (cm)



Gambar 3 Pengukuran resistivitas tanah menggunakan metode empat titik dengan *Earth Resistance Tester*

- A = luas penampang tabung ukur (cm²)
- r = jari-jari tabung ukur (cm)
- ρ = nilai resistivitas semen konduktif (ohm-cm)

Gambar 3 memperlihatkan rangkaian pengukuran resistivitas tanah. Pada rangkaian ini, digunakan empat buah elektroda batang yang dihubungkan dengan *Earth Resistance Tester*. Pada pengukuran resistansi tanah besar arus yang mengalir ke tanah akan terbaca pada Amperemeter dan hasil pengukuran pada Voltmeter juga terbaca, lalu untuk mendapatkan nilai resistansi tanahnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\rho = \frac{4\pi a U}{\left(1 + \frac{2a}{\sqrt{(a^2 + 4b^2)}} - \frac{2a}{\sqrt{(4a^2 + 4b^2)}}\right) I} = \frac{4\pi a U}{n I} \quad (2)$$

dengan

- a = jarak antara elektroda batang yang dimasukkan ke tanah (cm)
- b = kedalaman penanaman elektroda batang (cm)
- ρ = resistivitas tanah (ohm-cm)
- U = tegangan yang terukur pada Voltmeter (volt)
- I = arus yang terukur pada Amperemeter (ampere)
- n = memiliki nilai antara 1 sampai 2 tergantung oleh perbandingan b/a

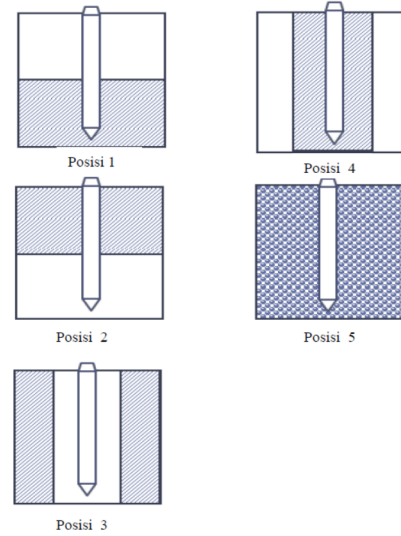
Secara teori resistansi dalam sistem pembumian adalah komposisi dari resistansi elektroda batang, resistansi kontak antara permukaan elektroda batang dan tanah disekitarnya, resistansi bagian tanah di sekitar elektroda batang pembumian. Untuk mengetahui pengaruh nilai resistansi elektroda batang terhadap resistansi pembumian pada penelitian ini, dilakukan perhitungan resistansi elektroda batang yang tegak lurus dengan tanah dapat ditentukan dengan persamaan [6]:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \log_e \frac{4l}{d} \quad (3)$$

dengan

- ρ (resistivitas elektroda batang)

l (panjang elektroda batang dalam tanah)
d (diameter elektroda batang)



Gambar 4 Variasi pemodelan peletakan semen konduktif pada obyek uji

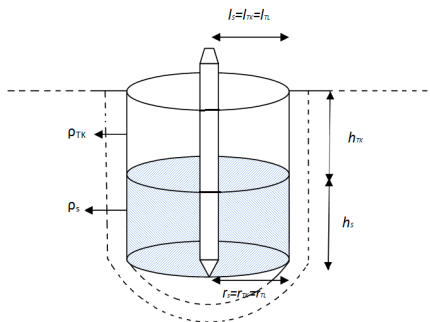
Tabel 2 Hasil pengukuran resistansi pembumian dalam medium tanah dengan komposisi 50% volume semen konduktif 50% volume tanah

Kondisi Tanah	Re (Ohm)
1. Sebelum Pemberian semen Konduktif	49
2. Setelah pemberian semen konduktif, dengan peletakan semen pada:	
-Posisi 1	18,3
-Posisi 2	20,5
-Posisi 3	35
-Posisi 4	23,3
-Posisi 5	28,3

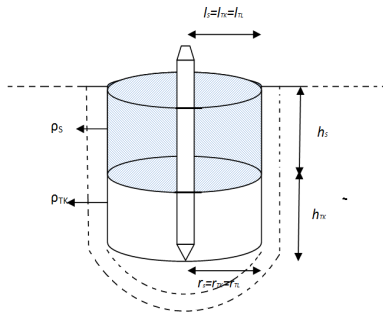
Pada penelitian ini, peletakan semen konduktif sebagai treatment pada penurunan resistansi tanah digunakan sebagai variabel utama. Komposisi antara semen konduktif dengan tanah adalah 50:50. Variasi pemodelan peletakan semen konduktif ditunjukkan oleh Gambar 4.

IV. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Data – data yang ada dalam penelitian adalah data – data yang didapatkan dari hasil pengambilan data berupa pengukuran secara langsung baik dilapangan maupun di laboratorium. Dengan menggunakan persamaan (1), (2), dan (3), maka dapat diperoleh besarnya resistivitas semen konduktif adalah 35,91 Ohm-cm, resistansi tanah ketel adalah 3371,57 Ohm-cm, sedangkan resistansi elektroda batang dapat diabaikan karena nilai resistansi yang sangat kecil. Data-data yang diperoleh bertujuan untuk mengetahui karakteristik pengaruh pemberian semen konduktif terhadap perubahan resistansi pembumian. Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran secara langsung dengan menggunakan alat *Earth Resistance Tester*.



Gambar 5 Model Peletakan Semen Konduktif pada Posisi 1



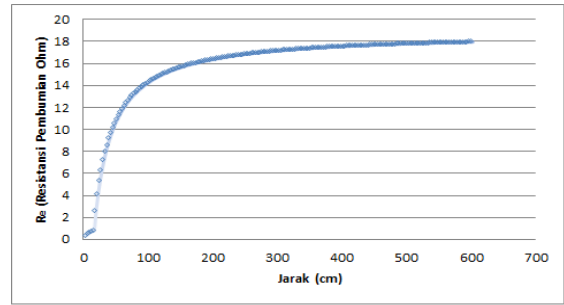
Gambar 6. Model Peletakan Semen Konduktif pada Posisi 2

Karena hasil paling efektif adalah posisi 1 dan 2, maka perbandingan dengan hasil pengukuran secara matematis hanya dilakukan pada posisi 1 dan 2 saja. Dengan menggunakan persamaan di atas, maka nantinya diperoleh bahwa besar resistansi tanah hasil pengukuran yaitu 3275,16 Ohm-cm. Setelah nilai resistansi pada masing-masing lapisan diketahui dari pendekatan matematis, maka diperoleh data sebagai berikut:

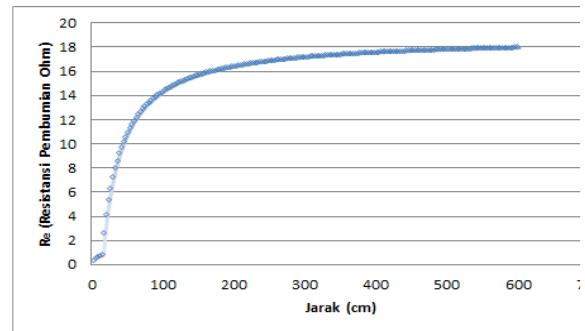
$$\begin{aligned} \rho_s &= 35,91 \text{ ohm-cm} \\ \rho_{TK} &= 3371,57 \text{ ohm-cm} \\ \rho_{TL} &= 3275,16 \text{ ohm-cm} \end{aligned}$$

Nilai rho di atas secara rinci dapat dilihat letaknya pada Gambar 5 untuk posisi 1 dan Gambar 6 untuk posisi 2. Nilai – nilai tersebut digunakan dasar untuk menentukan hubungan antara resistansi pembumian terhadap jarak pada setiap tebal lapisan tanah yang dipengaruhi oleh model peletakan semen konduktif. Grafik hubungan antara resistansi pembumian dengan jarak pada setiap tebal lapisan tanah untuk model posisi 1 dan 2 berturut-turut ditunjukkan oleh Gambar 7 dan 8.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa prosentase kesalahan model peletakan semen konduktif pada posisi satu lebih kecil dibandingkan model peletakan semen konduktif pada posisi dua. Terbukti setelah dilakukan analisis melalui dua pendekatan yaitu secara matematik dan pengukuran secara langsung, dapat diketahui bahwa peletakan semen konduktif pada tanah dengan posisi satu mempunyai nilai resistansi pembumian yang paling kecil.



Gambar 7. Fungsi Resistansi Pembumian terhadap Jarak pada setiap lapisan tanah pada posisi 1



Gambar 8. Fungsi Resistansi Pembumian terhadap Jarak pada setiap lapisan tanah pada posisi 2

Tabel 3 Perbandingan nilai resistansi pembumian antara hasil pengukuran dengan dengan analisa matematik

Model Peletakan Semen Konduktif	Re hasil pengukuran (ohm)	Re hasil analisa matematik (ohm)
Posisi 1	18,3	18,0017
Posisi 2	20,5	18,0017

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dilakukan pemanfaatan semen konduktif sebagai media pembumian elektroda batang. Beberapa kesimpulan yang dapat diambil bahwa posisi peletakan semen konduktif dalam tanah memiliki pengaruh yang sangat besar dalam memperkecil nilai resistansi pembumian. Selain itu, Pengaruh kerapatan material yang terkandung dalam tanah juga sangat mempengaruhi penurunan resistansi pembumian.

REFERENCES

- [1] W. Keitz, Switzer. 1999. Practical Guide to Electrical grounding. ERICO
- [2] Hutaaruk, T.S. 1991. Pembumian Netral Sistem Tenaga dan Pembumian Peralatan. Jakarta: Erlangga
- [3] 1982. IEEE Green Book: Recommended Practice For Grounding of Industrial and Commercial Power System ANSI. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- [4] George, Frank, Tagg. 1964. Earth Resistances. Pitman Publishing Corp
- [5] Yanuarianto, Yudistiro. 2008. Pemanfaatan Arang Kayu Sebagai Media Pembumian Elektroda Jenis Batang. Malang : Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
- [6] Tagg, G.F. 1964. Earth Resistance. London: The Whitefriars Press Ltd.

- [7] Roy B. Carpenter Jr., Mark M. Drabkin & Joseph A. Lanzoni. 1997. Better Grounding. Journal. USA: Lightning Eliminators & Consultants, Inc.
- [8] Anonim. IEEE Green book Std 142-1991: 184 (* Sesuai SPLN 102, 1993: 9)
- [9] Anonim. Pedoman Pengawasan Instalasi Listrik (Disnaker-RI), 1987: 18
- [10] Anonim. DISNAKER RI, 1987: 18
- [11] Anonim. Pabla,1988:218