

PENGARUH SEMEN KONDUKTIF PADA ELEKTRODA BATANG DALAM SISTEM PEMBUMIAN

Indrawan Nugrahanto, L. Endah Cahya Ningrum

Abstrak: Sistem pembumian adalah faktor penting untuk pengamanan sistem tenaga listrik saat terjadinya gangguan arus atau tegangan lebih. Dalam sistem pembumian, semakin kecil nilai resistansi pembumian maka kemampuan mengalirkan arus ke tanah semakin besar sehingga arus gangguan tidak merusak peralatan, ini berarti semakin baik sistem pembumian tersebut. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi sistem pembumian diantaranya seperti jenis tanah, besarnya kadar air, suhu tanah, kelembaban tanah, serta kandungan elektrolit yang ada dalam tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari penerapan semen konduktif untuk perbaikan resistansi dalam sistem pembumian. Hasil dari penelitian ini semakin pendek panjang bukaan ujung elektroda batang dengan lapisan semen konduktif menghasilkan nilai resistansi pembumian yang semakin kecil. Elektroda batang dengan panjang bukaan 0 cm dari lapisan semen konduktif menghasilkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil, yaitu 14 ohm. Nilai Resistansi untuk panjang bukaan ujung elektroda batang 10 cm, yaitu 19 ohm dan Panjang bukaan 5 cm yaitu 16,6 Ohm

Kata kunci: *Traffic Light*, Lalu lintas, ATMEGA 16

Sistem pembumian adalah faktor penting untuk pengamanan sistem tenaga listrik saat terjadinya gangguan arus atau tegangan lebih. Saat terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik, dengan adanya sistem pembumian arus gangguan akan dialirkan ke dalam tanah atau dibumikan dan disebarkan ke segala arah. Sistem pembumian merupakan sistem hubungan penghantar yang menghubungkan badan peralatan dan instalasi listrik dengan bumi sehingga dapat mengamankan manusia, peralatan atau instalasi listrik dari bahaya sengatan listrik ataupun arus dan tegangan lebih. Fungsi pembumian yaitu untuk mengalirkan arus gangguan ke dalam tanah melalui suatu elektroda pembumian yang ditanam dalam tanah bila terjadi gangguan, untuk itu nilai resistansi dari sistem pembumian harus sesuai dengan syarat yang ditetapkan (Setyawan, 2018)..

Dalam sistem pembumian, semakin kecil nilai resistansi pembumian maka kemampuan mengalirkan arus ke tanah semakin besar sehingga arus gangguan tidak merusak peralatan, ini berarti semakin baik sistem pembumian tersebut. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi sistem pembumian diantaranya seperti jenis tanah, besarnya kadar air, suhu tanah, kelembaban tanah, serta kandungan elektrolit yang ada dalam tanah (Janardana, 2005). Untuk daerah yang kelistrikannya lebih luas, nilai resistansi pembumian harus lebih rendah dari 1 ohm. Untuk jaringan distribusi yang lebih kecil sering digunakan pembumian dengan nilai tahanan antara 1 sampai 5 ohm atau lebih rendah lagi, tergantung kondisi lokasi sekitar. Selain itu, elektroda pembumian perlu menyediakan nilai resistansi yang permanen, yang artinya hal tersebut bisa menahan korosi, tahan terhadap gelombang elektrik, dan penggunaan dalam waktu yang lama.

Lokasi dimana resistivitas tanah cukup tinggi, dengan kondisi tanah yang berbatu dan padas itu bisa menjadi tidak mungkin untuk melakukan suatu perbaikan penurunan impedansi dari sistem pembumian dengan pembumian batang vertikal, karena faktor-faktor yang mempengaruhi tahanan jenis tanah yaitu: jenis tanah, komposisi kimia yang terkandung di dalam tanah, konsentrasi kimia garam yang terkandung di dalam tanah,

kadar air yang terkandung dalam tanah, temperatur tanah, ukuran butiran material dan distribusinya. Maka solusi yang mungkin dilakukan untuk memperkecil resistivitas tanah di suatu lokasi adalah dengan memberikan perlakuan khusus untuk memperbaiki nilai resistansi pembumian. Perlakuan khusus tersebut bisa dikategorikan baik sebagai penambahan elektroda, atau penambahan tanah di sekitar sebuah elektroda dengan memperlakukannya menggunakan bahan-bahan kimia atau material urukan penyerap [C.L. Hallmark, 2000].

Berdasarkan latar belakang diatas, dalam penelitian ini akan dilakukan analisa penggunaan semen konduktif pada elektroda jenis batang untuk mendapatkan nilai resistansi pembumian yang lebih kecil, selain itu penambahan semen konduktif dapat juga melindungi elektroda batang dari korosi pada sistem pembumian.

Semen Konduktif

Semen konduktif adalah bahan yang digunakan untuk meningkatkan konduktivitas tanah disekitar elektroda batang pada sebuah sistem pembumian. Pada umumnya semen konduktif diterapkan pada tanah yang memiliki resistansi tinggi seperti tanah yang berbatu dan berpasir, tanah kering, pegunungan, dan tanah beku dengan tujuan untuk menurunkan resistansi agar dapat digunakan dalam sistem pembumian. Sistem pembumian yang baik memiliki resistansi yang cukup rendah yaitu $\leq 5 \Omega$ agar dapat mengalirkan listrik dengan baik ke dalam tanah. Contoh penerapan semen konduktif dapat dilihat dalam Tabel 1 (Purba, 2019).

Tabel 1. Penerapan Semen Konduktif

No	Lokasi	Tanpa Semen Konduktif	Menggunakan Semen konduktif
1	NR 11 Trafo 401	33,6 Ohm	14,42 Ohm
2	NR 11 Trafo 301	53,6 Ohm	14,26 Ohm
3	NR 11 Trafo 201	26 Ohm	5,08 Ohm

Semen konduktif menyediakan penambahan elektroda. Keunggulan dari semen konduktif adalah tidak menyusut, mengering, ataupun mengubah resistivitas dengan mengubah unsur kelembaban tanah. Semen konduktif terbuat dari karbon dan semen portland bertahan baik ketika dipendam. Semen yang menggunakan material lain, seperti bentonit, kemungkinan akan retak dan dengan demikian membuka batang yang telah terbungkus atau terjadinya korosi terhadap kabel [Hallmark, 2000].

Jenis Tanah

Jenis tanah sangat menentukan resistivitas tanah tersebut. Terkait dengan pembumian tanah dibagi dalam beberapa jenis. Tanah liat dapat terdiri dari beberapa jenis. Karena alasan ini sungguh mustahil untuk menyatakan bahwa tanah liat, atau tanah lain sebetulnya mempunyai suatu resistivitas yang sangat tinggi. Lagipula jenis tanah yang sama terdapat dalam berbagai tempat berbeda dari tempat lain. Tanah dengan jenis yang berbeda memiliki nilai resistansi tanah yang berbeda pula. Jenis tanah berbatu karang memiliki resistansi yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis tanah lainnya. Besarnya resistansi dari masing – masing jenis tanah dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Resistivitas Beberapa Jenis Tanah

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
Batu karang	20.000 – 1.000.000

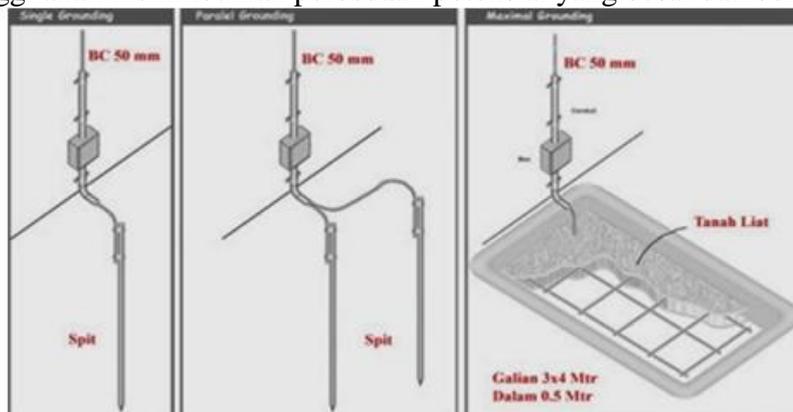
Sumber: G.F. Tagg, 1964: 4

Nilai resistivitas dalam Tabel 2. adalah suatu perkiraan untuk resistivitas yang diharapkan. Sejumlah peneliti dari waktu ke waktu mengukur resistivitas berbagai jenis tanah baik melalui pengambilan contoh dan mengukurnya dalam piranti khusus maupun dengan pengukuran yang tak terpengaruh massa tanah. Keduanya bukan pengukuran gampang tetapi lebih memungkinkan untuk memberi hasil akurat. Sangat sulit untuk memastikan bahwa contoh yang diambil dari tanah dalam kondisi yang sama ketika diukur sebagaimana ia ditempatkan [G. F. Tagg, 1964].

Sistem Penumian

Sistem penumian adalah faktor penting untuk pengamanan sistem tenaga listrik saat terjadinya gangguan arus atau tegangan lebih. Sistem penumian dirancang untuk tindakan pengamanan terhadap gangguan yang terjadi pada jaringan listrik dan peralatan . Saat terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik, dengan adanya sistem penumian arus gangguan akan dialirkan ke dalam tanah atau dibumikan dan disebarakan ke segala arah. Sistem penumian merupakan sistem hubungan penghantar yang menghubungkan badan peralatan dan instalasi listrik dengan bumi sehingga dapat mengamankan manusia, peralatan atau instalasi listrik dari bahaya sengatan listrik ataupun arus dan tegangan lebih. Fungsi penumian yaitu untuk mengalirkan arus gangguan ke dalam tanah melalui suatu elektroda penumian yang ditanam dalam tanah bila terjadi gangguan, untuk itu nilai resistansi dari sistem penumian harus sesuai dengan syarat yang ditetapkan. Semakin kecil nilai resistansi penumian semakin bagus, tetapi nilai resistansi penumian dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: jenis tanah, kadar air dalam tanah, temperatur tanah, kelembaban tanah, kandungan elektrolit tanah dan lain-lainnya. Tujuan pemasangan sistem penumian yaitu (Hutauruk, 1997) :

- Membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dialiri arus dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman untuk semua kondisi operasi, baik kondisi normal ataupun saat terjadi gangguan
- Memperoleh impedansi yang rendah serta sebagai jalan balik arus hubung singkat ketanah. Bila arus hubung singkat dipaksa mengalir melalui tanah dengan tahanan yang tinggi akan menimbulkan perbedaan potensial yang besar dan berbahaya.



Gambar 1. Sistem Penumian

Agar sistem penumian dapat bekerja efektif, maka harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut [Pabla, 1989: 214] :

- Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengamanan personil maupun peralatan.
- Dapat menyebarkan arus gangguan secara berulang akibat surja hubung (*surge currents*).

- Menggunakan elektroda yang tahan korosi terhadap pengaruh kimia tanah sehingga menjamin kontinuitas pengamanan sepanjang umur objek yang diamankan.
- Menggunakan bahan yang tahan terhadap pengaruh mekanis

Jenis Elektroda Pembumian

Jenis - jenis elektroda pembumian dan penggunaannya [T. S. Hutauruk, 1987]:

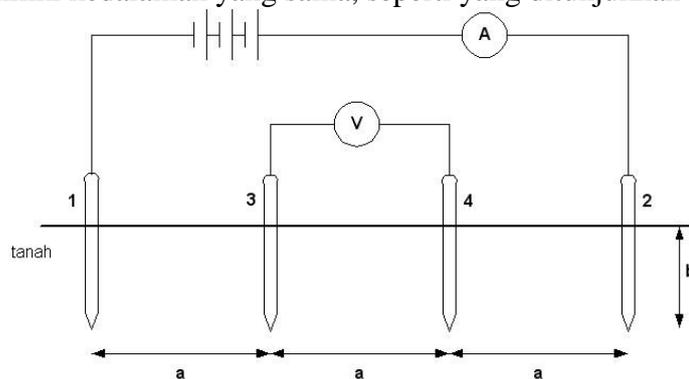
- Pembumian batang vertikal (*grounding rod*)
Grounding rod adalah pembumian yang dilakukan dengan cara menanam batang elektroda pembumian tegak lurus dengan permukaan tanah.
- Pembumian kisi-kisi (*grounding grid*)
Grounding grid adalah pembumian yang dilakukan dengan cara menanam batang elektroda pembumian sejajar dengan permukaan tanah dan elektroda pembumian tersebut dihubungkan satu dengan yang lain sehingga berbentuk mesh/jaring.

Kegunaan elektroda pembumian dalam sistem tenaga misalnya untuk:

- Pembumian peralatan
- Pembumian titik netral, dll.

Pengukuran Resistivitas Tanah

Resistivitas tanah dapat diketahui dengan menggunakan metode empat titik, yaitu menyusun empat buah elektroda batang pada satu garis dengan jarak yang sama antara elektroda batang yang satu dengan elektroda batang yang lainnya. Dengan syarat bahwa diameter dari elektroda batang yang dimasukkan ke tanah tidak boleh lebih dari 10 persen dari jarak antara elektroda, dan semua elektroda batang yang dimasukkan ke tanah harus memiliki kedalaman yang sama, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2



Gambar 2. Pengukuran resistivitas tanah dengan menggunakan metode empat titik

Mengacu pada Gambar 2 maka dapat dihitung nilai efektif dari resistivitas tanah, yang ditunjukkan pada Persamaan (1)

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

dengan

a = jarak antara elektroda batang yang dimasukkan ke tanah (cm)

b = kedalaman penanaman elektroda batang (cm)

= 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 apabila b=a, maka n= 1,187; b=2a, maka n= 1,038.

Dengan kasus yang sama apabila nilai a jauh lebih besar jika dibandingkan dengan b , maka nilai resistivitas tanah menjadi:

$$\rho = \frac{2\pi aU}{I}$$

Dan apabila nilai b jauh lebih besar jika dibandingkan dengan a , maka nilai resistivitas tanah menjadi:

$$\rho = \frac{4\pi aU}{I}$$

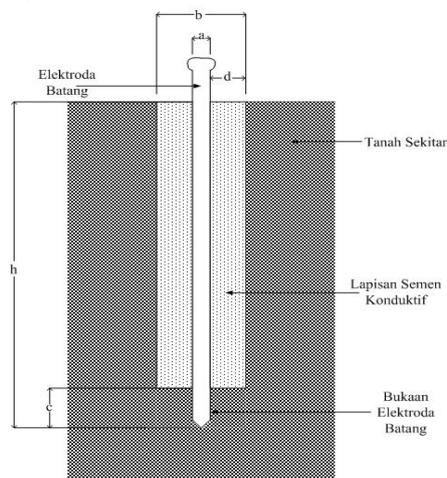
METODE

Variabel Penelitian

Variabel yang diamati adalah resistansi pembumian elektroda batang bersama semen konduktif dengan tiga variabel penentunya. Mengacu pada Gambar 2, variabel pertama adalah panjang bukaan ujung elektroda batang dari lapisan semen konduktif yang disimbolkan 'c' dengan panjang bukaan 10 cm, 5 cm, dan 0 cm. Variabel kedua ketebalan lapisan semen konduktif yang ditambahkan pada elektroda batang dengan simbol 'd' setebal 0,6 cm dan 1,5 cm. Variabel ketiga adalah kedalaman penanaman elektroda batang yang dilapisi semen konduktif dengan simbol 'h' yang dimulai dari kedalaman 60 cm, 80 cm, 100 cm, dan 120 cm.

Objek Uji

Obyek uji untuk mengamati pengaruh penggunaan semen konduktif adalah elektroda batang (rod) dengan lapisan semen konduktif yang ditanam dalam tanah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peletakan obyek uji.

Keterangan:

a = diameter elektroda batang 1,5 cm.

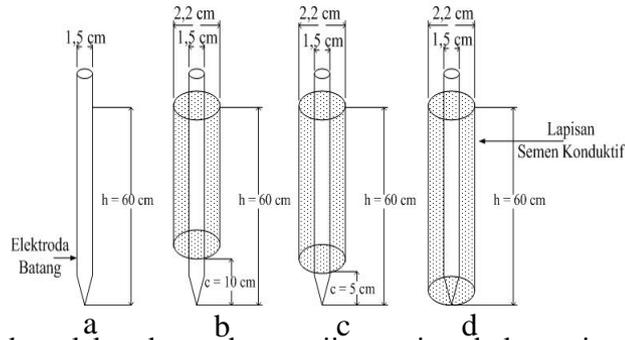
b = diameter obyek uji (cm).

c = bukaan ujung elektroda batang dari lapisan semen konduktif (cm).

d = ketebalan lapisan semen konduktif (cm)

h = tinggi obyek uji yang akan ditanam ke tanah (cm).

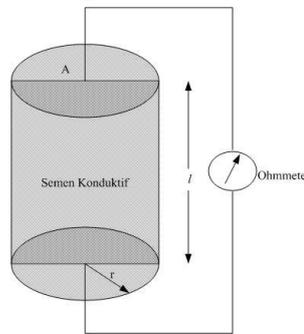
Pada Gambar 3. ditunjukkan konfigurasi dari lapisan semen konduktif pada elektroda batang yang digunakan untuk pengujian panjang bukaan elektroda batang dengan lapisan semen konduktif.



Gambar 3. Peletakan elektroda untuk pengujian panjang bukaan ujung elektroda dengan lapisan semen konduktif

Pengukuran Resistivitas Semen Konduktif

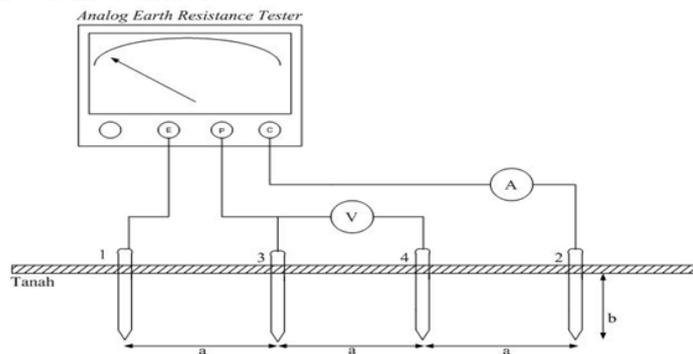
Semen konduktif yang akan digunakan sebagai media untuk memperkecil nilai resistansi pembumian dimasukkan kedalam pipa PVC tersebut dengan diberi penutup PCB pada setiap ujung pipa dan dipasang kawat tembaga untuk mempermudah pengukuran, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengukuran resistivitas semen konduktif.

Pengukuran Resistivitas Tanah

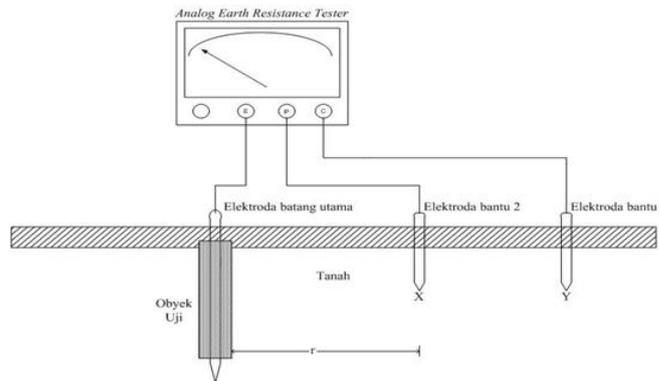
Rangkaian pengukuran resistivitas tanah dapat diketahui menggunakan empat buah elektroda batang yang dihubungkan dengan Analog Earth Resistance Tester, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5



Gambar 5. Pengukuran Resistivitas Tanah

Pengukuran Resistansi Pembumian dan Jari-jari Efektif Elektrik

Rangkaian pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda batang ditunjukkan pada Gambar 6. Satu elektroda sebagai elektroda utama dan elektroda lainnya sebagai elektroda bantu. Dari rangkaian tersebut, arus mengalir dari sumber tegangan yang berasal dari Analog Earth Resistance Tester ke elektroda utama, kemudian melalui tanah dan menuju ke elektroda bantu.



Gambar 6. Pengukuran Resistansi Pembumian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Resistivitas Tanah

Pengukuran nilai resistivitas tanah menggunakan metode Wenner, yaitu metode pengukuran resistivitas tanah dengan menyusun empat buah elektroda batang pada satu garis dengan jarak yang sama antara elektroda batang yang satu dengan elektroda batang yang lainnya. Rangkaian pengukuran dengan menggunakan empat buah elektroda batang yang akan digunakan dapat dilihat pada Gambar 5. Dan hasil pengukuran tegangan dan arus masing-masing akan terbaca pada alat ukur Voltmeter dan Ampermeter, setelah didapatkan besar tegangan dan arus yang terukur maka selanjutnya menghitung besar resistivitas tanah . Hasil Pengukuran Resistivitas Tanah dilihat dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Hasil pengukuran resistivitas tanah saat sebelum terjadi hujan

a (cm)	b (cm)	U (volt)	I (ampere)	ρ (ohm – cm)
500	10	0,065	0,142	2866,1
	20	0,060	0,133	2824,6
	30	0,055	0,124	2777,2
	40	0,048	0,110	2732,2
	50	0,044	0,102	2700,9
	60	0,041	0,097	2646,5

Tabel 4. Hasil pengukuran resistivitas tanah saat setelah terjadi hujan

a (cm)	b (cm)	U (volt)	I (ampere)	ρ (ohm – cm)
500	10	0,035	0,092	2382,0
	20	0,033	0,091	2270,6
	30	0,031	0,089	2180,9
	40	0,029	0,085	2136,2
	50	0,028	0,083	2112,2
	60	0,027	0,081	2087,1

Keterangan :

- a (jarak antara elektroda batang yang dimasukkan ke tanah)
- b (kedalaman penanaman elektroda batang)
- U (tegangan yang terukur pada Voltmeter)
- I (arus yang terukur pada Ampermeter)

Berdasarkan data pengukuran yang didapatkan dalam Tabel 3 dan 4 menunjukkan bahwa resistivitas tanah untuk kondisi sebelum hujan dan sesudah hujan mengalami penurunan nilai, hal ini diakibatkan kadar air tanah yang meningkat. Selain itu juga

kedalaman penanaman elektroda batang memiliki hubungan yang linier, semakin dalam penanaman elektroda batang nilai resistivitas tanah cenderung semakin rendah.

Pengukuran Resistansi Pembedaan

Pada penelitian pengukuran nilai resistansi pembedaan untuk mengetahui pengaruh panjang bukaan ujung elektroda batang terhadap lapisan semen konduktif menggunakan metode 3 titik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Pengukuran dilakukan untuk beberapa perubahan variabel panjang bukaan yaitu 0cm, 5cm dan 10 cm. Dari pengukuran akan didapatkan bagaimana pengaruh panjang bukaan ujung elektroda terhadap nilai resistansi pembedaan.

Data dari hasil pengukuran ditunjukkan dalam beberapa tabel, Tabel 5 untuk nilai resistansi pembedaan tanpa lapisan semen konduktif, Tabel 6 untuk nilai resistansi pembedaan dengan panjang bukaan ujung elektroda batang 10 cm dari lapisan semen konduktif, Tabel 7 untuk nilai resistansi pembedaan dengan panjang bukaan ujung elektroda batang 5 cm dari lapisan semen konduktif, dan Tabel 8 untuk nilai resistansi pembedaan dengan panjang bukaan 0 cm dari lapisan semen konduktif. Kedalaman yang dipakai dalam pengukuran ini adalah 60 cm.

Tabel 5. Nilai resistansi pembedaan tanpa lapisan semen konduktif

Pengukuran ke-	Kedalaman (cm)	Re1 (ohm)	Re2 (ohm)
1	60	27	22
2		27	22
3		27	22
4		27	22
5		27	22
Rata-rata		27	22

Tabel 6. Nilai resistansi pembedaan dengan panjang bukaan ujung elektroda batang 10 cm dari lapisan semen konduktif

Pengukuran ke-	Kedalaman (cm)	Re1 (ohm)	Re2 (ohm)
1	60	19	19
2		19	19
3		19	19
4		19	19
5		19	19
Rata-rata		19	19

Tabel 7. Nilai resistansi pembedaan dengan panjang bukaan ujung elektroda batang 5 cm dari lapisan semen konduktif

Pengukuran ke-	Kedalaman (cm)	Re1 (ohm)	Re2 (ohm)
1	60	17	17
2		17	17
3		17	16
4		16	17
5		16	16
Rata-rata		16,6	16,6

Tabel 8. Nilai resistansi pembumian dengan panjang bukaan ujung elektroda batang 0 cm dari lapisan semen konduktif

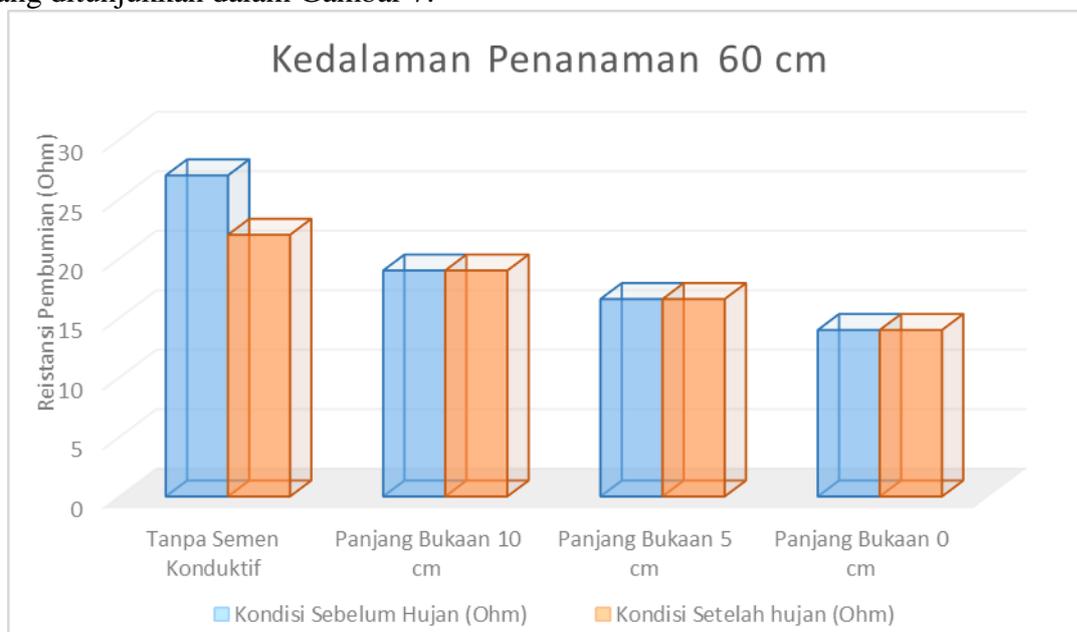
Pengukuran ke-	Kedalaman (cm)	Re ₁ (ohm)	Re ₂ (ohm)
1	60	14	14
2		14	14
3		14	14
4		14	14
5		14	14
Rata-rata		14	14

Keterangan:

Re₁ = resistansi pembumian saat sebelum hujan (ohm)

Re₂ = resistansi pembumian saat setelah hujan (ohm)

Berdasarkan data pengukutan uang didapat dalam Tabel Dari data Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7 maka dapat dibuat grafik fungsi resistansi pembumian terhadap kedalaman penanaman elektroda batang untuk beberapa konfigurasi penanaman seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan Kedalaman Elektroda terhadap Resistansi dengan Dua Kondisi

Berdasarkan data hasil pengukuran yang ditunjukkan dalam Gambar 7 nilai resistansi pembumian elektroda batang tanpa lapisan semen konduktif dengan elektroda batang yang dilapisi semen konduktif, menghasilkan nilai resistansi yang berbeda. Nilai resistansi pembumian elektroda batang dengan lapisan semen konduktif menghasilkan nilai resistansi pembumian yang lebih kecil daripada elektroda batang tanpa lapisan semen konduktif. Elektroda batang yang dilapisi oleh semen konduktif menghasilkan nilai resistansi yang lebih rendah dibandingkan dengan elektroda batang yang tidak dilapisi oleh semen konduktif. Nilai resistansi pembumian pada elektroda batang tanpa lapisan semen konduktif mengalami perubahan ketika dilakukan pengukuran sebelum hujan dan setelah hujan. Pada saat dilakukan pengukuran sebelum terjadi hujan didapatkan nilai resistansi rata – rata sebesar 27 Ohm dari lima kali pengambilan data pengukuran. Setelah terjadinya hujan, nilai resistansi pembumian pada elektroda batang

tanpa lapisan semen konduktif cenderung mengalami perubahan. Resistansi pembumian mengalami penurunan sebesar 5 Ohm dari lima kali pengambilan data pengukuran.

Hasil yang berbeda terjadi pada saat melakukan pengukuran pada elektroda batang yang dilapisi semen konduktif. berdasarkan data hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar 7 nilai resistansi pembumian rata-rata untuk elektroda batang yang dilapisi semen konduktif cenderung memiliki nilai resistansi pembumian yang tetap atau tidak terpengaruh dengan kondisi tanah walaupun terjadi hujan. Perbedaan hasil pengukuran antar dua elektroda yang dilapisi dan tidak dilapisi semen konduktif memperlihatkan bahwa elektroda yang sudah dilapisi semenkonduktif memiliki keunggulan yaitu resistansi pembumian cenderung tetap walaupun adanya perubahan cuaca. Berbeda dengan elektroda batang tanpa lapisan semen konduktif yang menghasilkan nilai resistansi pembumian cenderung berubah-ubah yang terpengaruh dengan perubahan cuaca.

Pengaruh panjang bukaan ujung elektroda terhadap lapisan semen konduktif seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 7, memperlihatkan bahwa besarnya resistansi pembumian dipengaruhi oleh panjang bukaan pada elektroda batang yang digunakan. Semakin kecil panjang bukaan maka nilai resistansi pembumian yang dihasilkan akan semakin kecil pula. Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa nilai resistansi pembumian elektroda batang dengan panjang bukaan 10 cm dari lapisan semen konduktif menghasilkan nilai resistansi pembumian yang lebih besar jika dibandingkan dengan nilai resistansi elektroda batang dengan panjang bukaan ujungnya 5 cm dari lapisan semen konduktif. Sedangkan untuk elektroda batang dengan panjang bukaan ujung elektroda 0 cm menghasilkan nilai resistansi pembumian yang lebih kecil daripada pada elektroda batang dengan panjang bukaannya 10 cm dan 5 cm terhadap lapisan semen konduktif. Sehingga dalam penerapannya pemilihan elektroda batang dengan lapisan semen konduktif panjang bukaan 0 cm dapat dijadikan pilihan terbaik dalam sistem pembumian dan memiliki keunggulan tahan terhadap korosif.

KESIMPULAN

Semakin pendek panjang bukaan ujung elektroda batang dengan lapisan semen konduktif menghasilkan nilai resistansi pembumian yang semakin kecil. Elektroda batang dengan panjang bukaan 0 cm dari lapisan semen konduktif menghasilkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil, yaitu 14 ohm (kedalaman penanaman 60 cm dengan tebal lapisan semen konduktif 0,35 cm) dibandingkan dengan panjang bukaan ujung elektroda batang 10 cm, yaitu 19 ohm dan Panjang bukaan 5 cm yaitu 16,6 Ohm. Selain itu, dengan seluruh bagian elektroda dilapisi semen konduktif dapat memberikan perlindungan dari korosivitas.

Resistansi pembumian rata-rata untuk elektroda batang yang dilapisi semen konduktif cenderung memiliki nilai resistansi pembumian tetap yang tidak terpengaruh dengan perubahan kondisi tanah sebelum maupun sesudah hujan. Hal tersebut berbeda dengan elektroda yang tidak dilapisi semen konduktif. Pada pengukuran pertama saat kondisi sebelum terjadi hujan, nilai resistansi pembumian rata-rata sebesar 27 ohm. Pada pengukuran kedua setelah terjadi hujan, nilai resistansi pembumian rata-rata mengalami penurunan sebesar 5 ohm.

DAFTAR PUSTAKA

Hallmark, Clayton L. (2000). *The Use of Conductive Cement to Extend and Protect Made Ground Elektrodes*. USA: Earthlink-101.

-
- Hutauruk, T.S. (1991). *Pembumian Netral Sistem Tenaga dan Pembumian Peralatan*. Jakarta: Erlangga.
- Janardana, I G N. (2005). *Pengaruh Umur Pada Beberapa Volume Zat Aditif Bentonit Terhadap Nilai Tahanan Pentanahan*. Jurnal Teknologi Elektro Vol. 4 No. 2 Juli–Desember 2005.
- Pabla, A.S. 1989. *Electric Power Distribution Systems*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Purba, Miduk, A. Purba. (2019). *Metode Penurunan Nilai Tahanan Pembumian dengan Menggunakan Semen Konduktif*. JUI TECH, Vol.03, No.1. e-ISSN :2597-7261.
- Setyawan, Kadek RA, I Gusti NJ, Ngakan Putu SU. (2018). *Analisis Sistem Pembumian untuk Mengamankan Instalasi Listrik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana Jimbaran Bali*. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, vol. 17, no. 2, Mei - Agustus 2018.
- Tagg, G.F. (1964). *Earth Resistance*. London: The Whitefriars Press Ltd.