



P3M

pusat penelitian dan pengabdian kepada masyarakat

Terdepan, Profesional dan Berdaya Saing Internasional

Politeknik Negeri Bali

Kampus Politeknik Negeri Bali
Bukit Jimbaran Kuta Selatan Badung Bali
Telp 0361.701981
Fax 0361.701128
Email p3m@pnb.ac.id
Web www.pnb.ac.id

SURAT KETERANGAN

NO.: 12.473/PL8.P3M/TU/2015

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Dr.Ir. Lilik Sudiajeng, M.Erg.
Jabatan : Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Politeknik Negeri Bali.

Menerangkan bahwa artikel berikut :

Judul : PENGARUH LOKASI ELEKTRODA BANTU PADA PENGUKURAN RESISTANSI
PEMBUMIHAN DENGAN METODA FALL OF POTENTIAL
Penulis : I Ketut Suryawan¹
Kadek Amerta Yasa²
Instansi : Politeknik Negeri Bali

Memang benar artikel tersebut diterbitkan pada Jurnal Matriks Volume 5 No.3 bulan
Nopember 2015, ISSN : 2088-284X

Demikianlah surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bukit Jimbaran, 17 Desember 2015

Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat

Politeknik Negeri Bali

Kepala



Dr.Ir. Lilik Sudiajeng, M.Erg.

NIP. 195808161987122001

PENGARUH LOKASI ELEKTRODA BANTU PADA PENGUKURAN RESISTANSI PEMBUMIAN DENGAN METODA FALL OF POTENTIAL

I Ketut Suryawan¹ dan Kadek Amerta Yasa²

Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Bali
Bukit Jimbaran, P.O. Box 1064 Tuban Badung-Bali
Phone : +62361701981, Fax : +62361701128

¹Email : suryawanpnb@yahoo.co.id

²Email : amerta.yasa@gmail.com

Abstrak : Untuk mengetahui efektifitas elektroda pembumian diperlukan pengukuran resistansi pembumian dari elektroda tersebut. Metode yang sangat mendasar dan umum digunakan untuk mengukur resistansi pembumian adalah metode *fall of potential*. Dengan metode ini diperlukan elektroda bantu yaitu elektroda arus dan elektroda tegangan. Penelitian ini dimaksudkan sebagai studi pendahuluan untuk mendapatkan prosedur pengukuran praktis. Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik hasil ukur resistansi pembumian dengan lokasi elektroda bantu yang berbeda. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran resistansi pembumian dari batang elektroda tunggal dengan variasi kedalaman tanam elektroda pembumian, lokasi (jarak dan arah lintasan) penanaman elektroda arus, dan jarak dari elektroda tegangan. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan hasil ukur pada lokasi elektroda bantu yang berbeda. Pada elektroda pembumian yang semakin dalam/panjang, perbedaan nilai resistansi terbaik akan semakin kecil.

Abstract: To determine the effectiveness of the grounding electrode is required earthing resistance measurement of the electrode. The method is very basic and commonly used to measure the earthing resistance is the fall of potential method. With this method required auxiliary electrode that is the current electrode and voltage electrode. This study is intended as a preliminary study to obtain practical measurement procedure. This study aims to investigate the characteristics of earthing resistance measurement results with the help of different electrode locations. In this research, earthing resistance measurement from a single electrode driven rod with depth grounding electrode variations, the location (distance and direction of the track) current electrode, and the distance the voltage electrode. The results showing the differences of earthing resistance caused by the different of the auxiliary electrode locations. The deeper/longer grounding electrode, the difference of the best resistance value will be smaller.

I. PENDAHULUAN

Sistem pembumian (*grounding*) mempunyai peranan yang sangat penting dalam sistem proteksi tenaga listrik untuk melindungi personil dan peralatan. Komponen utama sistem pembumian adalah elektroda pembumian. Elektroda pembumian adalah konduktor yang ditanam dalam bumi yang digunakan untuk mendesipasikan arus gangguan ke bumi dan menjaga badan peralatan yang tersambung ke konduktor tersebut agar berada pada potensial tanah. Elektroda pembumian diharapkan memiliki resistansi serendah mungkin. Untuk mengetahui efektifitas elektroda pembumian diperlukan pengukuran resistansi pembumian dari elektroda tersebut.

Metode yang sangat mendasar dan umum digunakan untuk mengukur resistansi pembumian adalah metode *fall of potential* [1]. Metode ini memberikan hasil yang optimal [2]. Metode ini dikenal pula sebagai pengukuran resistansi pembumian dengan tiga terminal. Pengukuran resistansi dari sebuah elektroda pembumian dengan metode ini menggunakan 2 elektroda bantu, yaitu elektroda arus dan elektroda tegangan.

Panduan praktis (*practical guide*) tentang penggunaan metode *fall of potensial* untuk mengukur

resistansi pembumian telah banyak dipaparkan oleh para pakar/praktisi. Pada [1-4] bahwa untuk mendapatkan hasil pengukuran terbaik, elektroda arus harus ditanam pada jarak yang relatif jauh sehingga daerah pengaruh listrik dari elektroda pembumian yang diukur tidak tumpang tindih dengan daerah pengaruh listrik dari elektroda arus dan elektroda tegangan harus ditanam di luar daerah pengaruh listrik dari elektroda pembumian yang diukur. Belum adanya panduan untuk menentukan batas daerah pengaruh listrik dari elektrode tersebut, akan menimbulkan keraguan (kurang yakin) terhadap hasil ukur resistansi pembumian. Mengingat pengukuran resistansi pembumian merupakan pengukuran volumetrik yang sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah lokal, perlukah dilakukan pengukuran dengan lokasi (jarak dan arah lintasan) elektroda bantu yang berbeda-beda. Ketika dilakukan pengukuran dengan lokasi elektroda bantu yang berbeda-beda, apakah hasil ukur menunjukkan nilai resistansi yang sama. Muhammad pada [5] menggunakan metoda *fall of potential* untuk mengukur resistansi pembumian untuk mendapatkan kedalaman efektif dan jarak efektif elektroda tambahan tanpa menyebutkan lokasi elektroda bantu saat pengukuran dilakukan.

Sedangkan Sylvia pada [6] menggunakan metode *fall of potential* modifikasi untuk mengukur impedansi pembumian tanpa menyebutkan jarak atau lokasi elektroda bantu terhadap elektroda yang diukur.

Penelitian ini merupakan studi pendahuluan untuk mengeksplorasi karakteristik hasil ukur resistansi pembumian dengan metoda *fall of potential*. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh lokasi elektroda bantu terhadap hasil ukur resistansi pembumian. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan untuk menghasilkan panduan praktis dan memberikan hasil pengukuran terbaik. Penelitian ini dibatasi hanya pada sistem pembumian dengan elektroda batang tunggal.

II. METODE PENELITIAN

II.1. Resistansi Elektroda Pembumian

Resistansi terhadap arus yang melalui elektroda pembumian memiliki tiga komponen yaitu resistansi elektroda itu sendiri dan sambungannya, resistansi kontak antara elektroda dan tanah di sekelilingnya, dan resistansi tanah sekitarnya. Resistansi dari bahan elektroda dan sambungannya sengaja dibuat kecil sehingga kontribusinya terhadap total resistansi sistem pembumian dapat diabaikan. Dengan luas penampang yang cukup, umumnya resistansi elektroda dapat diabaikan terhadap resistansi total. Jika elektroda bebas dari cat atau minyak, dan tanah ada dalam keadaan padat, resistansi kontak antara elektroda dan tanah di sekelilingnya dapat diabaikan. Umumnya resistansi dari tanah sekitar menjadi yang terbesar dari tiga komponen itu. Ketiga komponen ini ditunjukkan pada gambar 1.

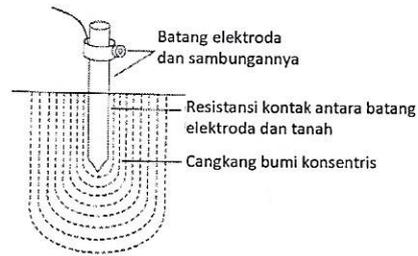
Sebuah elektroda yang ditanam dalam bumi memancarkan arus ke segala arah secara seragam. Elektroda ini seperti dikelilingi oleh cangkang bumi (*earth shell*), yang memiliki ketebalan sama. Cangkang bumi terdekat dengan elektroda secara alami memiliki luas permukaan terkecil dan sehingga memiliki resistansi terbesar. Cangkang bumi berikutnya permukaannya agak lebih luas dan memberikan resistansi lebih kecil. Akhirnya, lapisan cangkang bumi akan mencapai jarak di mana lapisan berikutnya tidak menambahkan resistansi bumi yang mengelilingi elektroda secara signifikan. Ini adalah volume kritis tanah yang menentukan efektivitas elektroda pembumian. Volume kritis ini dipengaruhi oleh resistivitas tanah yang ditentukan oleh tanah lokal dan kondisi geologis. Menurut [7] semakin kedalam perubahan resistivitas tanah cenderung menurun dan resistivitas tanah cenderung mengecil.

Resistansi dari elektroda pembumian seharusnya diukur pada jarak diluar volume kritis ini, yang merupakan bumi diluar pengaruh listrik dari elektroda.

II.2. Metode Fall OF Potential

Pengukuran resistansi bumi dari sebuah elektroda pembumian dengan metode Fall of Potential dilakukan dengan menggunakan 2 elektroda

bantu, yaitu elektroda arus dan elektroda tegangan seperti ditunjukkan pada gambar 2(a).



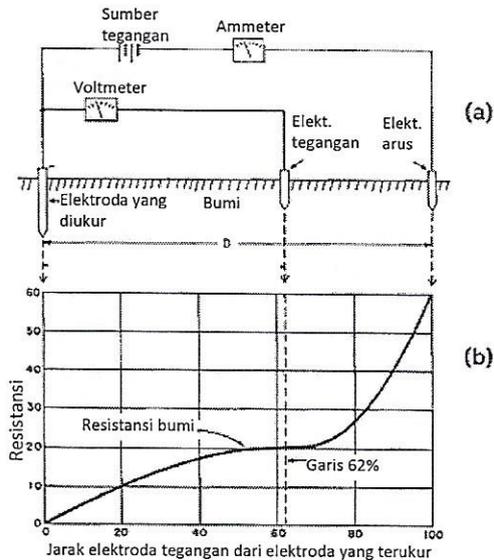
Gambar 1. Komponen resistansi pada sebuah elektroda pembumian [4]

Resistansi pembumian diukur menggunakan *earth tester*. *Earth tester* menghasilkan sinyal arus bolak-balik yang dimasukkan ke dalam sistem elektroda yang diukur. Instrumen ini mengukur arus yang mengalir melalui elektroda yang diukur dan elektroda arus, serta tegangan yang dihasilkan antara elektroda yang diukur dan elektroda tegangan, kemudian menghitung dan menampilkan resistansi pembumian dari sistem elektroda yang diukur.

Elektroda arus ditanam secara praktis jauh dari elektroda pembumian, jarak ini mungkin dibatasi oleh geografi lingkungan. Kemudian elektroda tegangan ditanam di sejumlah titik sekitar garis lurus antara elektroda yang diukur dan elektroda arus. Gambar 2(b) menunjukkan kurva resistansi hasil pengukuran terhadap jarak elektroda tegangan dari elektroda yang diukur. Bagian mendatar dari kurva ini menunjukkan bahwa tidak ada penambahan resistansi yang signifikan dan ini merupakan nilai resistansi pembumian. Jika elektroda tegangan berada diluar volume kritis dari elektroda yang diukur maka hasil pengukuran pada jarak 61,8% (dibulatkan 62%) dari jarak antara elektroda yang diukur dan elektroda arus, serta hasil pengukuran dengan menggeser elektroda tegangan mendekati atau menjauhi elektroda yang diukur akan menghasilkan variasi yang sangat kecil. Nilai ini merupakan nilai resistansi terbaik.

Pengukuran resistansi pembumian dengan metoda *fall of potential* secara praktis ada 3 jenis [4], yaitu :

- 1) *full fall of potential* - sejumlah pengukuran dilakukan pada jarak elektroda tegangan yang berbeda dan kurva resistansi diplot seperti gambar 2(b).
- 2) *simplified fall of potential* - pengukuran dilakukan pada 3 jarak elektroda tegangan yang ditentukan dan perhitungan matematika digunakan untuk menentukan resistansi bumi.
- 3) *61,8% Rule* - pengukuran tunggal dibuat dengan elektroda tegangan pada jarak 61,8% (62%) dari jarak antara elektroda yang diukur dan elektroda arus.



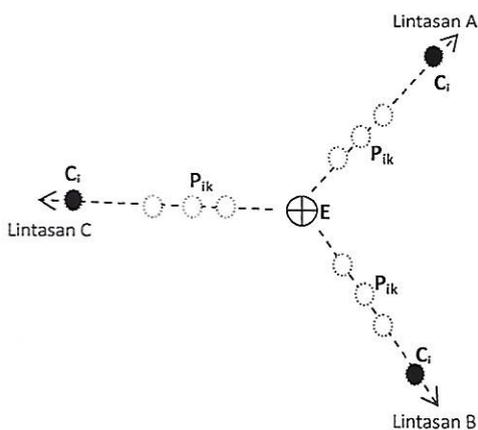
Gambar 2. Prinsip pengukuran resistansi bumi [4]

II.3. Rancangan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh lokasi elektroda bantu terhadap hasil ukur resistansi pembumian telah dilakukan pengukuran langsung resistansi pembumian dengan variasi pada kedalaman tanam elektroda pembumian, lokasi (jarak dan arah lintasan) penanaman elektroda arus dari elektroda pembumian yang diukur, dan jarak dari elektroda tegangan.

Pengukuran dilakukan di Desa Margarana dengan jenis tanah berupa tanah pertanian dalam keadaan kering.

Variasi kedalaman tanam elektroda pembumian diatur 50, 75, 100, dan 125 cm. Sedangkan variasi lokasi penanaman elektroda bantu diatur seperti pada gambar 3. Arah lintasan A, B, dan C ditentukan bebas. Jarak elektroda arus dari elektroda pembumian $E-C_1 = 10$ m, dan $E-C_2 = 20$ m.



Gambar 3. Lintasan elektroda bantu

Agar dapat membandingkan hasil pengukuran dari ketiga jenis penerapan praktis dari

metoda *fall of potential* di atas, elektroda tegangan P_{ik} ditanam sepanjang lintasan pada setiap selang jarak 1 m, pada jarak 61,8% dari $E-C_1$; (66,8% dari $E-C_1$) - 0,5m dan (66,8% dari $E-C_1$) + 0,5m.

Elektroda pembumian yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dari besi yang diberi lapisan tembaga dengan panjang nominal 1,5 m, diameter nominal 12,7 mm, tebal lapisan tembaga 250 mikron sesuai SPLN 102 [8].

Earth tester yang digunakan dalam penelitian ini adalah digital earth tester merek Krisbow tipe KW06-768.

Data hasil ukur resistansi pembumian diolah secara deskriptif untuk melihat kecenderungan hasil ukur karena variasi lokasi elektroda bantu.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

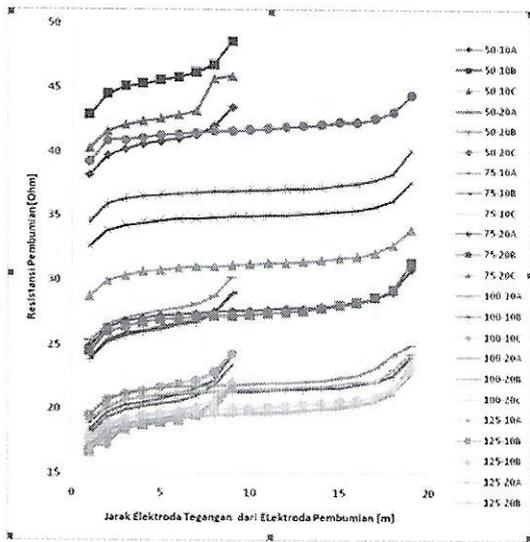
Hasil ukur resistansi pembumian dengan jarak elektroda arus 10 m dan 20 m dari elektroda pembumian yang diukur ditunjukkan pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil ukur resistansi pembumian dengan jarak elektroda arus $E-C_1 = 10$ m

Elektroda Pembumian [cm]	50			75			100			125			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
Lintasan	1	38.2	42.9	40.3	23.8	23.9	25.3	18	18.3	19.5	17.1	16.7	17.6
	2	39.7	44.5	41.6	25.2	25.4	26.5	19.3	19.7	20.7	17.2	17.9	18.6
	3	40.2	45.1	42.1	25.7	25.9	27	19.9	20.3	21.1	18.7	18.4	19.1
	4	40.6	45.3	42.4	26	26.1	27.3	20.2	20.5	21.4	19	18.7	19.4
	5	40.8	45.6	42.6	26.2	26.4	27.6	20.4	20.8	21.7	19.2	18.9	19.6
	6	41	45.8	42.8	26.5	26.6	27.8	20.6	21.1	22	19.6	19.1	19.5
	7	41.3	46.1	43.2	26.7	26.9	28.1	21	21.6	22.2	19.7	19.5	20.2
	8	42	46.8	43.7	27.4	27.4	28.7	21.3	22.2	22.8	20.4	20	20.7
	9	43.5	48.6	45.9	28.3	29	30.2	23.1	24.2	24.3	21.8	21.6	22.3
	10	45.9	49.8	47.8	29.4	29.5	31.7	23.5	24	24.8	21.4	21.1	21.8
11	48.1	51.3	49.3	30.5	30.7	33.1	24.1	24.7	25.5	22.1	21.8	22.5	
12	50.3	52.8	50.8	31.6	31.8	34.4	24.7	25.3	26.2	22.4	22.1	22.8	
13	52.5	54.3	52.3	32.7	32.9	35.7	25.3	25.9	26.8	22.7	22.4	23.1	
14	54.7	55.8	53.8	33.8	34	37	25.9	26.5	27.4	23	22.7	23.4	
15	56.9	57.3	55.3	34.9	35.1	38.3	26.5	27.1	28	23.3	23	23.7	
16	59.1	58.8	56.8	36	36.2	39.6	27.1	27.7	28.6	23.6	23.3	24	
17	61.3	60.3	58.3	37.1	37.3	40.9	27.7	28.3	29.2	23.9	23.6	24.3	
18	63.5	61.8	59.8	38.2	38.4	42.2	28.3	28.9	30.1	24.2	23.9	24.6	
19	65.7	63.3	61.3	39.3	39.5	43.5	28.9	29.5	31.3	24.5	24.2	24.9	
20	67.9	64.8	62.8	40.4	40.6	44.8	29.5	30.1	32.6	24.8	24.5	25.2	
21	70.1	66.3	64.3	41.5	41.7	46.1	30.1	30.7	33.9	25.1	24.8	25.5	
22	72.3	67.8	65.8	42.6	42.8	47.4	30.7	31.3	35.2	25.4	25.1	26.2	
23	74.5	69.3	67.3	43.7	43.9	48.7	31.3	31.9	36.5	25.7	25.4	26.9	
24	76.7	70.8	68.8	44.8	45	50	31.9	32.5	37.8	26	25.7	27.6	
25	78.9	72.3	70.3	45.9	46.1	51.3	32.5	33.1	39.1	26.3	26	28.3	
26	81.1	73.8	71.8	47	47.2	52.6	33.1	33.7	40.4	26.6	26.3	29	
27	83.3	75.3	73.3	48.1	48.3	53.9	33.7	34.3	41.7	26.9	26.6	29.7	
28	85.5	76.8	74.8	49.2	49.4	55.2	34.3	34.9	43	27.2	26.9	30.4	
29	87.7	78.3	76.3	50.3	50.5	56.5	34.9	35.5	44.3	27.5	27.2	31.1	
30	89.9	79.8	77.8	51.4	51.6	57.8	35.5	36.1	45.6	27.8	27.5	31.8	
31	92.1	81.3	79.3	52.5	52.7	59.1	36.1	36.7	46.9	28.1	27.8	32.5	
32	94.3	82.8	80.8	53.6	53.8	60.4	36.7	37.3	48.2	28.4	28.1	33.2	
33	96.5	84.3	82.3	54.7	54.9	61.7	37.3	37.9	49.5	28.7	28.4	33.9	
34	98.7	85.8	83.8	55.8	56	63	37.9	38.5	50.8	29	28.7	34.6	
35	100.9	87.3	85.3	56.9	57.1	64.3	38.5	39.1	52.1	29.3	29	35.3	
36	103.1	88.8	86.8	58	58.2	65.6	39.1	39.7	53.4	29.6	29.3	36	
37	105.3	90.3	88.3	59.1	59.3	66.9	39.7	40.3	54.7	29.9	29.6	36.7	
38	107.5	91.8	89.8	60.2	60.4	68.2	40.3	40.9	56	30.2	29.9	37.4	
39	109.7	93.3	91.3	61.3	61.5	69.5	40.9	41.5	57.3	30.5	30.2	38.1	
40	111.9	94.8	92.8	62.4	62.6	70.8	41.5	42.1	58.6	30.8	30.5	38.8	
41	114.1	96.3	94.3	63.5	63.7	72.1	42.1	42.7	59.9	31.1	30.8	39.5	
42	116.3	97.8	95.8	64.6	64.8	73.4	42.7	43.3	61.2	31.4	31.1	40.2	
43	118.5	99.3	97.3	65.7	65.9	74.7	43.3	43.9	62.5	31.7	31.4	40.9	
44	120.7	100.8	98.8	66.8	67	76	43.9	44.5	63.8	32	31.7	41.6	
45	122.9	102.3	100.3	67.9	68.1	77.3	44.5	45.1	65.1	32.3	32	42.3	
46	125.1	103.8	101.8	69	69.2	78.6	45.1	45.7	66.4	32.6	32.3	43	
47	127.3	105.3	103.3	70.1	70.3	79.9	45.7	46.3	67.7	32.9	32.6	43.7	
48	129.5	106.8	104.8	71.2	71.4	81.2	46.3	46.9	69	33.2	32.9	44.4	
49	131.7	108.3	106.3	72.3	72.5	82.5	46.9	47.5	70.3	33.5	33.2	45.1	
50	133.9	109.8	107.8	73.4	73.6	83.8	47.5	48.1	71.6	33.8	33.5	45.8	
51	136.1	111.3	109.3	74.5	74.7	85.1	48.1	48.7	72.9	34.1	33.8	46.5	
52	138.3	112.8	110.8	75.6	75.8	86.4	48.7	49.3	74.2	34.4	34.1	47.2	
53	140.5	114.3	112.3	76.7	76.9	87.7	49.3	49.9	75.5	34.7	34.4	47.9	
54	142.7	115.8	113.8	77.8	78	89	49.9	50.5	76.8	35	34.7	48.6	
55	144.9	117.3	115.3	78.9	79.1	90.3	50.5	51.1	78.1	35.3	35	49.3	
56	147.1	118.8	116.8	80	80.2	91.6	51.1	51.7	79.4	35.6	35.3	50	
57	149.3	120.3	118.3	81.1	81.3	92.9	51.7	52.3	80.7	35.9	35.6	50.7	
58	151.5	121.8	119.8	82.2	82.4	94.2	52.3	52.9	82	36.2	35.9	51.4	
59	153.7	123.3	121.3	83.3	83.5	95.5	52.9	53.5	83.3	36.5	36.2	52.1	
60	155.9	124.8	122.8	84.4	84.6	96.8	53.5	54.1	84.6	36.8	36.5	52.8	
61	158.1	126.3	124.3	85.5	85.7	98.1	54.1	54.7	85.9	37.1	36.8	53.5	
62	160.3	127.8	125.8	86.6	86.8	99.4	54.7	55.3	87.2	37.4	37.1	54.2	
63	162.5	129.3	127.3	87.7	87.9	100.7	55.3	55.9	88.5	37.7	37.4	54.9	
64	164.7	130.8	128.8	88.8	89	102	55.9	56.5	89.8	38	37.7	55.6	
65	166.9	132.3	130.3	89.9	90.1	103.3	56.5	57.1	91.1	38.3	38	56.3	
66	169.1	133.8	131.8	91	91.3	104.6	57.1	57.7	92.4	38.6	38.3	57	
67	171.3	135.3	133.3	92.1	92.3	105.9	57.7	58.3	93.7	38.9	38.6	57.7	
68	173.5	136.8	134.8	93.2	93.4	107.2	58.3	58.9	95	39.2	38.9	58.4	
69	175.7	138.3	136.3	94.3	94.5	108.5	58.9	59.5	96.3	39.5	39.2	59.1	
70	177.9	139.8	137.8	95.4	95.6	109.8	59.5	60.1	97.6	39.8	39.5	59.8	
71	180.1	141.3	139.3	96.5	96.7	111.1	60.1	60.7	98.9	40.1	39.8	60.5	
72	182.3	142.8	140.8	97.6	97.8	112.4	60.7	61.3	100.2	40.4	40.1	61.2	
73	184.5	144.3	142.3	98.7	98.9	113.7	61.3	61.9	101.5	40.7	40.4	61.9	
74	186.7	145.8	143.8	99.8	100	115	61.9	62.5	102.8	41	40.7	62.6	
75	188.9	147.3	145.3	100.9	101.1	116.3	62.5	63.1	104.1	41.3	41	63.3	
76	191.1	148.8	146.8	102	102.2	117.6	63.1	63.7	105.4	41.6	41.3	64	
77	193.3	150.3	148.3	103.1	103.3	118.9	63.7	64.3	106.7	41.9	41.6	64.7	
78	195.5	151.8	149.8	104.2	104.4	120.2	64.3	64.9	108	42.2	41.9	65.4	
79	197.7	153.3	151.3	105.3	105.5	121.5	64.9	65.5	109.3	42.5	42.2	66.1	
80	199.9	154.8	152.8	106.4	106.6	122.8	65.5	66.1	110.6	42.8	42.5		

Pada tabel tersebut terlihat bahwa hasil ukur yang berbeda untuk kedalaman elektroda pembumian sama dengan lintasan pengukuran yang berbeda baik pengukuran dengan metode *full fall of potential*, *simplified fall of potential* (*), maupun *61,8% rule* (**).

Karakteristik hasil ukur resistansi pembumian dengan metode *full fall of potential* ditunjukkan pada grafik 1.



Grafik 1. Kurva hasil ukur dengan metode full fall of potential

Dari grafik 1 terlihat bahwa pengukuran dengan lintasan yang berbeda memberikan nilai resistansi yang semakin mendekati sama pada elektroda pembumian yang semakin dalam (panjang).

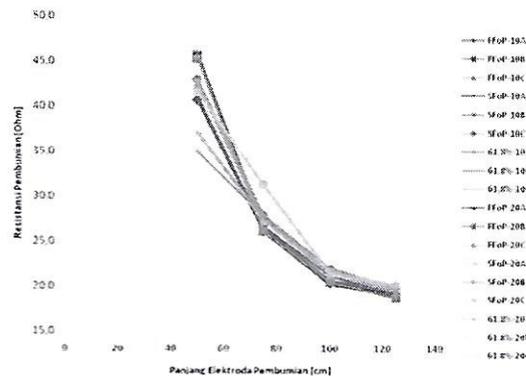
Dari tabel 1 dan 2 juga dapat dilihat ada beberapa nilai resistansi terbaik dengan metode *full fall of potential*, yaitu hasil ukur yang memiliki selisih terkecil antara hasil ukur pada jarak elektroda tegangan tertentu dengan hasil ukur pada jarak elektroda tegangan sebelumnya dan sesudahnya. Hasil ini ditunjukkan pada cell berwarna gelap. Pada grafik 1, nilai resistansi terbaik ini ditunjukkan pada bagian kurva yang mendekati datar. Untuk mendapatkan satu nilai resistansi terbaik dengan metode *full fall of potential*, telah dihitung rata-rata dari nilai-nilai pada cell berwarna gelap pada tabel 1 dan 2. Nilai rata-rata ini ditunjukkan pada tabel 3.

Nilai resistansi terbaik dengan metode *simplified fall of potential* ditentukan berdasarkan rata-rata dari ketiga hasil ukur dengan jarak elektroda tegangan tertentu (*) pada tabel 1 dan 2. Untuk perbandingan nilai resistansi terbaik dari ketiga metode di atas ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai resistansi terbaik untuk elektroda pembumian dengan kedalaman berbeda

No	Elektroda Pembumian [cm]	Lintasan	Nilai Resistansi Terbaik [Ohm]					
			Jarak E-C = 10 m			Jarak E-C = 20 m		
			Full Fall	Simplified Fall	61,8% Rule	Full Fall	Simplified Fall	61,8% Rule
1	50	A	40,8	41,1	41,1	40,4	39,7	39,0
		B	40,4	40,9	40,9	40,3	39,7	39,0
		C	40,5	40,9	40,9	40,6	41,6	41,6
2	75	A	26,0	26,5	26,5	26,0	27,5	27,7
		B	26,4	26,7	26,7	26,1	27,6	27,2
		C	27,7	27,9	27,9	27,9	31,3	31,2
3	100	A	20,4	20,7	20,7	20,2	21,6	21,4
		B	20,7	21,2	21,2	20,6	22,0	21,8
		C	22,0	22,0	22,0	21,4	21,4	21,4
4	125	A	19,2	19,4	19,4	19,0	19,8	19,4
		B	19,9	19,2	19,2	18,7	19,8	19,6
		C	19,5	19,9	19,9	19,6	20,2	20,0

Dari tabel 3 dapat dilihat adanya perbedaan nilai resistansi terbaik hasil ukur ketiga metode *fall of potential* di atas pada lintasan yang sama. Perbedaan nilai resistansi terbaik hasil ukur dengan jarak elektroda arus E-C₂=20 m lebih besar dari hasil ukur dengan jarak elektroda arus E-C₁=10 m. Perbedaan nilai resistansi terbaik hasil ukur dengan jarak elektroda arus E-C₂=20 m antara 0,2-5,7 ohm sedangkan dengan jarak elektroda arus E-C₁=10 m antara 0,2-0,4. Hal menunjukkan bahwa pengukuran dengan jarak elektroda arus yang lebih besar akan makin sensitif terhadap variasi tanah lintasan.



Grafik 2. Nilai resistansi terbaik untuk elektroda pembumian dengan kedalaman berbeda

Grafik 2 menunjukkan karakteristik nilai resistansi terbaik dari ketiga metode *fall of potential*. Pada grafik 2 dapat dilihat semakin dalam elektroda pembumian, perbedaan nilai resistansi terbaik dari ketiga metode tersebut semakin kecil.

IV. SIMPULAN

Pada sistem pembumian dengan batang elektroda tunggal, lokasi (jarak dan/atau arah lintasan) elektroda bantu yang berbeda akan memberikan hasil ukur resistansi pembumian yang berbeda. Pada jarak elektroda tegangan yang lebih besar, perbedaan nilai resistansi terbaik semakin besar. Semakin dalam (panjang) elektroda pembumian, perbedaan nilai

resistansi terbaik karena jarak elektroda arus yang berbeda maupun lintasan yang berbeda akan semakin kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jeff Jowett, "Measuring Ground Resistance-The Fall of Potential Method", 2002,
- [2] Elvis R. Sverko, "Ground Measuring Techniques : Electrode Resistance to Remote Earth & Soil Resistivity", 1999,
- [3] Whitham D. Reeve, "Principles and Practice of Earth Electrode Measurements", 2008,
- [4] _____, "Getting Down to Earth - A Practical Guide to Earth Resistance Testing", Megger, 2010,
- [5] Muhammad Taqiyuddin Alawiy, "Pengaruh Kedalaman Penanaman dan Jarak Elektroda Tambahan Terhadap Nilai Tahanan Pembedaan", Science Electro, Vol. 01, No. 01, Juli 2013, ISSN 2339-1715,
- [6] Sylvia Oktobella P, Bambang Anggoro, dan Waluyo, " Studi Karakteristik Nilai Impedansi Riil dan Imajiner Impedansi Pentanahan Konfigurasi Vertikal dengan Variasi Diameter dan Diinjeksi Arus Bolak-Balik Berfrekuensi 50 Hz-2 MHz", Reka Elkomika – Jurnal online Institut Teknologi Nasional, Vol. 3, No. 1, Januari 2015, ISSN 2337-439X, hal. 17-30.
- [7] Managam Rajagukguk, "Studi Pengaruh Jenis Tanah dan Kedalaman Pembedaan Driven Rod terhadap Resistansi Jenis Tanah", Vokasi, Vol. 8, No. 2, Juni 2012, ISSN 1693-9085, hal. 121-132.
- [8] _____, "SPLN 102 : Elektroda Bumi Jenis Batang Bulat Berlapis Tembaga", PT. PLN (Persero), 1993.