

RANCANG BANGUN SISTEM *GROUNDING* UNTUK PENGEMBANGAN LABORATORIUM FISIKA UNNES SEMARANG

Mosik, Supriyadi, Susilo

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

Abstrak. Hambatan tanah yang rendah sangat diperlukan untuk mengantisipasi arus balik sehingga dapat langsung di ketanahkan. Penelitian awal dilakukan dengan observasi lapangan untuk memetakan komposisi nilai hambat jenis (resistivitas) tanah di depan lab Fisika menggunakan peralatan geolistrik dengan konfigurasi Wenner. Dengan menggunakan software pengolah data Res2DINV diperoleh model sismilasi irisan nilai hambat jenis (resistivitas) tanah dalam variasi kedalaman. Hasil pengukuran geolistrik kemudian digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk penentuan penanaman elektrode batang tunggal sebagai bagian utama dari system pentanahan (*grounding*). Pengujian hambatan tanah dilakukan dengan cara mengebor tanah guna pengaturan kedalaman tanam elektrode batang tersebut setiap penambahan kedalaman 0,5 m. Pengukuran hambatan tanah menggunakan peralatan ukur *analog earth resistance tester*. Hasil yang diperoleh menunjukkan kecenderungan bahwa makin dalam penanaman elektroda batang tunggal nilai hambatan tanahnya makin kecil.

Kata kunci : hambatan tanah, kedalaman pentanahan, resistivitas

PENDAHULUAN

Perangkat Laboratorium Fisika UNNES (terdiri dari sub-sub lab. Instrumentasi-elektronik, komputasi, material, radiografi sinar-X dan lab pendukung lainnya), merupakan salah satu bagian dari sistem tenaga listrik yang mempunyai kemungkinan sangat besar mengalami bahaya yang disebabkan oleh timbulnya gangguan sehingga arus gangguan itu mengalir ke tanah sebagai akibat isolasi peralatan yang tidak berfungsi dengan baik.

Arus gangguan tersebut akan mengalir pada bagian bagian peralatan yang terbuat dari metal dan juga mengalir dalam tanah di sekitar peralatan listrik laboratorium tersebut. Arus gangguan ini menimbulkan gradien tegangan diantara peralatan dengan peralatan, peralatan dengan tanah dan juga gradien tegangan pada permukaan tanah itu sendiri. Besarnya gradien tegangan pada permukaan tanah tergantung pada hambatan jenis tanah atau sesuai dengan struktur tanah disekitar (Chow et al, 1994; Gonos et al, 1998). Salah satu usaha untuk memperkecil tegangan

permukaan tanah maka diperlukan suatu *grounding* yaitu dengan cara menambahkan elektroda *grounding* yang ditanam ke dalam tanah yang dikenal dengan sistem *grounding*.

Sistem *grounding* belum digunakan bila ada gangguan ke tanah pada sistem < 5 ampere, karena pada kondisi demikian busur api akan padam dengan sendirinya. Arus gangguan listrik terjadi semakin besar, seiring sistem tenaga listrik yang berkembang semakin besar. Hal ini sangat berbahaya bagi sistem, karena bisa menimbulkan tegangan lebih transien yang sangat tinggi (Rajagukguk, M., 2002). Oleh karena itu, perlu dirancah suatu sistem *grounding* yang membuat sistem tenaga tidak lagi mengambang, sehingga aman bagi pengguna perangkat lab maupun melindungi perangkat lab itu sendiri dari kerusakan yang sering terjadi.

METODE

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat, yaitu: untuk rancang bangun *sistem grounding* di ruang workshop lab Fisika Unnes, sedang pengukuran hambatan tanah dilakukan pada area tanah terdekat diluar gedung D9 di Laboratorium Fisika FMIPA UNNES Semarang. Pengambilan data tentang tegangan dan arus dalam pengukuran hambatan tanah menggunakan perangkat alat ukur *Earth Resistance Tester*, perangkat lunak pemodelan dibuat di sub lab Instrumentasi-Elektronik, sedang pengolahan data sistem menggunakan program pengolah data komputer di Lab Fisika Semarang.

Bahan penelitian yang digunakan untuk penelitian adalah: Sebidang tanah disekitar Lab Fisika FMIPA Unnes dimana sistem *grounding* dibangun. Elektroda batang. Elektroda yang digunakan pada pengukuran terbuat elektroda batang tunggal dari tembaga dengan diameter 1,5 cm yang dipasang vertikal atau ditanam di tanah di depan lab Fisika FMIPA UNNES. Peralatan yang digunakan dalam pengukuran hambatan pentanahan (*grounding*), adalah:

a. *Earth Resistance Tester* dengan spesifikasi alat sebagai berikut:

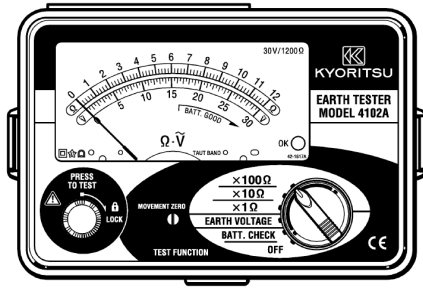
1. Merk : KYORITSU
2. Sumber daya: 9V DC, jenis baterai R6P (AA dry abberay) x 6
3. Jenis : *Analog Earth Resistance Tester* 4102A (Gambar 1).
4. Alat ini berfungsi untuk menampilkan nilai hambatan pentanahan yang terukur dengan kemampuan mengukur sampai pada rentang skala 1999Ω (*ohm*) (Anonymous, 2001)

b. Elektroda Batang Bantu. Yang berfungsi sebagai pembanding dan elektroda utama untuk mendapatkan nilai hambatan *grounding*.

c. Meteran. Alat untuk mengukur jarak antar elektroda dan kedalaman elektroda.

d. Kabel penghubung. Kabel penghubung berfungsi untuk menghubungkan *Analog Earth Resistance Tester* dengan elektroda uji dan elektroda bantu.

e. Martil. Martil ini adalah alat yang digunakan untuk membantu menanam elektroda ke dalam tanah.



Gambar 1. Analog Earth Resistance Tester – Model 4102A

Dengan bantuan perangkat lunak pengolah data Software Res2DINV dilakukan simulasi pengaruh frekuensi terhadap magnitude impedansi grounding satu elektrode batang. Dalam simulasi dengan perangkat lunak ini, langkah yang direncanakan adalah memodelkan seluruh komponen impedansi pentanahan untuk mendeteksi keadaan yang sesungguhnya (Gonzales et al, 2004). Sistem grounding ini dimodelkan sebagai penampang irisan yang mempunyai resistivitas yang bervariasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengukuran mula-mula dilakukan didepan lab Fisika Unnes dengan menggunakan elektroda tunggal dengan kedalaman 50 cm. Ini merupakan pengukuran awal untuk mengetahui hambatan bagian permukaan tanah. Data hasil pengukuran permukaan tanah dengan jarak elektroda bervariasi menggunakan analog earth resistance tester seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran R di depan Lab. Fisika

No	Depan (90°)		Samping kanan (180°)		Samping kiri (0°)	
	<i>l</i> (m)	R (x10 ² Ω)	<i>l</i> (m)	R (x10 ² Ω)	<i>l</i> (m)	R (x10 ² Ω)
1	3	1,4	3	1,1	3	1,3
2	3,5	1,4	3,5	1,1	3,5	1,3
3	4	1,4	4,2	1,1	4,2	1,3
4	4,5	1,4	4,5	1,1	4,5	1,3
5	5	1,4	5	1,1	5	1,3
6	5,5	1,4	5,5	1,1	5,5	1,3
7	6	1,4	6	1,1	6	1,3
8	6,5	1,4	6,5	1,1	6,5	1,3
9	7	1,4	7	1,1	7	1,3
10	7,5	1,4	7,5	1,1	7,4	1,3
11			8,4	1,1	8	1,38
12			10,7	1,1		
13			12,5	1,1		

l : Jarak elektroda bantu
R rata-rata = 125,5294 Ω

Karena penelitian awal menunjukkan nilai hambatan yang lebih besar dari persyaratan batas maksimal, maka penelitian dilanjutkan dengan pengukuran menggunakan *analog earth resistance tester* pada kedalaman yang bervariasi. Untuk mengukur hambatan dengan variasi kedalaman dilakukan dengan pengeboran tanah, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kegiatan pengeboran untuk menanam batang elektroda.

Setelah pengeboran dilakukan penanaman elektroda batang tunggal (Gambar 3), sambil mengukur setiap variasi kedalaman. Hasil pengukuran hambatan tanah elektroda batang tunggal dengan kedalaman bervariasi ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 3. Penanaman batang elektroda tunggal

Tabel 2. Hasil pengukuran hambatan elektroda dengan kedalaman bervariasi

No	1	2	3	4	5	6	7	8
d (m)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
R (Ω)	125,6	110	90	70	55	40	25	20

No: nomor eksperimen

d : kedalaman

R : hambatan tanah

Penelitian ini juga melibatkan mahasiswa untuk digunakan sebagai payung penelitian untuk 2 (dua) mahasiswa bimbingan skripsi, yaitu: Dika Vivi dan Purna S Dewi. Penelitian ini membandingkan pengukuran hasil penelitian menggunakan *analog earth resistance tester* dan menggunakan peralatan geolistrik dengan konfigurasi Wenner dan Schlumberger.

Pengambilan data dilakukan melalui 2 elektroda potensial dan 2 elektroda arus. Pengambilan data dilakukan bergiliran sesuai dengan titik data yang di inginkan. Berikut ini ditunjukkan hasil pengukuran yang dibuat tabel data untuk konfigurasi wenner1 (Tabel 3).

Tabel 3. Data Geolistrik menggunakan konfigurasi Wenner

Purna	: Nama survey	Purna	: Nama survey
125	: spasi elektroda terkecil	125	: spasi elektroda terkecil
7	: konfigurasi schlumberger	7	: konfigurasi schlumberger
49	: Jumlah total data	49	: Jumlah total data
1		1	
0		0	

titik x	spasi	n	rho
187.5	125	1	581.34851960784300
312.5	125	1	249.43970815450600
437.5	125	1	1,574.86893690579000
562.5	125	1	155.13175730735200
687.5	125	1	411.33556271186400
812.5	125	1	1,020.75071137521000
937.5	125	1	463.02812682090800
1062.5	125	1	1,928.95358497011000
1187.5	125	1	1,474.21417933390000
1312.5	125	1	96,697.02332821820000
1437.5	125	1	5.36565670367208
1562.5	125	1	100,829.88903313500000
1687.5	125	1	2,406.41126342711000
312.5	125	2	1,661.10566635250000
437.5	125	2	1,516.28251413882000
562.5	125	2	220.76775127768300
687.5	125	2	730.14738379341100
812.5	125	2	2,018.45287531807000
937.5	125	2	1,281.19299915038000
1062.5	125	2	357.24236115843300
1187.5	125	2	1,905.77458623619000
1312.5	125	2	4,746.50665247019000
1437.5	125	2	20.05271489361700

titik x	spasi	n	rho
187.5	125	1	581.34851960784300
312.5	125	1	249.43970815450600
437.5	125	1	1,574.86893690579000
562.5	125	1	155.13175730735200
687.5	125	1	411.33556271186400
812.5	125	1	1,020.75071137521000
937.5	125	1	463.02812682090800
1062.5	125	1	1,928.95358497011000
1187.5	125	1	1,474.21417933390000
1312.5	125	1	96,697.02332821820000
1437.5	125	1	5.36565670367208
1562.5	125	1	100,829.88903313500000
1687.5	125	1	2,406.41126342711000
312.5	125	2	1,661.10566635250000
437.5	125	2	1,516.28251413882000
562.5	125	2	220.76775127768300
687.5	125	2	730.14738379341100
1562.5	125	2	4,014.92260050891000
437.5	125	3	44,478.94753975680000
562.5	125	3	3,548.24477157360000
687.5	125	3	9,794.37505882353000
812.5	125	3	3,534.29100000000000
937.5	125	3	1,392.38791460290000

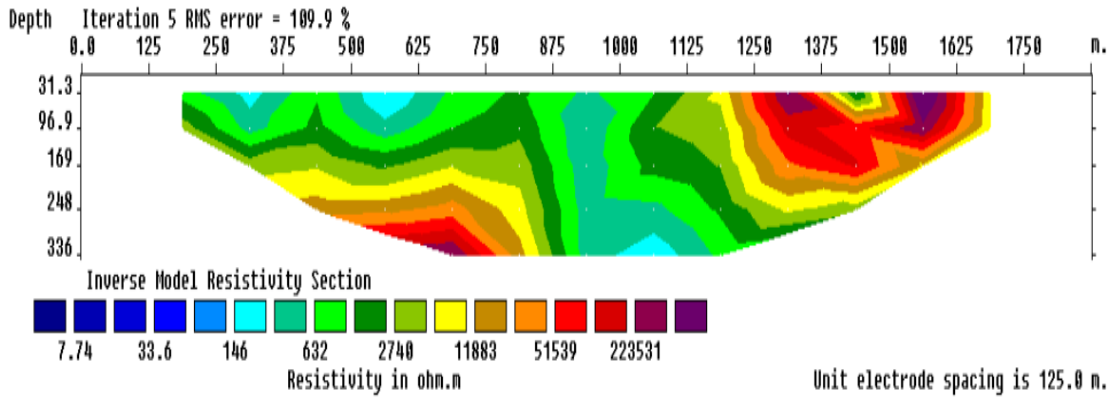
Purna : Nama survey
 125 : spasi elektroda terkecil
 7 : konfigurasi schlumberger
 49 : Jumlah total data
 1
 0

Purna : Nama survey
 125 : spasi elektroda terkecil
 7 : konfigurasi schlumberger
 49 : Jumlah total data
 1
 0

titik x	spasi	n	rho
187.5	125	1	581.34851960784300
312.5	125	1	249.43970815450600
437.5	125	1	1,574.86893690579000
562.5	125	1	155.13175730735200
687.5	125	1	411.33556271186400
812.5	125	1	1,020.75071137521000
937.5	125	1	463.02812682090800
1062.5	125	1	1,928.95358497011000
1187.5	125	1	1,474.21417933390000
1312.5	125	1	96,697.02332821820000
1437.5	125	1	5.36565670367208
1562.5	125	1	100,829.88903313500000
1687.5	125	1	2,406.41126342711000
312.5	125	2	1,661.10566635250000
437.5	125	2	1,516.28251413882000
562.5	125	2	220.76775127768300
687.5	125	2	730.14738379341100
1062.5	125	3	2,758.27488737201000
1187.5	125	3	822.16131063829800
1312.5	125	3	2,420.19926994907000
1437.5	125	3	32.30428791773780
562.5	125	4	1,976.40060093897000
687.5	125	4	8,885.98761092150000
812.5	125	4	23,078.61815384620000
937.5	125	4	1,196.99695187166000
1062.5	125	4	1,339.12702472293000
1187.5	125	4	1,217.56759795571000
1312.5	125	4	1,501.10197952218000
687.5	125	5	27,089.63717350750000

titik x	spasi	n	rho
187.5	125	1	581.34851960784300
312.5	125	1	249.43970815450600
437.5	125	1	1,574.86893690579000
562.5	125	1	155.13175730735200
687.5	125	1	411.33556271186400
812.5	125	1	1,020.75071137521000
937.5	125	1	463.02812682090800
1062.5	125	1	1,928.95358497011000
1187.5	125	1	1,474.21417933390000
1312.5	125	1	96,697.02332821820000
1437.5	125	1	5.36565670367208
1562.5	125	1	100,829.88903313500000
1687.5	125	1	2,406.41126342711000
312.5	125	2	1,661.10566635250000
437.5	125	2	1,516.28251413882000
562.5	125	2	220.76775127768300
687.5	125	2	730.14738379341100
812.5	125	5	33,935.62689419800000
937.5	125	5	1,995.24513191489000
1062.5	125	5	845.27139013453000
1187.5	125	5	1,482.63908163265000
812.5	125	6	50,802.65459433960000
937.5	125	6	25,112.64909462920000
1062.5	125	6	1,172.11681218274000
937.5	125	7	1,691.62646153846000
0			
0			
0			
0			

Dengan menggunakan *software* pengolah data *Software Res2DINV* diperoleh irisan mapping resistivitas pentanahan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Penampang irisan yang menggambarkan Resistivitas tanah di depan lab Fisika



Gambar 5. Kegiatan pengukuran untuk mengambil data resistivitas

Kegiatan pengukuran hambatan pentanahan di depan lab Fisika Unnes dilakukan tim peneliti dan mahasiswa pengambil data ditunjukkan seperti pada Gambar 5 dan Gambar 6. Dengan menggunakan peralatan Geolistrik dan *Analog earth resistance tester* telah dilakukan pengukuran sesuai prosedur standard yang ada.



Gambar 6. Diskusi antar pengambil data lapangan

Pembahasan

Dari hasil pengukuran di depan Lab menunjukkan bahwa hambatan pentanahan di depan lab Fisika terdapat tiga variasi hasil nilai hambatan yang hampir sama, yaitu arah ke samping kanan mempunyai hambatan tanah rata-rata $R = 110 \Omega$, arah ke samping kiri $R = 130 \Omega$, sedang arah ke depan besar $R = 140 \Omega$ (lihat Tabel 1. Hasil pengukuran R di depan Lab. Fisika).

.Nilai hambatan pentanahan yang bervariasi tersebut tergantung pada komposisi tanah. Hambatan pentanahan arah ke samping kiri dan kanan mempunyai hambatan relative lebih kecil dibanding arah ke depan, kemungkinan disebabkan karena daerah tersebut dekat dengan saluran air, sedang arah ke depan jauh dari resapan air. Hambatan pentanahan rata-rata adalah $R_{\text{rata-rata}} = 125,5294 \Omega$, nilai ini jauh dari nilai minimum suatu system gounding yang diharapkan, sehingga perlu penelitian lanjutan berupa menanam elektroda batang tunggal sampai kedalaman tertentu.

Sedang hasil pengukuran dengan variasi kedalaman (lihat Tabel 2) menunjukkan bahwa makin ke dalam nilai hambatan pentanahan R semakin kecil, sehingga pada kedalaman 3,5 m sudah cukup memenuhi syarat untuk pembuatan system pentanahan yang memenuhi syarat, yaitu $\square 25 \Omega$. Secara teori untuk tanah dengan komposisi yang sama, semakin dalam penanaman elektroda batang, hambatan pentanahan dan resistivitas akan menurun, karena semakin dekat dengan air tanah, yang berpengaruh dengan kelembaban yang juga memengaruhi konduktivitas pentanahan. Ini sesuai dengan rumusan yang menunjukkan bahwa hambatan pentanahan sebanding dengan resistivitas dan berbanding terbalik dengan kedalaman penanaman elektroda

batang, sesuai dengan rumusan $R_x = (\rho / 2\pi L) \ln (2L / d)$ (ohm) (IEEE, 1983).

Berdasar Gambar 5 terlihat bahwa resistivitas lapisan tanah dengan nilai rentang antara 146 Ω .m sampai dengan 632 Ω .m yang berada pada jarak 8,5 m dan kedalaman dari 0,3 m sampai dengan 3,5 m. Resistivitas ini bisa dipertimbangkan untuk ditanam elektroda batang sebagai pembuatan system *grounding*.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan pengukuran hambatan pentanahan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Hambatan petanahan pada permukaan di depan laboratorium Fisika Unnes diperoleh hambatan pertanahan rata-rata $R = 125,6 \Omega$. Pengukuran hambatan pentanahan dengan elektroda batang tunggal bernilai semakin kecil bila elektroda tersebut ditanam semakin dalam diukur dari permukaan tanah. Dengan variasi kedalaman untuk system pentanahan diperoleh hambatan tanah R yang lebih kecil dari standard minimal yang diizinkan.

Saran

Untuk keselamatan peralatan system Radiografi Konvensional dan peralatan elektronik lainnya perlu dipasang system pentanahan sesuai standard.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2001, Instruction Manual Analog Earth Resistance Tester - Model 4102A.
- Baldev T, Gerez V, 1996. "Equivalent Resistivity Of Non-uniform Soil For Grounding Grid Design", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.10 No.2, pp.759-767.
- Charlton, T. 1997. Earthing Practice. Copper Development Association Publication 119, Orchard House Mutton Lane.
- Chow Y.L, Salama M.M.A, 1994. "A Simplified Method for Calculating The Substation Grounding Grid Resistance", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 9 No.2 pp.736 – 742.
- Elvis R. Sverko. Ground measuring techniques: electrode resistance to remote earth & soil resistivity; Erico, Inc. Facility Electrical Protection, U.S.A., Revision Date: February 11, 1999.
- Gonos, I.F., Antonion M.K., and Stathopulus I.A., 1998, Behaviour of a Grounding Systems Under Impuls Lightning Current, 6th International Conference and Exhibition on Optimization of Electrical and Electronic, May 1998, Rumania.

Gonzales R.C, Woods R.E, Edins S.L, 2004. Digital image processing Using Matlab. Person Practice Hall, Upper Saddel River, NJ 07458.

Hutauruk, T.S., 1991, Pentanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan, Erlangga, Jakarta.

IEEE, 1983, "Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System", IEEE Std 8.

Nahman J.M., Djordjevic V.B., 1996, "Resistance To Ground of Combined Grid-Multiple Rods Electrodes", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 11, No. 3, pp.1337 – 1342.

Rajagukguk, M., 2002, Analisis Transien Perilaku Sistem Pembumian Driven Rod, Seminar Nasional dan Workshop Tegangan Tinggi V 2002, Yogyakarta.