

**RESISTANSI PEMBUMIHAN ELEKTRODA KERANGKA BALOK
DENGAN MEMANFAATKAN ARANG SEKAM PADI**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



RETNO PUJI LESTARI
NIM. 125060301111014

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2016

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN

**RESISTANSI PEMBUMIHAN ELEKTRODA KERANGKA BALOK
DENGAN MEMANFAATKAN ARANG SEKAM PADI**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



RETNO PUJI LESTARI
NIM. 125060301111014

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 10 Juni 2016

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Drs. Ir. Mochammad Dhofir, M.T.
NIP. 19600701 199002 2 001

Ir. Unggul Wibawa, M.Sc
NIP. 19630106 198802 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Azis Muslim, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19741203 200012 1 001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

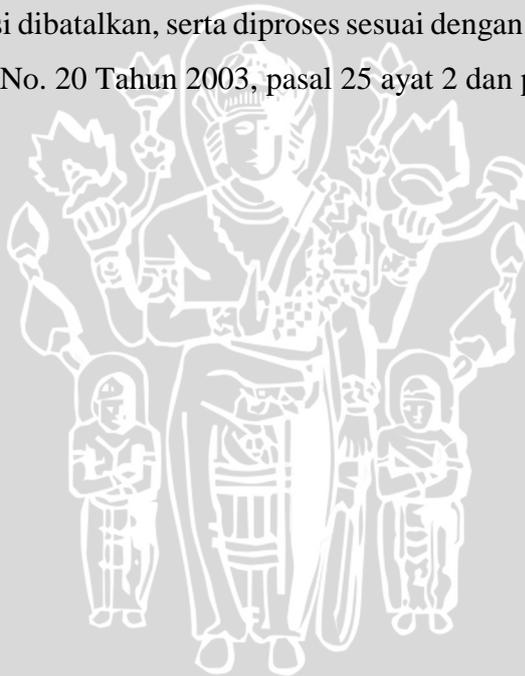
Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 13 Mei 2016

Mahasiswa,

RETNO PUJI LESTARI

NIM. 125060301111014



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



*Dipersembahkan untuk:
Bapak & Ibu Tersayang*

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



RINGKASAN

Retno Puji Lestari, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2016, *Resistansi Pembumian Elektroda Kerangka Balok Dengan Memanfaatkan Arang Sekam Padi*, Dosen Pembimbing: Moch Dhofir dan Unggul Wibawa.

Pembumian yang ideal adalah pembumian yang diupayakan memiliki nilai resistansi pembumian sekecil mungkin. Dengan menggunakan arang sekam padi nilai resistansi pembumian menjadi lebih kecil dari sebelumnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh ketinggian media, posisi elektroda dan penambahan kadar air terhadap nilai resistansi pembumian. Pengukuran resistivitas tanah menggunakan metode empat titik. Dan pengukuran resistansi pembumian menggunakan metode tiga titik. Objek uji dalam penelitian menggunakan elektroda berbentuk kerangka balok dengan 2 dimensi yang berbeda. Dimensi elektroda balok adalah 25 cm x 25 cm x 50 cm dan 50 cm x 50 cm x 50 cm untuk elektroda kubus. Media untuk memperkecil resistansi pembumian berupa tanah, arang sekam padi kondisi kering, arang kondisi basah dengan kadar air 16,66 % dan 33,33%.

Hasil penelitian menunjukkan nilai resistivitas tanah sebesar 492,5 Ωm untuk tanah, 147,4 Ωm untuk arang kering, 23,4 Ωm untuk arang kadar air 16,66 % dan 18,3 Ωm untuk arang kadar air 33,33 %. Semakin tinggi media arang sekam padi maka nilai resistansi pembumian semakin kecil. Nilai resistansi pembumian menggunakan elektroda kubus pada kedalaman 110 cm dengan media sisipan 20 cm menghasilkan 288 Ω untuk tanah, 161 Ω untuk arang kering, 41 Ω untuk arang kadar air 16,66 % dan 12 Ω untuk arang kadar air 33,33 %. Nilai resistansi pembumian menggunakan elektroda balok dengan posisi secara horizontal menghasilkan 303 Ω untuk tanah, 171 Ω untuk arang kering, 48 Ω untuk arang kadar air 16,66 % dan 19 Ω untuk arang kadar air 33,33 %. Sedangkan nilai resistansi pembumian untuk posisi secara vertikal menghasilkan 351 Ω untuk tanah, 275 Ω untuk arang kering, 87 Ω untuk arang kadar air 16,66 % dan 38 Ω untuk kadar air 33,33 %. Posisi secara horizontal menggunakan elektroda balok dengan penambahan arang sekam padi dapat menurunkan nilai resistansi pembumian sebesar 13,67 % terhadap posisi secara vertikal. Dengan kadar air 16,66 % menurunkan nilai resistansi pembumian sebesar 74,53 % (dari 161 Ω menjadi 41 Ω) dan kadar air 33,33 % menurunkan nilai resistansi pembumian sebesar 92,54 % (dari 161 Ω menjadi 12 Ω). Semakin besar dimensi volume yang dibentuk oleh elektroda maka nilai resistansi pembumian semakin kecil.

Kata kunci: sistem pembumian, elektroda, kerangka balok, arang sekam padi

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



SUMMARY

Retno Puji Lestari, Department of Electrical Engineering, Engineering Faculty of Brawijaya University, May 2016, "*The Resistance Of Blocks Frame Electrode By making Use The Chaff Coal*", Supervisor: Moch Dhofir and Unggul Wibawa.

The ideal grounding is to achieve the smallest value. By using chaff coal, the grounding resistance became smaller than before.

This research is to reveal the effect of the media height and moisture content replenishment as well as the position of electrode. The method of grounding resistivity used four point. And method of grounding resistance used three point. The object of electrodes used in the experiment was in the form of block frame and has different dimensions. The media became smaller than before of grounding resistance used chaff coal, dried chaff coal, moistured content 13,33 % and 33,33 %.

The result of this research shows that resistivity value is 492,5 Ωm for soil, 147,4 Ωm for dried chaff coal, 23,4 Ω for moistured chaff coal 16,66 % and 18,3 Ωm for moistured chaff coal 33,33 %. The grounding resistance value with cube electrode in the depth of 110 cm and media insertion of 20 cm resulting 288 Ω for soil, 161 Ω for dried chaff coal, 41 Ω for moistured content 16,66 % and 12 Ω moistured content 33,33 %. The higher media is, the smaller grounding resistance value. The grounding resistance value used cube electrode with horizon position resulting 303 Ω for soil, 275 Ω for dried chaff coal, 87 Ω for moistured content 16,66 % and 38 Ω for moistured content 33,33 %. The horizon position used of cube electrode with content replenishment can lower the grounding resistance value 74,53 % toward vertical position. The moistured content 16,66 % can lower grounding resistance value 74,53 % and moistured content 33,33 % can lower grounding resistance 92,54 %. The bigger dimensions volume is, smaller grounding resistance value.

Key words: grounding systems, electrode, blocks frame, chaff coal



PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang selalu menyertai setiap hari sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Resistensi Pembumian Elektroda Kerangka Balok Dengan Memanfaatkan Arang Sekam Padi” dengan baik.

Pada kesempatan ini saya menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Bapak Hadi Suyono S.T., M.T., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak M. Ali Mustofa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Jurusan Teknik Elektro.
4. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Teknik Energi Elektrik Teknik Elektro, atas saran dan arahnya dalam menyusun proposal skripsi.
5. Bapak Drs. Ir. Moch Dhofir, M.T. dan Bapak Ir. Unggul Wibawa, M.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan banyak waktu dan tenaganya untuk membimbing dari awal, memberikan saran, nasihat-nasihat, dan membagi ilmunya.
6. Ibu Sapriesty Nainy Sari, S.T., M.T. selaku dosen penasehat akademik yang telah banyak memberikan nasihat-nasihat, saran, dan kesabarannya selama masa studi.
7. Bapak, Ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Semua teman-temanku seangkatan yang tidak bisa disebutkan satu per satu. Yang selalu membantu dalam bidang akademik maupun non akademik.

Dalam penyusunan skripsi ini, saya menyadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, saya berharap kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di masa yang akan datang, semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Malang, Mei 2016

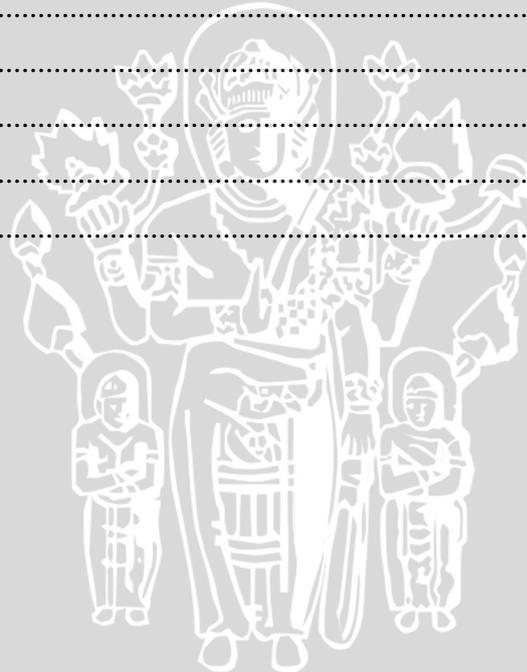
DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Pembumian.....	5
2.2 Resistansi Pembumian.....	5
2.2.1 Resistivitas tanah.....	5
2.2.2 Elektroda pembumian.....	6
2.2.3 Konduktor pembumian.....	7
2.3 Kadar Air.....	8
2.4 Sifat Kimia Arang Sekam Padi.....	8
2.5 Resistivitas Arang Sekam Padi.....	9
2.6 Kerapatan Partikel Arang Sekam Padi.....	9
2.7 Metode Pembumian.....	10
2.7.1 Pembumian sistem <i>grid</i>	10
2.7.2 Pembumian sistem <i>rod</i>	11
2.7.3 Pembumian kombinasi.....	11
2.8 Metode Pengukuran.....	12
2.8.1 Pengukuran resistivitas tanah.....	12
2.8.2 Pengukuran resistansi pembumian.....	13

2.9 Pengaruh Ketidakeragaman Lapisan Tanah Terhadap Nilai Resistansi Pembedaan.....	14
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Studi Literatur.....	17
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.3 Objek Uji	17
3.4 Alat Ukur	18
3.5 Rangkaian Pengukuran Resistivitas Tanah	18
3.6 Rangkaian Pengukuran Resistivitas Arang Sekam Padi	18
3.7 Rangkaian Pengukuran Resistansi Pembedaan	19
3.8 Analisis dan Pembahasan	19
3.9 Pengambilan Kesimpulan dan Saran	22
3.10 Diagram Alir Penelitian	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Pengukuran Resistivitas, Kadar Air dan Kerapatan	25
4.1.1 Penentuan resistivitas tanah.....	25
4.1.2 Penambahan kadar air dalam sekam padi.....	25
4.1.3 Penentuan resistivitas arang sekam padi kondisi kering dan basah	26
4.1.4 Penentuan kerapatan partikel arang sekam padi kondisi kering dan basah	26
4.2 Pengukuran Resistansi Pembedaan dengan Menggunakan Elektroda Rangka Balok	27
4.2.1 Pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka balok variasi penambahan ketinggian media dengan media sisipan 10 cm.....	27
4.2.2 Pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka balok variasi penambahan ketinggian media dengan media sisipan 20 cm.....	33
4.2.3 Pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka balok variasi posisi vertikal dengan media sisipan 10 cm	38
4.2.4 Pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka balok variasi posisi vertikal media dengan media sisipan 20 cm	43
4.2.5 Pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka balok variasi posisi horizontal dengan media sisipan 10 cm.....	48
4.2.6 Pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka balok variasi posisi horizontal dengan media sisipan 20 cm.....	53



4.3 Pengukuran Resistansi Pembumian dengan Menggunakan Elektroda Rangka Kubus	60
4.3.1 Pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus variasi penambahan ketinggian media dengan media sisipan 10 cm	61
4.3.2 Pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus variasi penambahan ketinggian media dengan media sisipan 20 cm	64
4.4 Karakteristik Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda.....	69
4.4.1 Perbandingan resistansi pembumian dengan variasi media	69
4.4.2 Perbandingan resistansi pembumian dengan variasi dimensi	70
4.4.3 Perbandingan resistansi pembumian dengan variasi posisi	72
4.4.4 Perbandingan resistansi pembumian dengan variasi tingkat pembasahan ..	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN 1	80
LAMPIRAN 2.....	82



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel resistivitas tanah	6
Tabel 2.2	Tabel konstanta bahan penghantar.....	8
Tabel 2.3	Tabel komposisi kimia arang sekam padi.....	9
Tabel 4.1	Tabel kadar air arang sekam padi	26
Tabel 4.2	Tabel resistivitas arang sekam padi	26
Tabel 4.3	Tabel kerapatan partikel arang sekam padi	27
Tabel 4.4	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media tanah dengan media sisipan 10 cm	28
Tabel 4.5	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm.....	29
Tabel 4.6	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm ..	31
Tabel 4.7	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm ..	32
Tabel 4.8	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media tanah dengan media sisipan 20 cm	34
Tabel 4.9	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm.....	35
Tabel 4.10	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm ..	36
Tabel 4.11	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm ..	37
Tabel 4.12	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media tanah dengan media sisipan 10 cm.....	39
Tabel 4.13	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm ...	40
Tabel 4.14	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm	41

Tabel 4.15	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm	42
Tabel 4.16	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media tanah dengan media sisipan 20 cm	44
Tabel 4.17	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm....	45
Tabel 4.18	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm	46
Tabel 4.19	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm	47
Tabel 4.20	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media tanah dengan media sisipan 10 cm	49
Tabel 4.21	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm	50
Tabel 4.22	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm	51
Tabel 4.23	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm	52
Tabel 4.24	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media tanah dengan media sisipan 20 cm	54
Tabel 4.25	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm	56
Tabel 4.26	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm	57
Tabel 4.27	Tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm	58



Tabel 4.28	Tabel hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka kubus pada media tanah dengan media sisipan 10 cm	60
Tabel 4.29	Tabel hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm	61
Tabel 4.30	Tabel hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm .	62
Tabel 4.31	Tabel hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm .	63
Tabel 4.32	Tabel hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka kubus pada media tanah dengan media sisipan 20 cm	65
Tabel 4.33	Tabel hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm	66
Tabel 4.34	Tabel hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm .	67
Tabel 4.35	Tabel hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm .	68
Tabel 4.36	Tabel perbandingan media.....	69
Tabel 4.37	Tabel perbandingan dimensi elektroda.....	71
Tabel 4.38	Tabel perbandingan posisi elektroda	72
Tabel 4.39	Tabel perbandingan tingkat pembasahan	73



DAFTAR GAMBAR

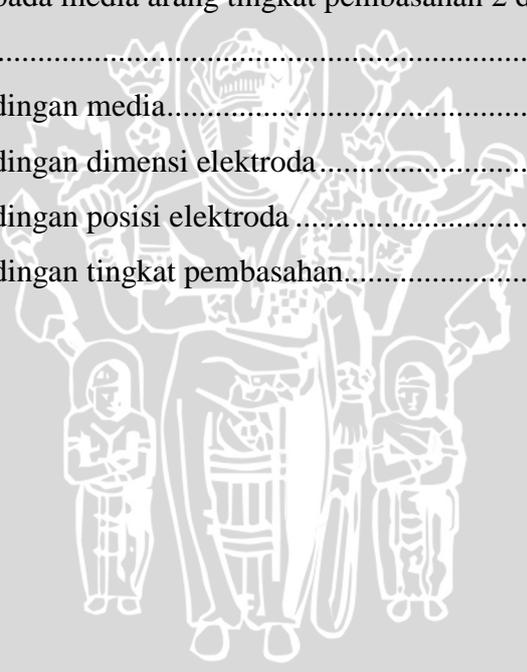
Gambar 2.1	Penanaman batang elektroda tunggal	11
Gambar 2.2	Pengukuran resistansi tanah menggunakan metode empat titik	13
Gambar 2.3	Metode tiga titik	13
Gambar 2.4	Ketidakteraturan lapisan tanah	14
Gambar 3.1	Dimensi elektroda.....	17
Gambar 3.2	<i>Digital earth tester</i>	18
Gambar 3.3	Rangkaian pengukuran resistansi tanah.....	18
Gambar 3.4	Rangkaian pengukuran resistansi arang sekam padi	19
Gambar 3.5	Rangkaian pengukuran resistansi pemukiman	19
Gambar 3.6	Penambahan media arang sekam padi pada elektroda dengan media sisipan 20	
Gambar 3.7	Penambahan media arang sekam padi pada elektroda posisi horizontal dengan media sisipan.....	21
Gambar 3.8	Diagram alir penelitian	22
Gambar 4.1	Letak elektroda rangka balok dengan media sisipan 10 cm	28
Gambar 4.2	Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media tanah dengan media sisipan 10 cm	29
Gambar 4.3	Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm.....	30
Gambar 4.4	Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm	31
Gambar 4.5	Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm	32
Gambar 4.6	Letak elektroda rangka balok dengan media sisipan 20 cm	33
Gambar 4.7	Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media tanah dengan media sisipan 20 cm	34
Gambar 4.8	Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm.....	3

Gambar 4.9	Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm.....	36
Gambar 4.10	Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm.....	37
Gambar 4.11	Letak elektroda rangka balok posisi vertikal dengan media sisipan 10 cm .	38
Gambar 4.12	Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media tanah dengan media sisipan 10 cm.....	39
Gambar 4.13	Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm.....	40
Gambar 4.14	Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm.....	41
Gambar 4.15	Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm.....	42
Gambar 4.16	Letak elektroda rangka balok posisi vertikal dengan media sisipan 20 cm .	43
Gambar 4.17	Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media tanah dengan media sisipan 20 cm.....	44
Gambar 4.18	Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm.....	45
Gambar 4.19	Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm.....	46
Gambar 4.20	Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm.....	47
Gambar 4.21	Letak elektroda rangka balok posisi horizontal dengan media sisipan 10 cm.....	48



Gambar 4.22	Grafik hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media tanah dengan media sisipan 10 cm	49
Gambar 4.23	Grafik hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm	50
Gambar 4.24	Grafik hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm	51
Gambar 4.25	Grafik hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm	53
Gambar 4.26	Letak elektroda rangka balok posisi horizontal dengan media sisipan 20 cm	54
Gambar 4.27	Grafik hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media tanah dengan media sisipan 20 cm	55
Gambar 4.28	Grafik hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm	56
Gambar 4.29	Grafik hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm	57
Gambar 4.30	Grafik hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm	58
Gambar 4.31	Letak elektroda rangka kubus dengan media sisipan 10 cm.....	59
Gambar 4.32	Grafik hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka kubus pada media tanah dengan media sisipan 10 cm.....	60
Gambar 4.33	Grafik hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm	61
Gambar 4.34	Grafik hasil pengukuran resistansi pembedaan menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm	62

Gambar 4.35	Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm.....	63
Gambar 4.36	Letak elektroda kubus dengan media sisipan 20 cm.....	64
Gambar 4.37	Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media tanah dengan media sisipan 20 cm.....	65
Gambar 4.38	Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektrodar rangka kubus pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm	66
Gambar 4.39	Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm.....	67
Gambar 4.40	Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm.....	68
Gambar 4.41	Grafik perbandingan media.....	70
Gambar 4.42	Grafik perbandingan dimensi elektroda.....	71
Gambar 4.43	Grafik perbandingan posisi elektroda	72
Gambar 4.44	Grafik perbandingan tingkat pembasahan.....	73



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Foto alat	82
Lampiran 2	Foto pengukuran resistansi pembumian	83



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam operasi sistem tenaga listrik sering terjadi gangguan yang dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran listrik ke konsumen. Gangguan ini biasanya terjadi antara peralatan dengan peralatan dan peralatan dengan manusia bahkan peralatan dengan lingkungan sekitarnya. Keadaan ini disebabkan oleh hubung singkat dan arus gangguan seperti arus petir. Hubung singkat bisa terjadi akibat dari kerusakan komponen di dalam peralatan listrik, cuaca buruk, petir dan lain-lain. Gangguan ini akan menyebabkan terputusnya rangkaian, sehingga akan merusak peralatan yang terhubung pada sistem dan dapat membahayakan nyawa manusia. Sistem pembumian adalah suatu sistem pengamanan terhadap gangguan hubung singkat ke tanah yang terjadi pada suatu sistem atau peralatan.

Secara singkat tujuan dari pembumian peralatan secara umum sebagai berikut yaitu mencegah terjadinya kejut listrik yang berbahaya untuk orang di sekitar daerah tersebut, untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan pada bangunan atau isinya, dan memprediksi performansi dari sistem. (Hutauruk, 1986: 125)

Sistem pembumian yang bagus adalah sistem pembumian yang memiliki nilai resistansi pembumian yang kecil. Pembumian yang ideal adalah pembumian yang nilai resistansinya kurang dari 1 ohm. (Hadi, 1994: 154)

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan menggunakan elektroda batang dengan media arang tempurung kelapa untuk menurunkan nilai resistansi pembumian, hasil yang didapatkan yaitu 10,97 ohm menurun menjadi 4,73 ohm. (Dedy, 2013:49)

Arang sekam padi merupakan bahan padat yang berpori dan merupakan hasil pembakaran dari bahan yang mengandung unsur karbon dan didapatkan dari proses pembakaran tidak sempurna. Arang sekam padi atau sekam bakar memiliki kandungan karbon yang tinggi dan berguna untuk meningkatkan unsur hara dan juga meningkatkan daya serap dan daya ikat terhadap air.

Berdasarkan tinjauan di atas, penulis tertarik melakukan penelitian menggunakan elektroda kerangka balok dengan memanfaatkan arang sekam padi pada berbagai variabel untuk mendapatkan nilai resistansi pembumian yang lebih kecil.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah:

1. Berapa besar pengaruh penambahan ketinggian arang sekam padi menggunakan elektroda kerangka balok terhadap nilai resistansi pembumian
2. Berapa besar pengaruh posisi elektroda kerangka balok secara vertikal dan horizontal terhadap nilai resistansi pembumian
3. Berapa besar pengaruh penambahan kadar air pada arang sekam padi terhadap nilai resistansi pembumian

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini mencapai sasaran yang diharapkan, maka batasan-batasan masalah yang perlu diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran resistansi pembumian menggunakan alat ukur *digital earth tester* seri 4105 A.
2. Pengukuran dilakukan di rumah Agus Setyono RT 05 RW 01 Kelurahan Bakalan, Kecamatan Sukun, Kota Malang pada bulan Maret 2016.
3. Kedalaman penanaman dibuat tetap yaitu 110 cm.
4. Variabel penelitian ini adalah penambahan ketinggian arang sekam padi, posisi elektroda vertikal dan horizontal dan penambahan kadar air pada arang sekam padi.
5. Elektroda yang digunakan terbuat dari bahan *stainless steel* berdiameter 8 mm.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh penambahan ketinggian arang sekam padi terhadap nilai resistansi pembumian, pengaruh posisi elektroda balok vertikal dan horizontal serta penambahan kadar air pada arang sekam padi.

1.5 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan yang digunakan dalam penyusunan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Menguraikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika pembahasan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Menguraikan tentang dasar teori yang digunakan untuk dasar penelitian.

BAB III : METODE PENELITIAN

Menguraikan tentang metode dan langkah kerja yang terdiri dari tempat, waktu, teknik penelitian, kesimpulan dan saran.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Menguraikan perhitungan, analisis dan pembahasan terhadap resistansi pbumian dengan berbagai variabel yang diteliti.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Menguraikan kesimpulan yang diperoleh dan analisis data hasil pengujian yang dikembangkan dalam tugas akhir ini serta saran-saran untuk pengujian lebih lanjut.





BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pembumian

Pembumian merupakan salah satu cara konvensional untuk mengatasi bahaya tegangan sentuh tidak langsung yang dimungkinkan terjadi pada bagian peralatan dari logam.

Adapun secara umum tujuan dari sistem pembumian adalah sebagai berikut: (Suswanto, 2009: 167)

- a. Mencegah terjadinya beda potensial antara bagian tertentu dari instalasi secara umum.
- b. Mengalirkan arus gangguan ke tanah sehingga aman bagi manusia dan peralatan.
- c. Mencegah timbulnya bahaya sentuh tidak langsung yang menyebabkan tegangan kejut.

Pembumian adalah salah satu usaha pengamanan, maka sistem pembumian harus mampu bekerja secara efektif dengan syarat (Hadi, 1994: 154) yaitu membuat jalur impedansi rendah peralatan, menggunakan rangkaian yang efektif, dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung, membuat elektroda yang terbuat dari bahan-bahan yang tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk meyakinkan kontinuitas penampilannya sepanjang umur peralatan yang dilindungi serta menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudahnya dalam pelayanan.

2.2 Resistansi Pembumian

Faktor-faktor yang dipengaruhi sistem pembumian: (Riva, 2015: 8)

- a. Resistivitas tanah
- b. Elektroda pembumian
- c. Konduktor pembumian

2.2.1 Resistivitas tanah

Resistivitas tanah (ρ) adalah faktor keseimbangan antara resistansi pembumian dan kapasitansi disekelilingnya. Nilai resistivitas tanah berbeda-beda bergantung dengan

kedalamannya. Beberapa faktor yang mempengaruhi resistivitas tanah yaitu: (Suswanto, 2009: 171)

a. Pengaruh Keadaan Struktur Tanah

Kesulitan yang biasa dijumpai dalam mengukur resistivitas tanah adalah komposisi jenis tanah yang tidak homogen. Sehingga terdapat dua atau lebih dari satu jenis tanah dengan resistansi jenis yang berbeda. Oleh karena itu resistivitas tanah tidak dapat diberikan sebagai suatu nilai yang tetap dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel Resistivitas Tanah

Jenis tanah	Tanah rawa	Tanah liat dan tanah ladang	Pasir basah	Kerikil basah	Pasir dan kerikil kering	Tanah berbatu
Resistivitas (Ωm)	30	100	200	500	1000	3000

Sumber: PUIL (1977: 47)

b. Pengaruh Unsur Kimia

Pada daerah yang mempunyai tingkat curah hujan tinggi umumnya memiliki resistivitas tanah yang tinggi disebabkan garam yang terkandung pada lapisan atas larut. Pada daerah yang demikian untuk memperoleh nilai resistansi pembumian yang efektif yaitu dengan menanam elektroda pada kedalaman lebih dalam dimana banyak mengandung larutan garam.

c. Pengaruh Temperatur Tanah

Temperatur tanah disekitar elektroda pembumian juga berpengaruh pada besarnya resistivitas tanah. Hal ini terlihat sekali pengaruhnya pada temperatur dibawah titik beku air ($0^{\circ}C$), dibawah harga temperatur ini akan menyebabkan kenaikan harga resistivitas tanah dengan cepat. Gejala di atas terjadi karena pada temperatur di bawah titik beku air ($0^{\circ}C$), air di dalam tanah akan membeku, molekul-molekul air dalam tanah sulit untuk bergerak, sehingga daya hantar listrik tanah menjadi rendah sekali. Bila temperatur tanah naik, air akan berubah menjadi fase cair, molekul-molekul dan ion-ion bebas bergerak sehingga daya hantar listrik tanah menjadi besar atau resistivitas tanah turun.

2.2.2 Elektroda pembumian

Elektroda merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi sistem pembumian. Ada tiga variabel yang mempengaruhinya adalah sebagai berikut: (Riva, 2015: 9)

a. Panjang atau Kedalaman Elektroda

Secara teori untuk tanah dengan kondisi tanah yang sama, semakin dalam penanaman elektroda, maka resistivitas tanah akan menurun karena semakin dekat dengan air tanah yang berpengaruh dengan kelembaban yang nantinya berpengaruh pada konduktivitas. Berdasarkan Persamaan (2-1) juga terlihat bahwa resistansi tanah sebanding dengan resistivitas dan berbanding terbalik dengan kedalaman elektroda.

b. Diameter Elektroda

Dengan menambah diameter elektroda berpengaruh sangat kecil, misalnya diameter elektroda digandakan maka resistansi pembumian hanya berkurang sebesar 10%.

c. Jumlah Elektroda

Salah satu cara lain menurunkan resistansi pembumian adalah dengan menambah elektroda yang dihubungkan secara paralel. Dengan pengaturan jarak yang tepat yaitu jarak batang tambahan sama dengan jarak batang yang ditanam, akan menyebabkan resistansi pembumian menurun.

2.2.3 Konduktor pembumian

Konduktor yang digunakan untuk pembumian harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain: (Suswanto, 2009: 180)

- Memiliki daya hantar jenis yang cukup besar sehingga tidak akan memperbesar beda potensial lokal yang berbahaya.
- Memiliki kekerasan secara mekanis pada tingkat yang tinggi terutama bila digunakan pada daerah yang tidak terlindung terhadap kekuatan fisik.
- Tahan terhadap peledakan dari keburukan sambungan listrik, walaupun konduktor tersebut akan terkena magnitude arus gangguan dalam waktu yang lama.
- Tahan terhadap korosi.

Elektroda pembumian yang digunakan biasanya berasal dari bahan tembaga, batang besi tahan karat (*stainless rod*), plat besi, maupun baja yang digalvanising agar elektrodanya tidak mudah korosi (PUIL, 1977: 49). Adapun konstanta bahan penghantar dapat ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tabel Konstanta Bahan Penghantar

Material	Conductivity(%)	T_m^a (°C)	K_f
Copper, annealed soft-drawn	100	1083	7
Copper, commercial hard-drawn	97	1084	7,06
Copper, commercial hard-drawn	97	250	11,78
Copper, clad steel wire	40	1084	10,45
Copper, clad steel wire	30	1084	12,06
Copper, clad steel rod	20	1084	14,64
Aluminum EC Grade	61,5	657	12,12
Aluminum 5005 Alloy	53,5	652	12,41
Aluminum 6201 Alloy	52,5	654	12,47
Aluminum-clad steel wire	20,3	657	17,20
Steel 1020	10,8	1510	15,95
Stainless clad steel rod	9,8	1400	14,72
Zinc-coated steel rod	8,6	419	28,96
Stainless steel 304	2,4	1400	30,05

Sumber: IEEE std 80 (1986: 44)

2.3 Kadar Air

Pengaruh air dalam arang sangat mempengaruhi karena air dapat menurunkan resistansi pembumian. Maka diperlukan komposisi air tertentu untuk mendapatkan resistansi yang diharapkan dengan menggunakan Persamaan (2-1): (Suwarno, 1999: 12)

$$KA = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100 \% \quad (2-1)$$

Dengan

KA : Kadar air (%)

m_b : Massa arang yang diukur dalam keadaan basah (gram)

m_k : Massa arang yang diukur dalam keadaan kering (gram)

2.4 Sifat Kimia Arang Sekam Padi

Ditinjau dari kandungannya, arang sekam padi mengandung beberapa unsur penting yaitu kandungan SiO 52% dan unsur C 31% serta komposisi lainnya seperti Fe₂O₃, K₂O, MgO, CaO, MnO dan Cu dalam jumlah yang sangat sedikit. Arang sekam padi memiliki karakteristik yang ringan dengan berat jenis 0,2 kg/l, kasar sehingga sirkulasi udara tinggi, kemampuan menahan air tinggi, berwarna hitam sehingga dapat mengabsorpsi sinar matahari dengan baik. pH arang sekam padi cukup tinggi yaitu antara 8,5 sampai 9,0 sehingga sangat baik digunakan untuk meningkatkan pH pada tanah asam (Azzamy, 2015:1).

Arang sekam padi juga memiliki sifat porositas yang baik dan kemampuan menyerap air tinggi, adapun komposisi kimia arang sekam padi dapat ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tabel Komposisi Kimia Arang Sekam Padi

No.	Komposisi Kimia Arang Sekam Padi	Prosentase (%)
1.	Kadar Air	9,02
2.	Protein Kasar	3,03
3.	Lemak	1,18
4.	Serat Kasar	35,68
5.	Abu	17,71
6.	Karbohidrat Kasar	33,71
7.	Karbohidrat Zat Arang	1,33
8.	Hidrogen	1,54
9.	Oksigen	33,64
10.	Silika	16,98

Sumber: Azzamy (2015: 2)

2.5 Resistivitas Arang Sekam Padi

Untuk mengukur resistivitas arang sekam padi dapat dilakukan dengan menggunakan Ohmmeter dan elektroda plat sejajar sesuai dengan Persamaan (2-2) sampai (2-4): (Chun, 2010: 12)

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad (2-2)$$

$$\rho = \frac{A R}{l} \quad (2-3)$$

$$\rho = \frac{\pi r^2 R}{l} \quad (2-4)$$

Dengan

R : Nilai reistansi arang sekam padi hasil pengukuran (Ω)

ρ : Nilai resistivitas arang sekam padi (Ω -cm)

l : Tinggi arang sekam padi yang terisi dalam pipa (cm)

A : Luas penampang pipa (cm^2)

r : Jari-jari pipa (cm)

2.6 Kerapatan Partikel Arang Sekam Padi

Resistivitas arang sekam padi sangat dipengaruhi oleh kerapatan partikel arang. Kerapatan adalah suatu besaran turunan dalam ilmu fisika yang secara umum lebih dikenal

dengan massa jenis. Maka dalam sebuah penelitian perlu diketahui kerapatan partikel arang sekam padi. Untuk menentukan kerapatan arang sekam padi dapat dihitung menggunakan Persamaan (2-5): (Bowles, 1986: 30)

$$K = \frac{m}{V} \quad (2-5)$$

Dengan

K : Kerapatan arang sekam padi (gram/cm³)

m : Massa arang sekam padi (gram)

V : Volume arang sekam padi dalam pipa (cm³)

2.7 Metode Pembumian

Pembumian pada peralatan gardu induk yang sering digunakan adalah sistem pembumian *grid*, *rod* dan gabungan antara keduanya yaitu *grid* dan *rod*. (Henry, 2008: 103)

2.7.1 Pembumian sistem *grid*

Pembumian sistem *grid* ini dilakukan dengan menanamkan batang-batang elektroda pembumian dalam tanah pada kedalaman beberapa cm, sejajar dengan permukaan tanah dan elektroda tersebut dihubungkan satu dengan yang lainnya sehingga membentuk beberapa jaringan. Makin banyak konduktor yang ditanam dengan sistem ini maka tegangan yang timbul pada permukaan tanah pada saat terjadi gangguan tanah akan terdistribusi merata. Pada pembumian sistem *grid* simetri ini apabila jumlah elektroda pembumian yang membentuk *grid* (kisi-kisi) menjadi banyak, maka akan menyerupai bentuk plat dan optimum untuk memperoleh nilai resistansi pembumian yang kecil. (Riva, 2015: 11)

Sehingga didapatkan perhitungan untuk resistansi pembumian sistem *grid* dapat ditunjukkan pada Persamaan (2-6) sebagai berikut: (Henry, 2008: 104)

$$R = \rho \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left\{ 1 + \frac{1}{1 + h \sqrt{\frac{20}{A}}} \right\} \right] \quad (2-6)$$

Dengan

R : Resistansi pembumian *grid* (Ω)

ρ : Resistansi jenis tanah (Ω -m)

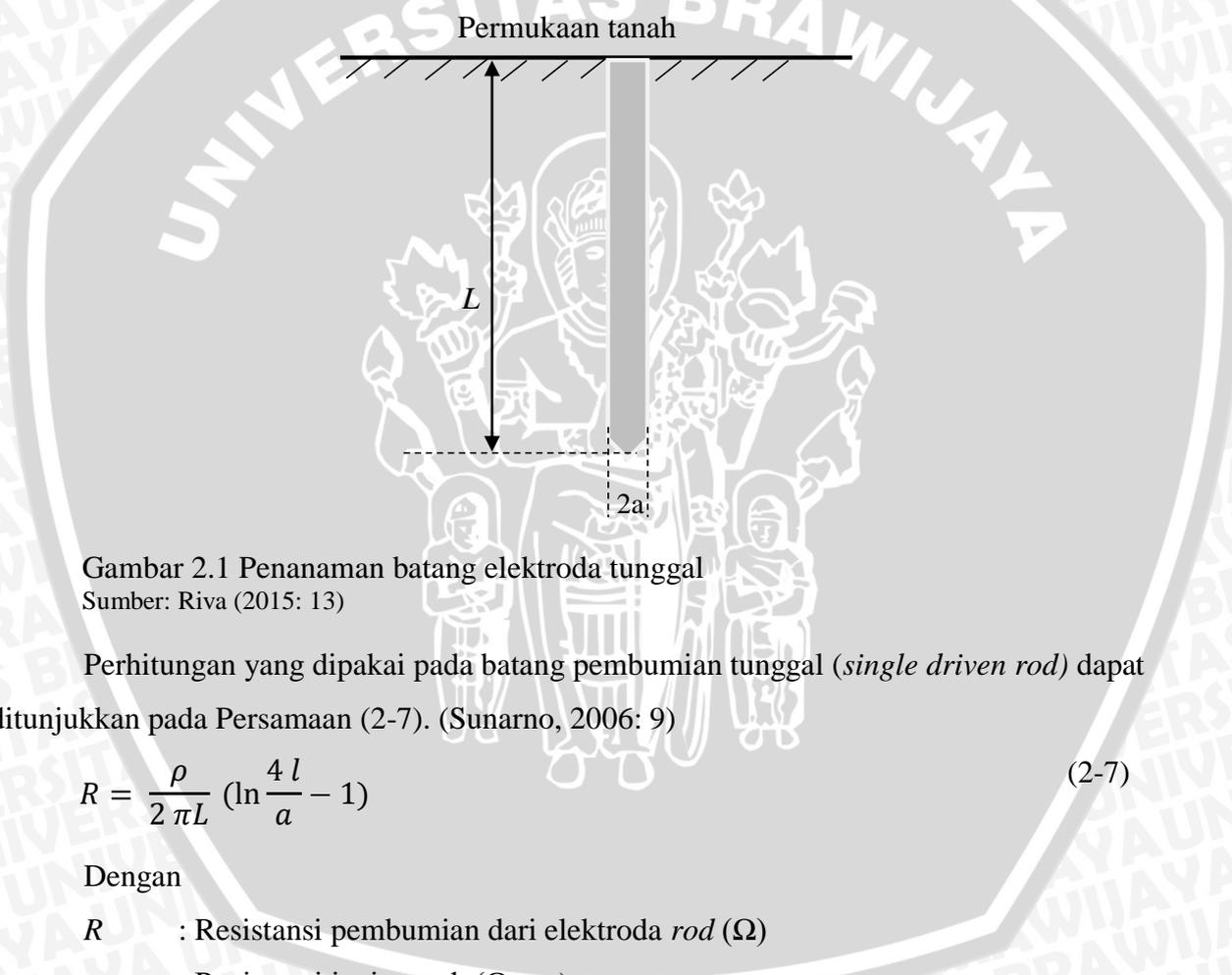
L : Total panjang konduktor (m)

A : Luas daerah yang dilingkupi (m²)

h : Kedalaman penanaman (m)

2.7.2 Pembumian sistem *rod*

Pembumian sistem *rod* dilakukan dengan menanamkan batang elektroda tegak lurus dengan permukaan tanah. Pada dasarnya sistem pembumian *rod* yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan nilai resistansi pembumian yang rendah sehingga memungkinkan arus gangguan dengan cepat terdistribusi ke tanah. Jika resistansi jenis tanah terlalu tinggi dengan satu batang elektroda, maka dapat digunakan beberapa batang konduktor pembumian yang saling dihubungkan sehingga tercapai hasil yang sesuai. Pada penanaman batang elektroda tunggal tegak lurus dengan permukaan tanah digunakan elektroda yang berbentuk silinder. Diasumsikan batang konduktor mempunyai panjang L dan jari-jari yang ditanam tegak lurus permukaan tanah dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1. (Riva, 2015:13)



Gambar 2.1 Penanaman batang elektroda tunggal

Sumber: Riva (2015: 13)

Perhitungan yang dipakai pada batang pembumian tunggal (*single driven rod*) dapat ditunjukkan pada Persamaan (2-7). (Sunarno, 2006: 9)

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4l}{a} - 1 \right) \quad (2-7)$$

Dengan

R : Resistansi pembumian dari elektroda *rod* (Ω)

ρ : Resistansi jenis tanah (Ω -cm)

a : Jari-jari batang elektroda *rod* (cm)

L : Kedalaman penanaman elektroda *rod* (cm)

2.7.3 Pembumian kombinasi

Pembumian kombinasi adalah sistem pembumian dengan kombinasi *grid* dan *rod*. Melalui sistem pembumian gabungan akan didapatkan nilai resistansi pembumian yang

dilakukan secara terpisah yakni *grid* dan *rod*. Jika terjadi kenaikan nilai resistansi jenis tanah maka nilai resistansi pembumian akan menjadi lebih besar pula. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan sistem pembumian gabungan antara *grid* dan *rod*. (Riva, 2015: 15)

Perhitungan yang dipakai dapat ditunjukkan pada Persamaan (2-8) untuk pembumian kombinasi adalah sebagai berikut: (Henry, 2008: 104)

$$R = \rho \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20} A} \left(1 + \frac{1}{1 + h \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \quad (2-8)$$

Dengan

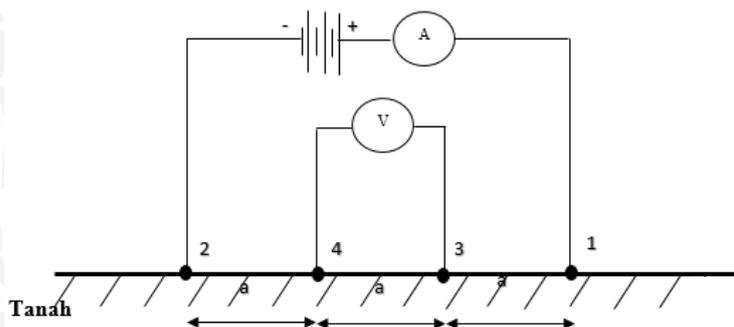
- R : Resistansi pembumian kombinasi (Ω)
 ρ : Resistansi jenis tanah (Ω)
 h : Kedalaman penanaman (m)
 A : Luas daerah yang dilingkupi (m^2)
 L_T : L_{total} kombinasi (m) = L_{grid} (m) + L_{rod} (m)
 L_{rod} : Jumlah *rod* dikali panjang *rod* (m)
 $L_{grid}(m)$: Total panjang koonduktor kisi-kisi utama (m) + total panjang koonduktor kisi-kisi melintang (m)

2.8 Metode Pengukuran

Metode yang digunakan dalam pengukuran resistansi tanah dan resistansi pembumian adalah menggunakan metode empat titik dan tiga titik yang dijelaskan sebagai berikut.

2.8.1 Pengukuran resistansi tanah

Resistansi tanah dapat diketahui dengan 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% dari jarak antara elektroda dan semua elektroda batang yang dimasukkan ke tanah harus memiliki kedalaman yang sama dapat ditunjukkan dalam Gambar (2.2). (Hutauruk, 1986: 142)



Gambar 2.2 Pengukuran resistivitas tanah menggunakan metode empat titik
 Sumber: Hutauruk (1986:142)

Arus I dapat mengalir dan dapat terbaca pada amperemeter karena adanya lebih dari satu buah elektroda batang yang dimasukkan ke tanah sehingga membentuk loop tertutup, arus masuk ke tanah melalui salah satu elektroda batang dan kembali melalui elektroda batang yang lain. Pengukuran resistansi tanah dengan menggunakan metode empat titik tidak dipengaruhi oleh diameter dari elektroda batang dan komponen penghantarnya, tetapi sangat dipengaruhi oleh jarak antara elektroda batang yang dimasukkan ke tanah. Dari Gambar 2.2 nilai dari resistivitas tanah dapat ditunjukkan pada Persamaan (2-9). (Hutauruk, 1986: 143)

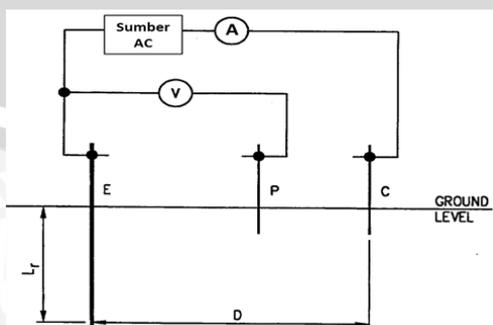
$$\rho = 2 \pi a R_{34} \tag{2-9}$$

Dengan

- a : Jarak antar elektroda batang yang dimasukkan ke tanah (cm)
- ρ : Resistivitas tanah (Ω)
- R : Resistansi (Ω)

2.8.2 Pengukuran resistansi pembumian

Untuk mengukur resistansi pembumian dilakukan dengan metode tiga titik dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3 adalah sebagai berikut: (Riva, 2015: 19)



Gambar 2.3 Metode Tiga Titik
 Sumber : Riva (2105: 19)



Dalam metode ini, kedalaman batang elektroda L_r yang ditempatkan di tanah yang akan di uji. Dua batang elektroda lainnya yakni batang elektroda (P) dan (C) yang dikenal sebagai batang pembumian pembantu di tanam segaris pada kedalaman yang tidak begitu dalam. Batang elektroda tegangan (P) harus terletak diantara batang elektroda uji (E) dan batang elektroda arus (C), pada garis pengubungannya. Untuk menghitung tahanan jenis tanah metode tiga titik dapat ditunjukkan pada Persamaan (2-10): (Riva, 2015: 15)

$$\rho = \frac{2\pi L_r R}{\ln\left(\frac{8L_r}{d}\right) - 1} \quad (2-10)$$

Dengan

ρ : Tahanan jenis tanah (Ωm)

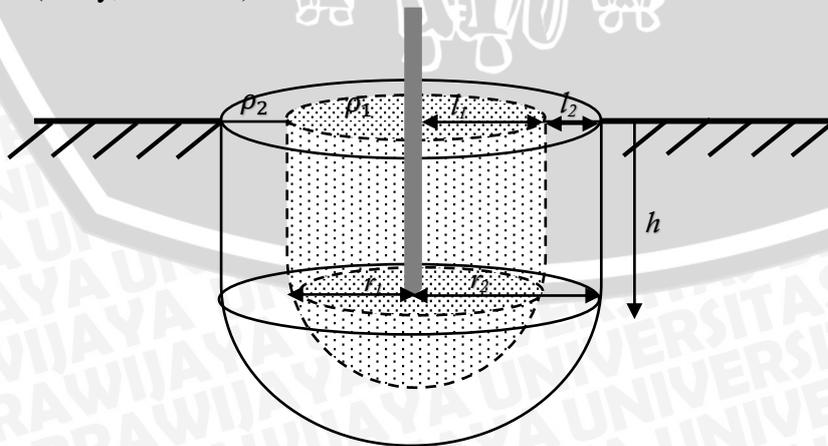
L_r : Panjang elektroda *rod* (m)

d : Diameter elektroda *rod* (m)

R : Resistansi pembumian (Ω)

2.9 Pengaruh Ketidakteragaman Lapisan Tanah Terhadap Nilai Resistansi Pembumian

Kandungan kimia dalam tanah sangat menentukan sifat-sifat kelistrikan dari tanah. Sifat kelistrikan berkaitan dengan nilai resistivitas. Faktor luar tanah menentukan nilai resistivitas (ρ) adalah campuran bahan lain seperti air, garam, larutan kimia dan sebagainya. Perbedaan unsur kimia mempengaruhi ketidakteragaman lapisan tanah. Sehingga tidak heran, apabila nilai resistivitas lapisan tanah bagian bawah menjadi lebih kecil dibandingkan dengan lapisan tanah bagian atas. Perhitungan untuk ketidakteragaman dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4. (Dedy, 2013: 17)



Gambar 2.4 Ketidakteragaman lapisan tanah
Sumber: Dedy (2013: 17)

Distribusi arus ke tanah adalah tegak lurus terhadap tanah, sehingga nilai resistansi pembumian untuk pengaruh ketidakteraturan dapat menggunakan Persamaan (2-11) dan (2-12). (Dedy, 2013: 18)

$$R_1 = \frac{\rho_1 l_1}{A_1} = \frac{\rho_1 l_1}{2\pi r_1 h + 2\pi r_1^2} \quad (2-11)$$

$$R_2 = \frac{\rho_2 l_2}{A_2} = \frac{\rho_2 l_2}{2\pi r_2 h + 2\pi r_2^2} \quad (2-12)$$

Untuk ketidakteraturan setiap lapisan tanah ke-n dapat ditunjukkan pada Persamaan (2-13).

$$R_n = \frac{\rho_n l_n}{A_n} = \frac{\rho_n l_n}{2\pi r_n h + 2\pi r_n^2} \quad (2-13)$$

Sehingga nilai resistansi pembumian dengan mengabaikan nilai resistansi elektroda batang dan resistansi kontak antara elektroda batang dengan tanah dapat dinyatakan pada Persamaan (2-14).

$$R_e = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (2-14)$$

Dengan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

R : Resistansi tanah (Ω)

ρ : Resistivitas tanah (Ωcm)

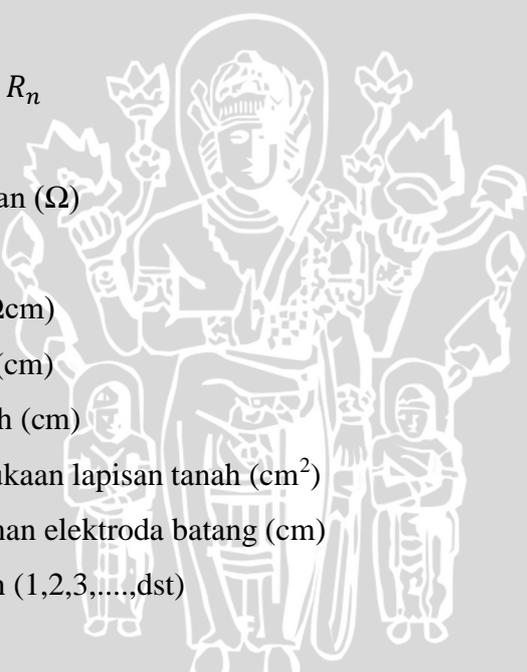
l : Tebal lapisan tanah (cm)

r : Jari-jari lapisan tanah (cm)

A : Luas rata-rata permukaan lapisan tanah (cm^2)

h : Kedalaman penanaman elektroda batang (cm)

n : Jumlah lapisan tanah (1,2,3,.....,dst)





BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah dengan melakukan pengukuran dilapangan dan data-data hasil pengukuran dianalisis. Adapun metode dalam penelitian ini meliputi:

3.1 Studi Literatur

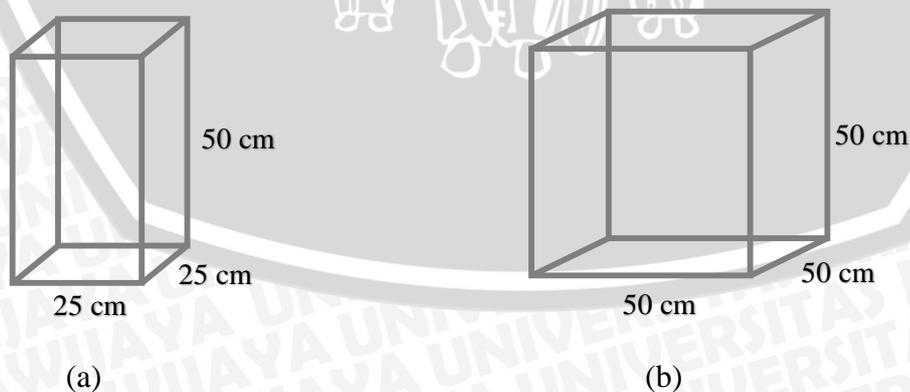
Studi literatur dilakukan dengan mempelajari buku-buku literatur yang berkaitan dengan sistem pembumian. Studi literatur bisa berupa media cetak dan media elektronik.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di rumah Agus Setyono RT 05 RW 01, Kelurahan Bakalan Krajan, Kecamatan Sukun, Kota Malang, Jawa Timur pada bulan Maret 2016.

3.3 Objek Uji

Terdapat 2 objek uji berupa elektroda kerangka balok yang terbuat dari *stainless steel* dengan diameter 8 mm ukuran dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1 dengan dimensi elektroda rangka balok yaitu 25 cm x 25 cm x 50 cm dan dimensi elektroda rangka kubus yaitu 50 cm x 50 cm x 50 cm. Panjang elektroda yang dibutuhkan pada elektroda rangka balok dan elektroda rangka kubus adalah 4 m dan 6 m.



Gambar 3.1 Dimensi elektroda (a) elektroda rangka balok (b) elektroda rangka kubus

3.4 Alat Ukur

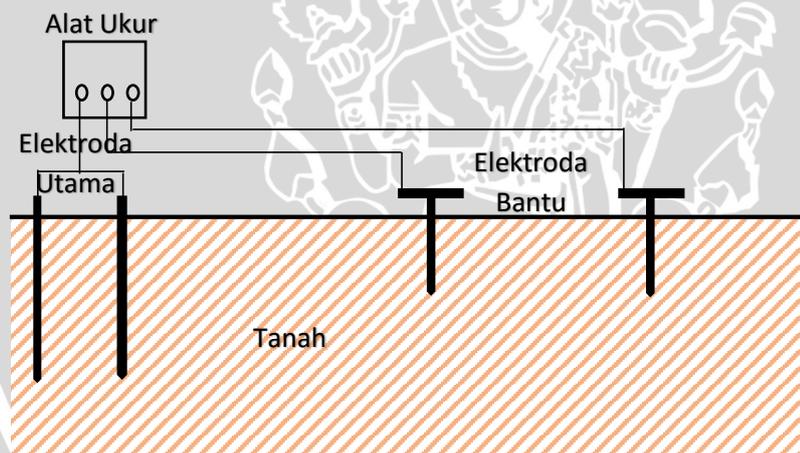
Alat ukur yang digunakan adalah *digital earth tester* seri 4105A. Alat ukur ini dirancang menurut standar IEC. Tampilan dari alat ukur dapat ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Digital Earth Tester*
Sumber: Ilmu listrik (2016:1)

3.5 Rangkaian Pengukuran Resistansi Tanah

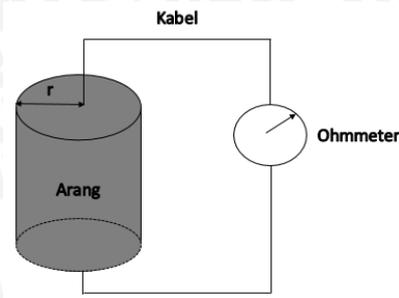
Tanah diukur dengan menggunakan metode empat titik untuk mendapatkan nilai resistansi tanah yang kemudian dapat ditentukan nilai resistansi menggunakan Persamaan (2-2) dan dapat ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Rangkaian pengukuran resistansi tanah

3.6 Rangkaian Pengukuran Resistansi Arang Sekam Padi

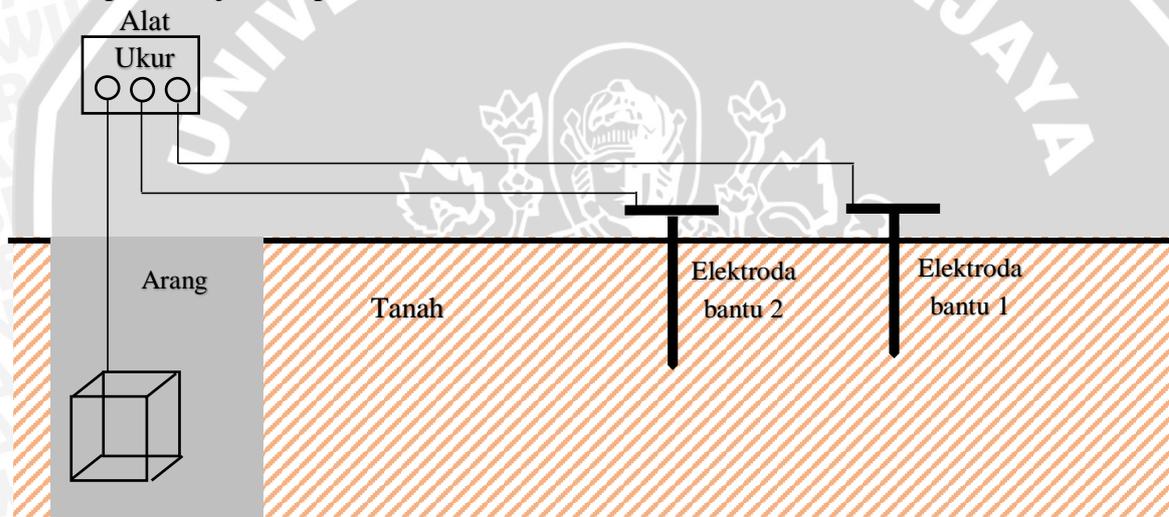
Arang sekam padi digunakan sebagai media untuk memperkecil nilai resistansi pembumian. Resistivitas arang sekam padi ditentukan secara tidak langsung yaitu dengan menggunakan elektroda plat sejajar berbahan *stainless steel* sehingga didapatkan nilai resistansi arang sekam padi. Rangkaian pengukuran resistansi arang sekam padi dapat ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Rangkaian pengukuran resistansi arang sekam padi

3.7 Rangkaian Pengukuran Resistansi Pembumian

Resistansi pembumian dilakukan dengan menggunakan metode tiga titik yang salah satunya dihubungkan langsung dengan objek uji dan dua yang lainnya adalah elektroda bantu dapat ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Rangkaian pengukuran resistansi pembumian

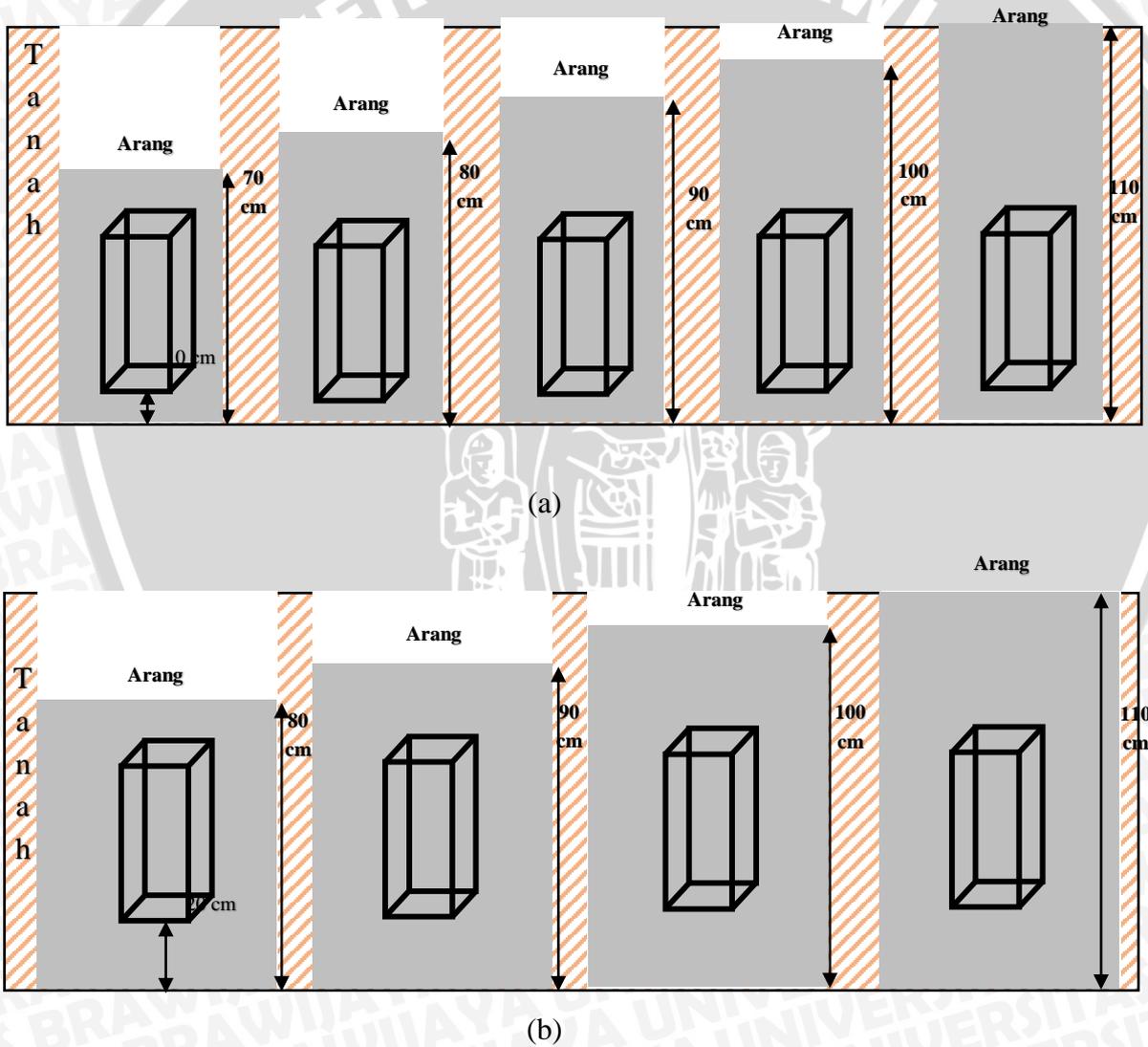
3.8 Analisis dan Pembahasan

Analisa data adalah pengolahan data yang telah dikumpulkan dengan metode yang diperoleh dari literatur yang ada, dengan mengetahui karakteristik pengaruh penambahan ketinggian arang sekam padi untuk memperkecil nilai resistansi pembumian seluruhnya diperlakukan dengan media sisipan 10 cm dan 20 cm, sehingga dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui:

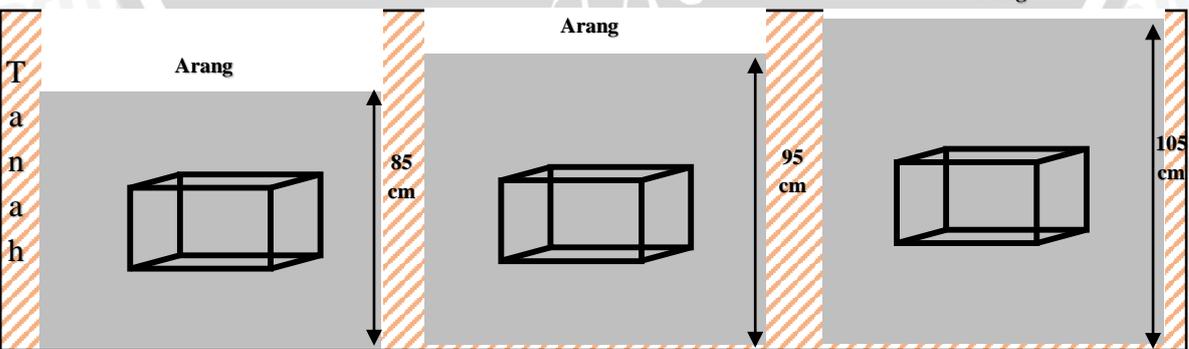
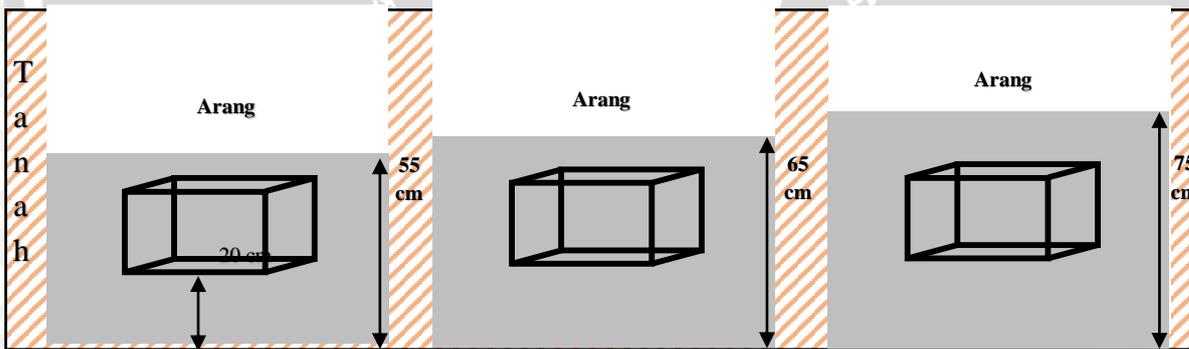
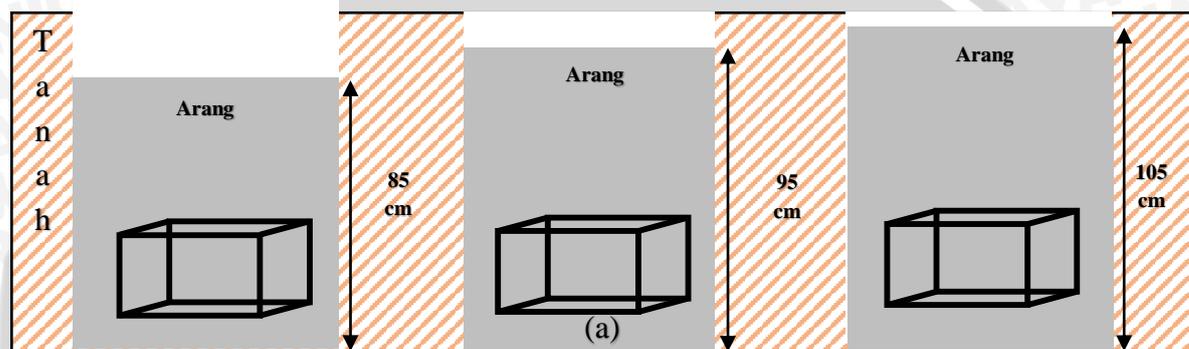
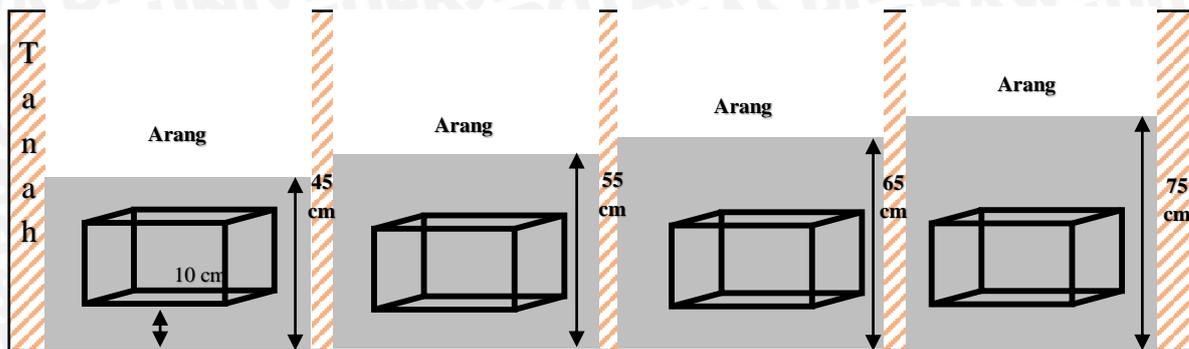
- Pengaruh penambahan ketinggian arang sekam padi terhadap nilai resistansi pembumian dengan mengatur ketinggian arang sekam padi yang dibuat berbeda dapat ditunjukkan pada Gambar 3.6a dengan media sisipan 10 cm ketinggian

menjadi 70 cm, 80 cm, 90 cm, 100 cm dan 110 cm. Dan pada Gambar 3.6b dengan media sisipan 20 cm menunjukkan ketinggian menjadi 80 cm, 90 cm, 100 cm dan 110 cm.

- b. Pengaruh posisi elektroda secara horizontal dapat ditunjukkan pada Gambar 3.7a dengan media sisipan 10 cm sehingga ketinggian menjadi 45 cm, 55 cm, 65 cm, 75 cm, 85 cm, 95 cm, dan 105 cm. Dan pada Gambar 3.7b dengan media sisipan menunjukkan ketinggian menjadi 55 cm, 65 cm, 75 cm, 85 cm, 95 cm, dan 105 cm.
- c. Pengaruh penambahan kadar air arang sekam padi terhadap nilai resistansi pembumian.



Gambar 3.6 Penambahan media arang sekam padi pada elektroda dengan media sisipan (a) 10 cm, (b) 20 cm



(b)



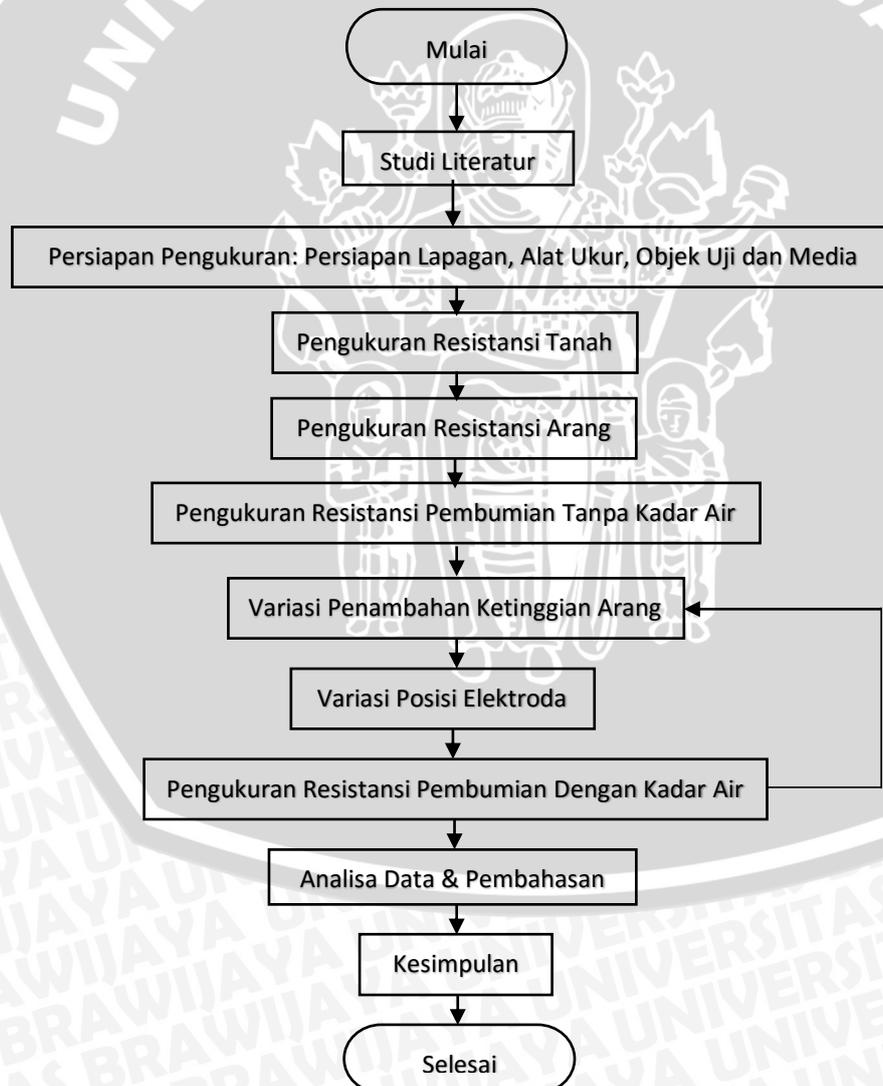
Gambar 3.7 Penambahan media arang sekam padi pada elektroda posisi horizontal dengan media sisipan (a) 10 cm, (b) 20 cm

3.9 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Dari analisis dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan yang merupakan intisari dari penulisan skripsi ini dan disertakan pula saran dari penulis untuk mengembangkan penelitian ke depan yang terkait dengan permasalahan ini.

3.10 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian resistansi pembumian elektroda kerangka balok dengan memanfaatkan arang sekam padi dapat ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Diagram alir penelitian

Pada Gambar 3.8 dapat ditunjukkan diagram alir penelitian yang diawali dengan tahap studi literatur yaitu dengan membaca buku yang berkaitan dengan sistem pembumian. Sebelum pengukuran dilakukan perlu dipersiapkan lapangan, alat ukur, objek uji dan media. Perlu dilakukan pengukuran penunjang yaitu mengukur resistansi tanah dan resistansi arang. Selanjutnya dilakukan pengukuran resistansi pembumian tanpa dan menggunakan penambahan kadar air dengan variasi penambahan ketinggian media dan posisi elektroda. Setelah pengukuran selesai, maka dapat dianalisis dan ditarik kesimpulan serta saran dari pengukuran yang telah dilakukan.





BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran Resistivitas, Kadar Air dan Kerapatan

Sebelum melakukan pengukuran resistansi pembedaan, maka perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut:

4.1.1 Penentuan resistivitas tanah

Resistansi tanah ditentukan dengan menggunakan elektroda batang yang ditanam pada kedalaman (Lr) 1 m, diameter (d) 16 mm. Dari hasil pengukuran resistansi pembedaan (R) adalah 414 Ω . Nilai resistivitas tanah dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2-10) yaitu:

$$\rho = \frac{2 \times \pi \times Lr \times R}{\ln\left(\frac{8 \times Lr}{d}\right) - 1}$$

$$\rho = \frac{2 \times 3,14 \times 1 \times 414}{\ln\left(\frac{8 \times 1}{0,015}\right) - 1}$$

$$\rho = 492,5 \Omega\text{m}$$

Jadi nilai resistivitas tanah dilapangan dari hasil pengukuran adalah 492,5 Ωm .

4.1.2 Penambahan kadar air dalam arang sekam padi

Pengukuran untuk menentukan kadar air dilakukan dengan merendam arang sekam padi ke dalam air. Kemudian ditiriskan dan diangin-anginkan dalam waktu tertentu. Terdapat 2 tingkat pembasahan yaitu tingkat pembasahan 1 dan tingkat pembasahan 2. Untuk mendapatkan tingkat pembasahan digunakan 3 sampel arang sekam padi masing – masing seberat 150 gram yaitu massa arang sekam padi kering (m_k), massa arang sekam padi tingkat pembasahan 1 (m_{b1}), dan massa arang sekam padi tingkat pembasahan 2 (m_{b2}).

Dengan menggunakan Persamaan (2-1) dapat ditentukan kadar air tingkat pembasahan 1 dan tingkat pembasahan 2. Kadar air tingkat pembasahan 1 didapat dengan merendam arang sekam padi selama 30 menit kemudian ditiriskan dan diangin-anginkan . Massa arang sekam padi menjadi 175 gram. Sedangkan kadar air tingkat pembasahan 2 didapat dengan merendam arang sekam padi selama 60 menit kemudian ditiriskan dan diangin-anginkan. Massa arang sekam padi menjadi 200 gram, maka kadar air dapat ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Tabel Kadar Air Arang Sekam Padi

Kadar air ($KA = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\%$)	
Arang tingkat pembasahan 1	Arang tingkat pembasahan 2
$KA = \frac{m_{b1} - m_k}{m_k} \times 100\%$	$KA = \frac{m_{b2} - m_k}{m_k} \times 100\%$
$KA = \frac{175 - 150}{150} \times 100\%$	$KA = \frac{200 - 150}{150} \times 100\%$
16,66 %	33,33 %

Pada Tabel 4.1 menunjukkan hasil perhitungan prosentase kadar air arang sekam padi tingkat pembasahan 1 dan tingkat pembasahan 2 adalah 16,66 % dan 33,33 %.

4.1.3 Penentuan resistivitas arang sekam padi kondisi kering dan basah

Resistivitas arang sekam padi ditentukan secara tidak langsung yaitu dengan mengukur resistansi arang sekam padi diantara plat sejajar. Jarak sela antara plat (l) 2 cm dan jari-jari elektroda berbentuk lingkaran (r) 5,7 cm dapat ditunjukkan pada Gambar 3.4. Data hasil pengukuran nilai resistansi arang sekam padi kering (R_k) adalah 289 Ω , nilai resistansi arang sekam padi tingkat pembasahan 1 (R_{b1}) adalah 46 Ω dan nilai resistansi arang sekam padi tingkat pembasahan 2 (R_{b2}) adalah 18 Ω .

Nilai resistivitas arang sekam padi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2-4) dapat ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Tabel Resistivitas Arang Sekam Padi

Resistivitas Arang Sekam Padi ($\rho = \frac{\pi \times r^2 \times R}{l}$)		
Kering	Tingkat pembasahan 1	Tingkat pembasahan 2
$\rho_k = \frac{3,14 \times (5,7)^2 \times 289}{2}$	$\rho_{b1} = \frac{3,14 \times (5,7)^2 \times 46}{2}$	$\rho_{b2} = \frac{3,14 \times (5,7)^2 \times 18}{2}$
147,41 Ωm	23,46 Ωm	18,36 Ωm .

Pada Tabel 4.2 menunjukkan hasil perhitungan nilai resistivitas arang sekam padi kondisi kering, tingkat pembasahan 1 dan tingkat pembasahan 2. Maka didapat nilai resistivitas dari hasil pengukuran adalah 147,41 Ωm , 23,46 Ωm dan 18,36 Ωm . Dapat disimpulkan bahwa arang sekam padi kondisi kering dan basah dapat digunakan untuk menurunkan nilai resistansi pembumian.

4.1.4 Penentuan kerapatan partikel arang sekam padi kondisi kering dan basah

Kerapatan partikel arang sekam padi perlu diketahui karena mempengaruhi volume media yang ditambahkan sehingga sifat media menjadi lebih konduktif. Kerapatan partikel arang sekam padi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2-5) dan dapat ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Tabel Kerapatan Partikel Arang Sekam Padi

Kerapatan Partikel ($K = \frac{m}{v}$)		
Media		
Arang Kering	Arang Tingkat Pemasahan 1	Arang Tingkat Pemasahan 2
$K = \frac{150}{20,24}$	$K = \frac{175}{20,24}$	$K = \frac{200}{20,24}$
0,785 gram/cm ³	0,857 gram/cm ³	0,980 gram/cm ³

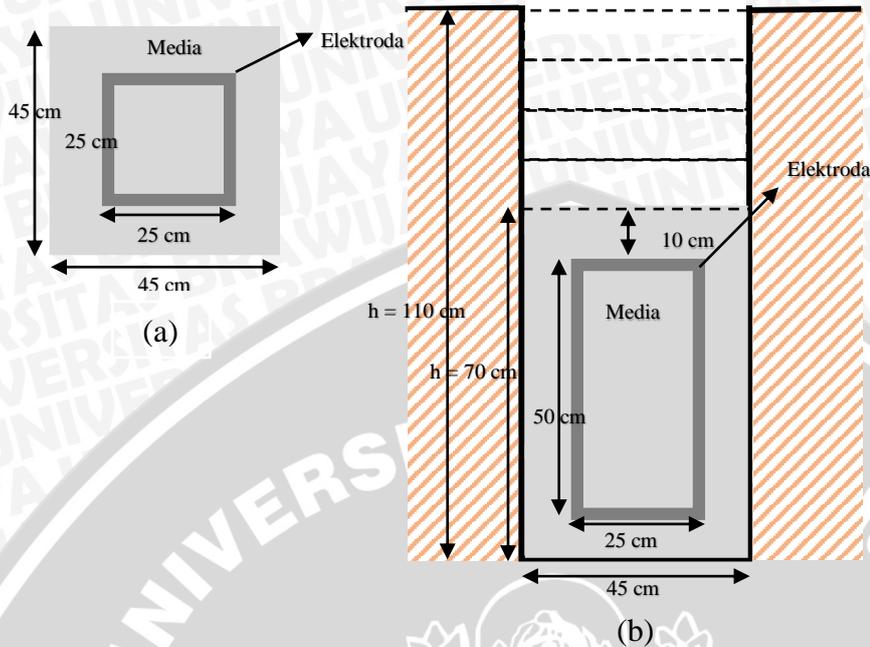
Pada Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengukuran nilai kerapatan arang sekam padi kering, tingkat pemasahan 1 dan tingkat pemasahan 2 adalah 0,785 gram/cm³, 0,857 gram/cm³ dan 0,980 gram/cm³. Dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai kerapatan partikel arang sekam padi dengan ukuran partikel yang sama, maka resistansinya akan semakin besar. Sebaliknya apabila semakin besar nilai kerapatan partikel arang sekam padi pada ukuran partikel yang sama maka nilai resistansinya akan semakin kecil.

4.2 Pengukuran Resistansi Pembumian dengan Menggunakan Elektroda Rangka Balok

Elektroda rangka balok ditanam pada kedalaman 110 cm dengan variasi media tanah, arang kering, arang tingkat pemasahan 1 dan tingkat pemasahan 2 untuk menurunkan nilai resistansi pembumian.

4.2.1 Pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok variasi penambahan ketinggian media dengan media sisipan 10 cm

Media sisipan ditambahkan sebesar 10 cm, kemudian diletakkan elektroda rangka balok. Media ditambah lagi sampai batas ketinggian elektroda rangka balok. Selanjutnya dilakukan pengukuran resistansi pembumian dengan menambahkan media tiap 10 cm dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Letak elektroda rangka balok dengan media sisipan 10 cm (a) tampak atas, (b) tampak samping

Hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media tanah dengan media sisipan 10 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.2.

Tabel 4.4 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok pada Media Tanah dengan Media Sisipan 10 cm

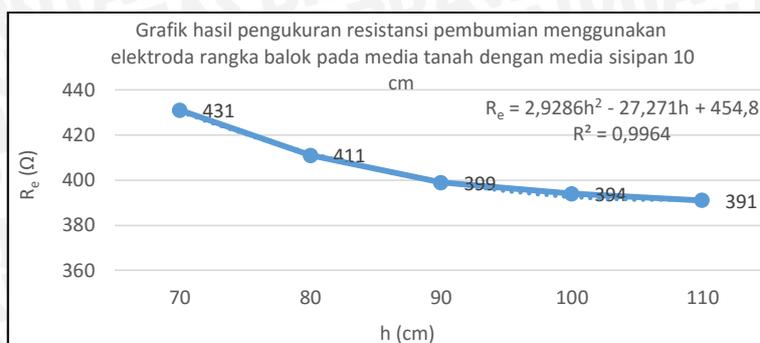
No	h (cm)	Pengukuran (Ω)	Media Tanah			
			ΔR_{e1}		ΔR_{e2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	70	431	0	0	0	0
2	80	411	20	4,64	20	4,64
3	90	399	12	2,91	32	7,42
4	100	394	5	1,25	37	8,58
5	110	391	3	0,76	40	9,28

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

ΔR_{e1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

ΔR_{e2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.2 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media tanah dengan media sisipan 10 cm

Pada Tabel 4.4 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media tanah dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 80 cm dijelaskan bahwa nilai $\Delta_{R_{e1}}$ mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 20 Ω dengan prosentase 4,64 % dan hal itu terjadi juga pada nilai $\Delta_{R_{e2}}$. Dan pada ketinggian 110 cm nilai $\Delta_{R_{e1}}$ tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 3 Ω dengan prosentase 0,76 %, namun berbeda dengan nilai $\Delta_{R_{e2}}$ yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 40 Ω dengan prosentase 9,28 %. Hal ini dikarenakan media tanah mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama juga tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.2 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda balok pada media tanah dengan media sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media tanah maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Data hasil pengukuran untuk media arang kering dapat ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.3.

Tabel 4.5 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok pada Media Arang Kering dengan Media Sisipan 10 cm

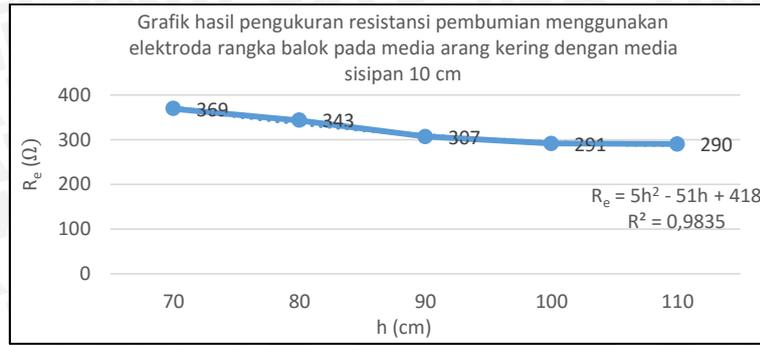
No	h (cm)	Media Arang Kering				
		Pengukuran (Ω)	$\Delta_{R_{e1}}$		$\Delta_{R_{e2}}$	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	70	369	0	0	0	0
2	80	343	53	14,36	53	14,36
3	90	307	36	10,49	89	24,11
4	100	291	16	5,21	105	28,45
5	110	290	1	3,43	106	28,72

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

$\Delta_{R_{e1}}$: Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

$\Delta_{R_{e2}}$: Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.3 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm

Pada Tabel 4.5 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 80 cm dijelaskan bahwa nilai $\Delta_{R_{e1}}$ mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 53 Ω dengan prosentase 14,36 % dan hal itu terjadi juga pada nilai $\Delta_{R_{e2}}$. Dan pada ketinggian 110 cm nilai $\Delta_{R_{e1}}$ tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 1 Ω dengan prosentase 3,43 %, namun berbeda dengan nilai $\Delta_{R_{e2}}$ yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 106 Ω dengan prosentase 28,72 %. Hal ini dikarenakan media arang kering mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama juga tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.3 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang kering maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Kemudian data hasil pengukuran dari resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.4.

Tabel 4.6 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok pada Media Arang Tingkat Pembasahan 1 dengan Media Sisipan 10 cm

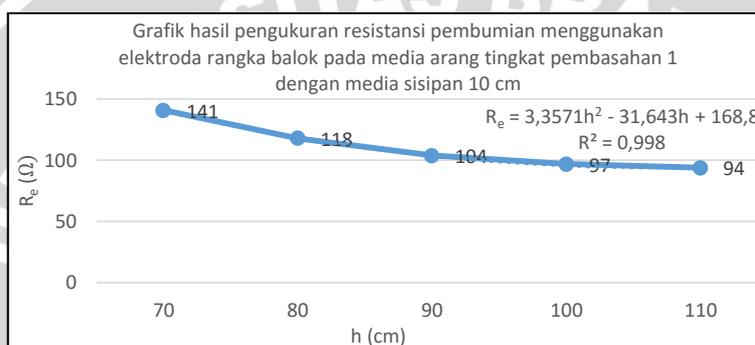
No	h (cm)	Media Arang Tingkat Pembasahan 1				
		Pengukuran (Ω)	Δ_{Re1}		Δ_{Re2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	70	141	0	0	0	0
2	80	118	23	16,31	23	16,31
3	90	104	14	11,86	37	26,24
4	100	97	7	6,73	44	31,20
5	110	94	3	3,09	47	33,33

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

Δ_{Re1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

Δ_{Re2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.4 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm

Pada Tabel 4.6 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 80 cm dijelaskan bahwa nilai Δ_{Re1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 23 Ω dengan prosentase 16,31 % dan hal itu terjadi juga pada nilai Δ_{Re2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai Δ_{Re1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 3 Ω dengan prosentase 3,09 %, namun berbeda dengan nilai Δ_{Re2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 47 Ω dengan prosentase 33,33 %. Hal ini dikarenakan media arang tingkat pembasahan 1 mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama juga tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.4 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang tingkat pembasahan 1 maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Dan data hasil pengukuran dari resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.5.

Tabel 4.7 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok pada Media Arang Tingkat Pembasahan 2 dengan Media Sisipan 10 cm

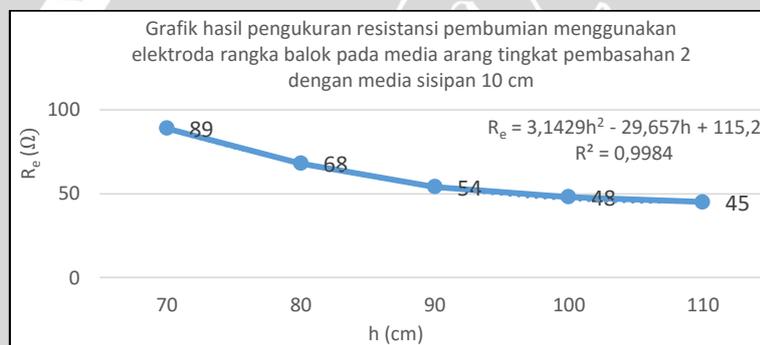
No	h (cm)	Media Arang Tingkat Pembasahan 2				
		Pengukuran (Ω)	Δ_{Re1}		Δ_{Re2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	70	89	0	0	0	0
2	80	68	21	23,59	21	23,59
3	90	54	14	20,58	35	39,32
4	100	48	6	11,11	41	46,06
5	110	45	3	6,66	44	49,43

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

Δ_{Re1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

Δ_{Re2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

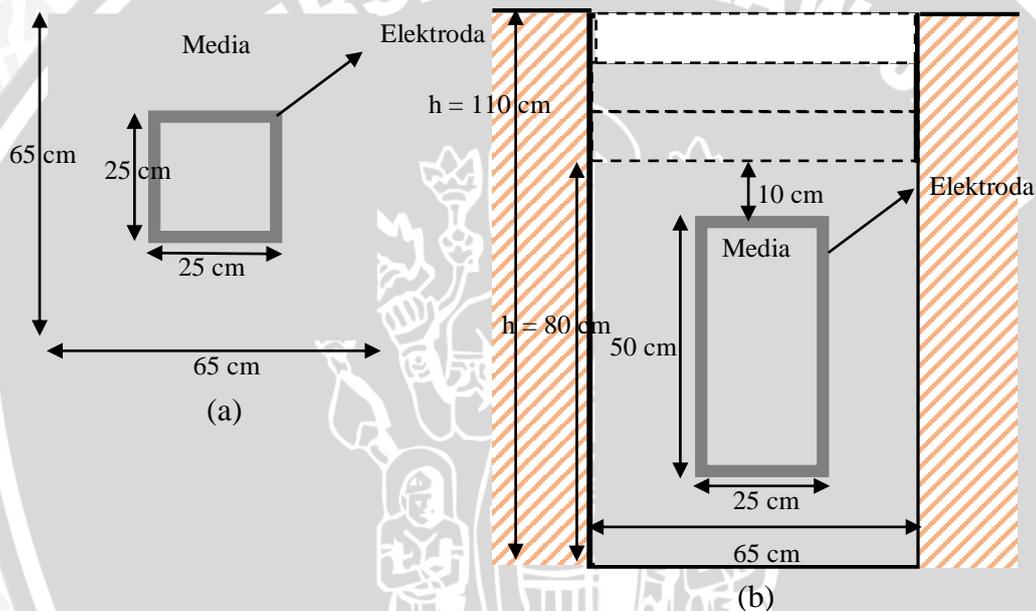
Gambar 4.5 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm

Pada Tabel 4.7 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 80 cm dijelaskan bahwa nilai Δ_{Re1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 21 Ω dengan prosentase 23,59 % dan hal itu terjadi juga pada nilai Δ_{Re2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai Δ_{Re1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 3 Ω dengan prosentase 6,66 %, namun berbeda dengan nilai Δ_{Re2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 44 Ω dengan prosentase 49,43 %. Hal ini dikarenakan media arang tingkat pembasahan 1 mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama juga tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.5 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian

menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan ketinggian media arang tingkat pembasahan 2 maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

4.2.2 Pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok variasi penambahan ketinggian media dengan media sisipan 20 cm

Media sisipan ditambahkan sebesar 20 cm, kemudian diletakkan elektroda rangka balok. Media ditambah lagi sampai batas ketinggian elektroda rangka balok. Selanjutnya dilakukan pengukuran resistansi pembumian dengan menambahkan media tiap 10 cm dapat ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Letak elektroda rangka balok dengan media sisipan 20 cm (a) tampak atas, (b) tampak samping

Pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media tanah dengan media sisipan 20 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.7.

Tabel 4.8 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok pada Media Tanah dengan Media Sisipan 20 cm

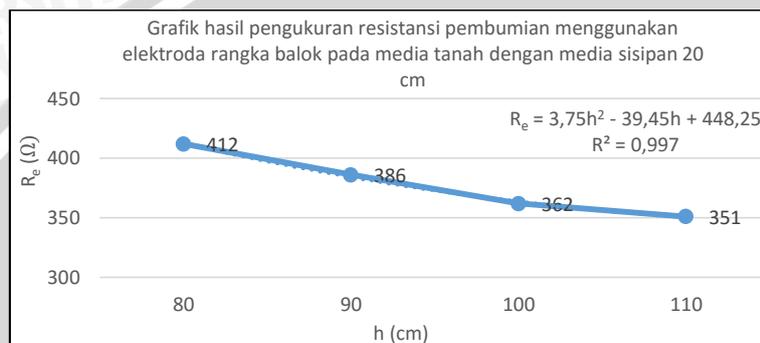
No	h (cm)	Media Tanah				
		Pengukuran (Ω)	ΔR_{e1}		ΔR_{e2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	80	412	0	0	0	0
2	90	386	26	6,31	26	6,31
3	100	362	24	6,21	50	12,13
4	110	351	11	3,03	61	14,80

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

ΔR_{e1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

ΔR_{e2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.7 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media tanah dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.8 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media tanah dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 90 cm dijelaskan bahwa nilai ΔR_{e1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 26 Ω dengan prosentase 6,31 % dan hal itu terjadi juga pada nilai ΔR_{e2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai ΔR_{e1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 11 Ω dengan prosentase 3,03 %, namun berbeda dengan nilai ΔR_{e2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 61 Ω dengan prosentase 14,80 %. Hal ini dikarenakan media tanah mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.7 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media tanah dengan media sisipan 20 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan ketinggian media tanah maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Data hasil pengukuran untuk media arang kering dapat ditunjukkan pada Tabel 4.9 dan Gambar 4.8.

Tabel 4.9 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok pada Media Arang Kering dengan Media Sisipan 20 cm

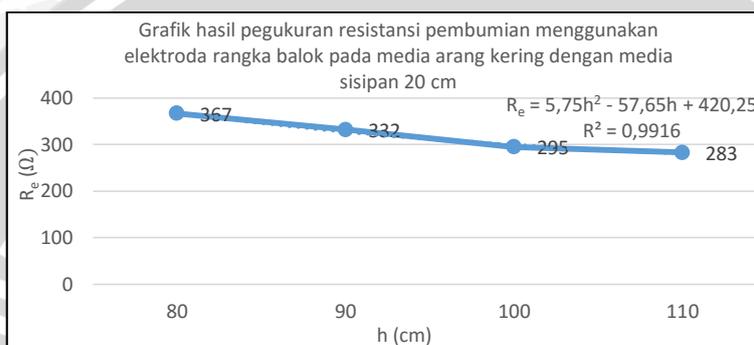
No	h (cm)	Media Arang Kering				
		Pengukuran (Ω)	ΔR_{e1}		ΔR_{e2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	80	367	0	0	0	0
2	90	332	44	11,98	44	11,98
3	100	295	28	8,43	72	19,61
4	110	283	20	6,77	92	25,06

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

ΔR_{e1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

ΔR_{e2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.8 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.9 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 90 cm dijelaskan bahwa nilai ΔR_{e1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 44 Ω dengan prosentase 11,98 % dan hal itu terjadi juga pada nilai ΔR_{e2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai ΔR_{e1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 20 Ω dengan prosentase 6,77 %, namun berbeda dengan nilai ΔR_{e2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 92 Ω dengan prosentase 25,06 %. Hal ini dikarenakan media arang kering mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.8 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang kering maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Kemudian data hasil pengukuran dari resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.9.

Tabel 4.10 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok pada Media Arang Tingkat Pembasahan 1 dengan Media Sisipan 20 cm

No	h (cm)	Media Arang Tingkat Pembasahan 1				
		Pengukuran (Ω)	Δ_{Re1}		Δ_{Re2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	80	119	0	0	0	0
2	90	106	13	10,92	13	10,92
3	100	96	10	9,43	23	19,32
4	110	87	9	9,37	32	26,89

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

Δ_{Re1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

Δ_{Re2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.9 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.10 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 90 cm dijelaskan bahwa nilai Δ_{Re1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 13 Ω dengan prosentase 10,92 % dan hal itu terjadi juga pada nilai Δ_{Re2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai Δ_{Re1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 9 Ω dengan prosentase 9,37 %, namun berbeda dengan nilai Δ_{Re2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 32 Ω dengan prosentase 26,89 %. Hal ini dikarenakan media arang tingkat pembasahan 1 mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.9 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media

sisipan 20 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang tingkat pembasahan 1 maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Dan data hasil pengukuran dari resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.11 dan Gambar 4.10.

Tabel 4.11 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok pada Media Arang Tingkat Pembasahan 2 dengan Media Sisipan 20 cm

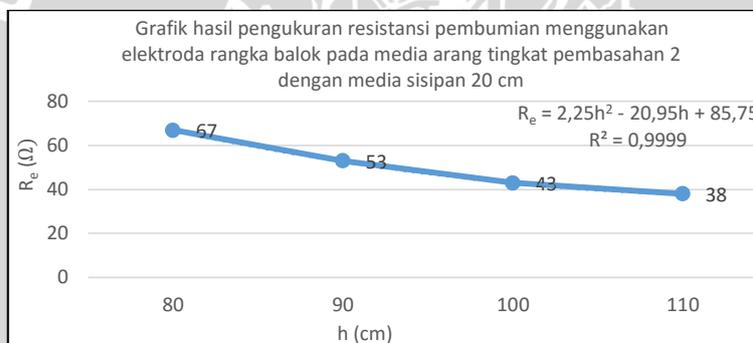
No	h (cm)	Media Arang Tingkat Pembasahan 2				
		Pengukuran (Ω)	ΔR_{e1}		ΔR_{e2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	80	67	0	0	0	0
2	90	53	14	20,89	14	20,89
3	100	43	10	18,86	24	35,82
4	110	38	5	11,62	29	43,28

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

ΔR_{e1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

ΔR_{e2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

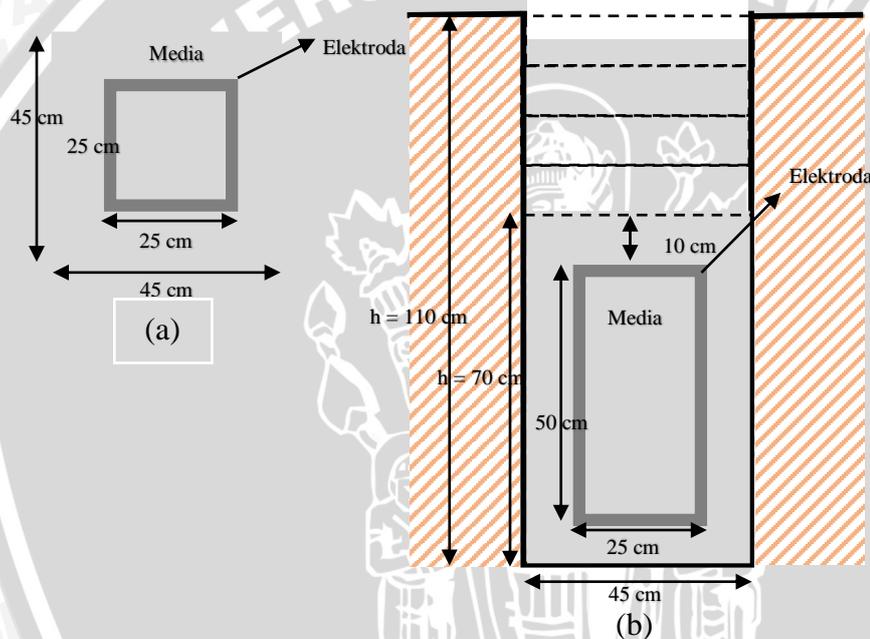
Gambar 4.10 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.11 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 90 cm dijelaskan bahwa nilai ΔR_{e1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 14 Ω dengan prosentase 20,89 % dan hal itu terjadi juga pada nilai ΔR_{e2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai ΔR_{e1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 5 Ω dengan prosentase 11,62 %, namun berbeda dengan nilai ΔR_{e2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 29 Ω dengan prosentase 43,28 %. Hal ini dikarenakan media arang tingkat pembasahan 1 mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan

pada Gambar 4.10 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan ketinggian media arang tingkat pembasahan 2 maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

4.2.3 Pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok variasi posisi vertikal dengan media sisipan 10 cm

Media sisipan ditambahkan sebesar 10 cm, kemudian diletakkan elektroda rangka balok secara vertikal. Media ditambah lagi sampai batas ketinggian elektroda rangka balok. Selanjutnya dilakukan pengukuran resistansi pembumian dengan menambahkan media tiap 10 cm dapat ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Letak elektroda rangka balok posisi vertikal dengan media sisipan 10 cm (a) tampak atas, (b) tampak samping

Hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media tanah dengan media sisipan 10 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.12 dan Gambar 4.12.

Tabel 4.12 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Vertikal pada Media Tanah dengan Media Sisipan 10 cm

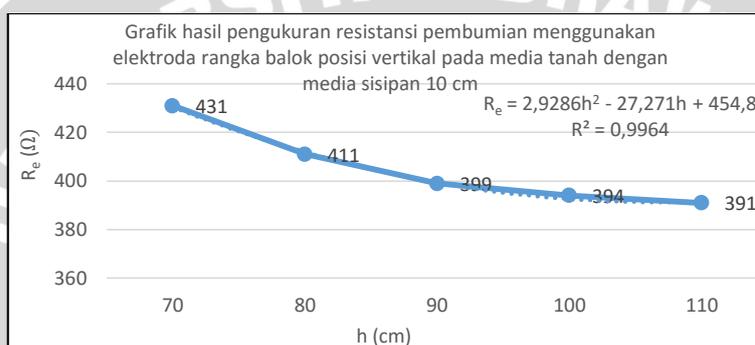
No	h (cm)	Pengukuran (Ω)	Media Tanah			
			ΔR_{e1}		ΔR_{e2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	70	431	0	0	0	0
2	80	411	20	4,64	20	4,64
3	90	399	12	2,91	32	7,42
4	100	394	5	1,25	37	8,58
5	110	391	3	0,76	40	9,28

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

ΔR_{e1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

ΔR_{e2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

Re : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.12 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media tanah dengan media sisipan 10 cm

Pada Tabel 4.12 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media tanah dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 80 cm dijelaskan bahwa nilai ΔR_{e1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 20 Ω dengan prosentase 4,64 % dan hal itu terjadi juga pada nilai ΔR_{e2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai ΔR_{e1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 3 Ω dengan prosentase 0,76 %, namun berbeda dengan nilai ΔR_{e2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 40 Ω dengan prosentase 9,28 %. Hal ini dikarenakan media tanah mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama juga tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.12 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media tanah dengan media sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media tanah maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Data hasil pengukuran untuk media arang kering dapat ditunjukkan pada Tabel 4.13 dan Gambar 4.13.

Tabel 4.13 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Vertikal pada Media Arang Kering dengan Media Sisipan 10 cm

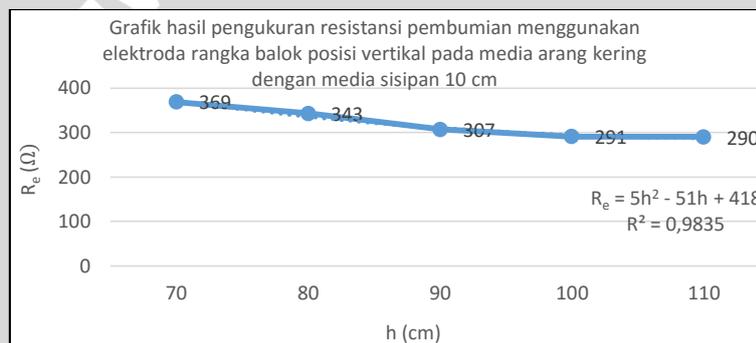
No	h (cm)	Media Arang Kering				
		Pengukuran (Ω)	ΔR_{e1}		ΔR_{e2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	70	369	0	0	0	0
2	80	343	53	14,36	53	14,36
3	90	307	36	10,49	89	24,11
4	100	291	16	5,21	105	28,45
5	110	290	1	3,43	106	28,72

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

ΔR_{e1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

ΔR_{e2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.13 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm

Pada Tabel 4.13 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 80 cm dijelaskan bahwa nilai ΔR_{e1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 53 Ω dengan prosentase 14,36 % dan hal itu terjadi juga pada nilai ΔR_{e2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai ΔR_{e1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 1 Ω dengan prosentase 3,43 %, namun berbeda dengan nilai ΔR_{e2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 106 Ω dengan prosentase 28,72 %. Hal ini dikarenakan media arang kering mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama juga tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.13 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang kering dengan media

sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang kering maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Kemudian data hasil pengukuran dari resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.14 dan Gambar 4.14.

Tabel 4.14 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Vertikal pada Media Arang Tingkat Pembasahan 1 dengan Media Sisipan 10 cm

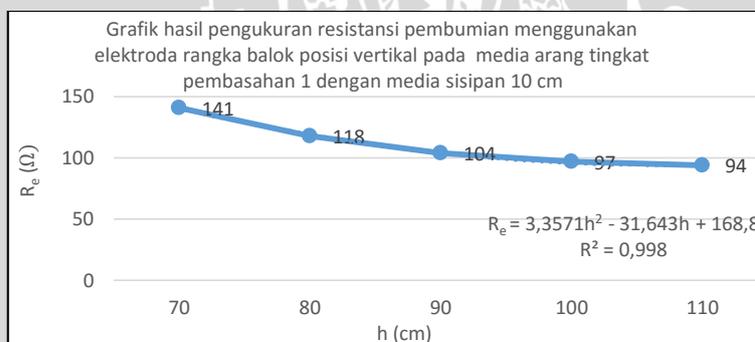
No	h (cm)	Media Arang Tingkat Pembasahan 1				
		Pengukuran (Ω)	$\Delta_{R_{e1}}$		$\Delta_{R_{e2}}$	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	70	141	0	0	0	0
2	80	118	23	16,31	23	16,31
3	90	104	14	11,86	37	26,24
4	100	97	7	6,73	44	31,20
5	110	94	3	3,09	47	33,33

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

$\Delta_{R_{e1}}$: Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

$\Delta_{R_{e2}}$: Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.14 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm

Pada Tabel 4.14 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 80 cm dijelaskan bahwa nilai $\Delta_{R_{e1}}$ mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 23 Ω dengan prosentase 16,31 % dan hal itu terjadi juga pada nilai $\Delta_{R_{e2}}$. Dan pada ketinggian 110 cm nilai $\Delta_{R_{e1}}$ tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 3 Ω dengan prosentase 3,09 %, namun berbeda dengan nilai $\Delta_{R_{e2}}$ yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 47 Ω dengan prosentase 33,33 %. Hal ini dikarenakan media arang tingkat pembasahan 1 mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan

dengan media yang sama juga tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.14 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda balok pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang tingkat pembasahan 1 maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Dan data hasil pengukuran dari resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.15 dan Gambar 4.15.

Tabel 4.15 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Vertikal pada Media Arang Tingkat Pembasahan 2 dengan Media Sisipan 10 cm

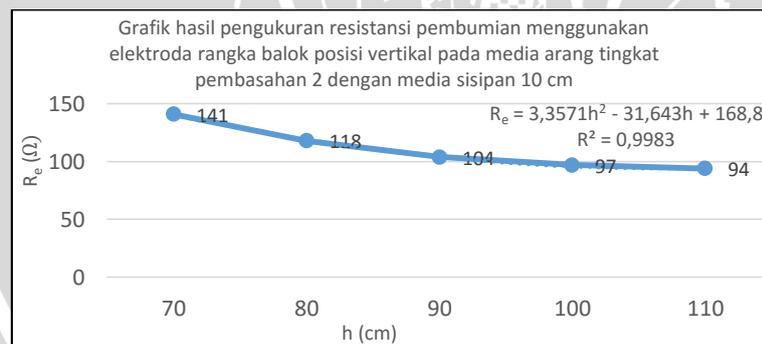
No	h (cm)	Media Arang Tingkat Pembasahan 2				
		Pengukuran (Ω)	ΔR_{e1}		ΔR_{e2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	70	89	0	0	0	0
2	80	68	21	23,59	21	23,59
3	90	54	14	20,58	35	39,32
4	100	48	6	11,11	41	46,06
5	110	45	3	6,66	44	49,43

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

ΔR_{e1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

ΔR_{e2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.15 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm

Pada Tabel 4.15 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 80 cm dijelaskan bahwa nilai ΔR_{e1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 21 Ω dengan prosentase 23,59 % dan hal itu terjadi juga pada nilai ΔR_{e2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai ΔR_{e1} tidak mengalami penurunan yang

Tabel 4.16 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Vertikal pada Media Tanah dengan Media Sisipan 20 cm

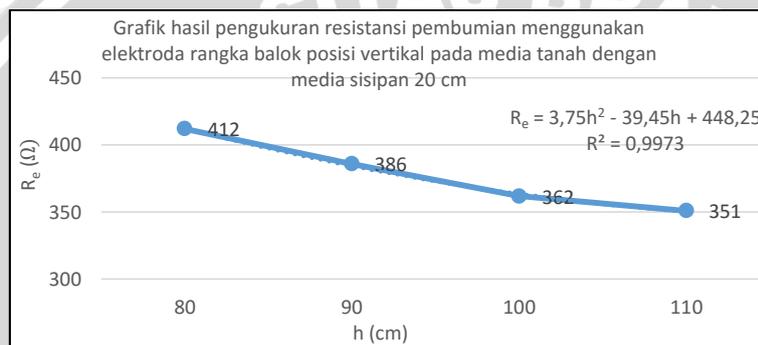
No	h (cm)	Media Tanah				
		Pengukuran (Ω)	ΔR_{e1}		ΔR_{e2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	80	412	0	0	0	0
2	90	386	26	6,31	26	6,31
3	100	362	24	6,21	50	12,13
4	110	351	11	3,03	61	14,80

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

ΔR_{e1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

ΔR_{e2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.17 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media tanah dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.16 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media tanah dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 90 cm dijelaskan bahwa nilai ΔR_{e1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 26 Ω dengan prosentase 6,31 % dan hal itu terjadi juga pada nilai ΔR_{e2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai ΔR_{e1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 11 Ω dengan prosentase 3,03 %, namun berbeda dengan nilai ΔR_{e2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 61 Ω dengan prosentase 14,80 %. Hal ini dikarenakan media tanah mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.17 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media tanah dengan media sisipan 20 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media tanah maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Data hasil pengukuran untuk media arang kering dapat ditunjukkan pada Tabel 4.17 dan Gambar 4.18.

Tabel 4.17 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Vertikal pada Media Arang Kering dengan Media Sisipan 20 cm

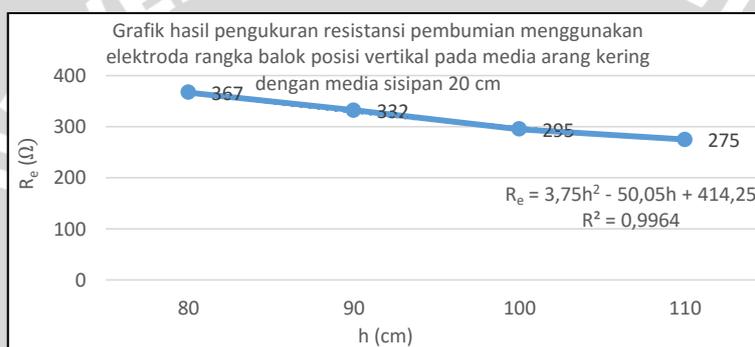
No	h (cm)	Media Arang Kering				
		Pengukuran (Ω)	Δ_{Re1}		Δ_{Re2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	80	367	0	0	0	0
2	90	332	44	11,98	44	11,98
3	100	295	28	8,43	72	19,61
4	110	275	20	6,77	92	25,06

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

Δ_{Re1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

Δ_{Re2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.18 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.9 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 90 cm dijelaskan bahwa nilai Δ_{Re1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 44 Ω dengan prosentase 11,98 % dan hal itu terjadi juga pada nilai Δ_{Re2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai Δ_{Re1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 20 Ω dengan prosentase 6,77 %, namun berbeda dengan nilai Δ_{Re2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 92 Ω dengan prosentase 25,06 %. Hal ini dikarenakan media arang kering mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.18 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda balok posisi vertikal pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm. Dapat

disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang kering maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Kemudian data hasil pengukuran dari resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.18 dan Gambar 4.19.

Tabel 4.18 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Vertikal pada Media Arang Tingkat Pembasahan 1 dengan Media Sisipan 20 cm

No	h (cm)	Media Arang Tingkat Pembasahan 1				
		Pengukuran (Ω)	ΔR_{e1}		ΔR_{e2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	80	119	0	0	0	0
2	90	106	13	10,92	13	10,92
3	100	96	10	9,43	23	19,32
4	110	87	9	9,37	32	26,89

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

ΔR_{e1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

ΔR_{e2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.19 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.18 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 90 cm dijelaskan bahwa nilai ΔR_{e1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 13 Ω dengan prosentase 10,92 % dan hal itu terjadi juga pada nilai ΔR_{e2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai ΔR_{e1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 9 Ω dengan prosentase 9,37 %, namun berbeda dengan nilai ΔR_{e2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 32 Ω dengan prosentase 26,89 %. Hal ini dikarenakan media arang tingkat pembasahan 1 mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi

pembumian. Dan pada Gambar 4.19 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang tingkat pembasahan 1 maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Dan data hasil pengukuran dari resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.19 dan Gambar 4.20.

Tabel 4.19 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Vertikal pada Media Arang Tingkat Pembasahan 2 dengan Media Sisipan 20 cm

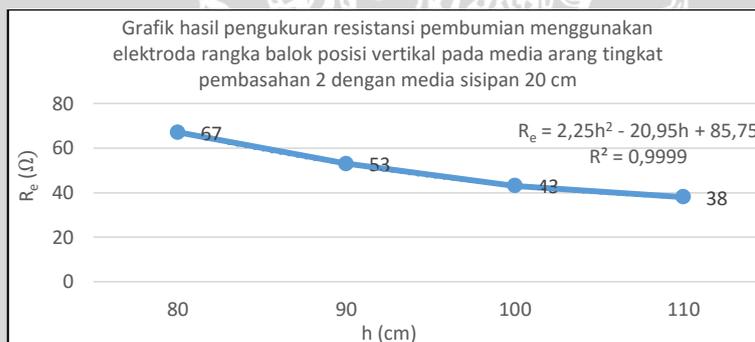
No	h (cm)	Media Arang Arang Tingkat Pembasahan 2				
		Pengukuran (Ω)	ΔR_{e1}		ΔR_{e2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	80	67	0	0	0	0
2	90	53	14	20,89	14	20,89
3	100	43	10	18,86	24	35,82
4	110	38	5	11,62	29	43,28

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

ΔR_{e1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

ΔR_{e2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

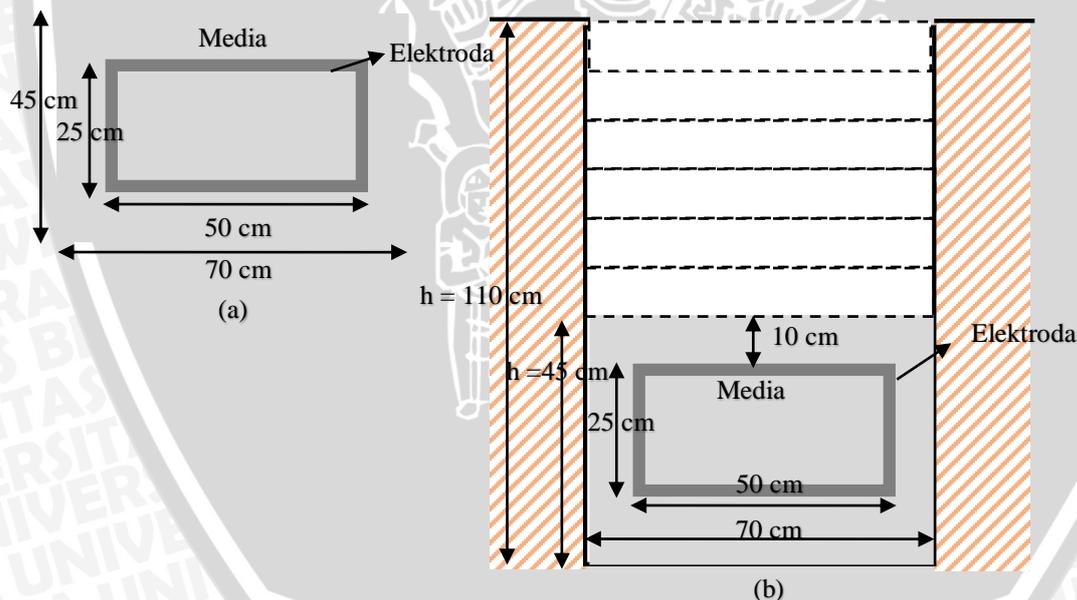
Gambar 4.20 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.19 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 90 cm dijelaskan bahwa nilai ΔR_{e1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 14 Ω dengan prosentase 20,89 % dan hal itu terjadi juga pada nilai ΔR_{e2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai ΔR_{e1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 5 Ω dengan prosentase 11,62 %, namun berbeda dengan nilai ΔR_{e2} yang

mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 29Ω dengan prosentase 43,28 %. Hal ini dikarenakan media arang tingkat pembasahan 2 mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.20 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan ketinggian media arang tingkat pembasahan 2 maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

4.2.5 Pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok variasi posisi horizontal dengan media sisipan 10 cm

Media sisipan ditambahkan sebesar 10 cm, kemudian diletakkan elektroda rangka balok dengan posisi horizontal. Media ditambah lagi sampai batas ketinggian elektroda balok. Selanjutnya dilakukan pengukuran resistansi pembumian dengan menambahkan media tiap 10 cm dapat ditunjukkan pada Gambar 4.21



Gambar 4.21 Letak elektroda rangka balok posisi horizontal dengan media sisipan 10 cm (a) tampak atas, (b) tampak samping

Pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media tanah dengan media sisipan 10 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.20 dan Gambar 4.22.

Tabel 4.20 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Horizontal pada Media Tanah dengan Media Sisipan 10 cm

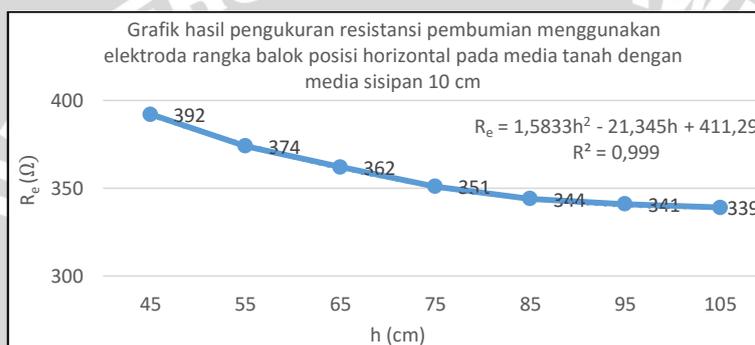
No	h (cm)	Pengukuran (Ω)	Media Tanah			
			Δ_{Re1}		Δ_{Re2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	45	392	0	0	0	0
2	55	374	18	4,59	18	4,59
3	65	362	12	3,20	30	7,65
4	75	351	11	3,03	41	10,45
5	85	344	7	1,99	48	12,24
6	95	341	3	0,87	51	13,01
7	105	339	2	0,58	53	13,52

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

Δ_{Re1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

Δ_{Re2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.22 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media tanah dengan media sisipan 10 cm

Pada Tabel 4.20 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media tanah dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 55 cm dijelaskan bahwa nilai Δ_{Re1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 18 Ω dengan prosentase 4,59 % dan hal itu terjadi juga pada nilai Δ_{Re2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai Δ_{Re1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 2 Ω dengan prosentase 0,58 %, namun berbeda dengan nilai Δ_{Re2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 53 Ω dengan prosentase 13,52 %. Hal ini dikarenakan media tanah mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.22 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok pada media tanah dengan media sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin

tinggi penambahan media tanah maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Data hasil pengukuran untuk media arang kering dapat ditunjukkan pada Tabel 4.21 dan Gambar 4.23.

Tabel 4.21 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Horizontal pada Media Arang Kering dengan Media Sisipan 10 cm

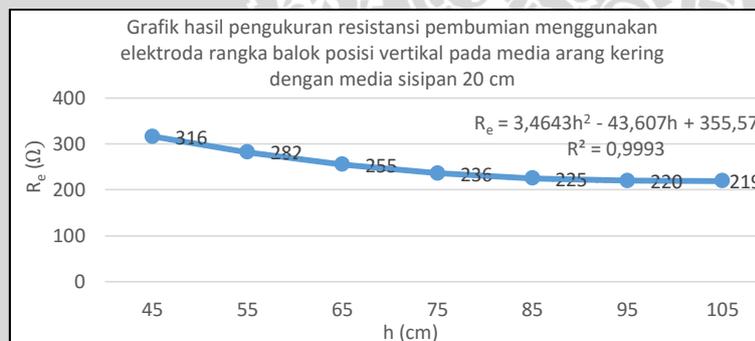
No	h (cm)	Media Arang Kering				
		Pengukuran (Ω)	$\Delta_{R_{e1}}$		$\Delta_{R_{e2}}$	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	45	316	0	0	0	0
2	55	282	34	10,75	34	10,75
3	65	255	27	9,57	61	19,30
4	75	236	19	8,44	80	24,31
5	85	225	11	4,66	91	28,79
6	95	220	5	2,22	96	30,37
7	105	219	1	0,45	97	30,69

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

$\Delta_{R_{e1}}$: Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

$\Delta_{R_{e2}}$: Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.23 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi vertikal pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.21 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 55 cm dijelaskan bahwa nilai $\Delta_{R_{e1}}$ mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 34 Ω dengan prosentase 10,75 % dan hal itu terjadi juga pada nilai $\Delta_{R_{e2}}$. Dan pada ketinggian 110 cm nilai $\Delta_{R_{e1}}$ tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 1 Ω dengan prosentase 0,45 %, namun berbeda dengan nilai $\Delta_{R_{e2}}$ yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 97 Ω dengan prosentase 30,69 %. Hal ini dikarenakan media arang kering mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan

dengan media yang sama tidak mempengaruhi nilai penurunan resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.23 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang kering maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Kemudian data hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.22 dan Gambar 4.24.

Tabel 4.22 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Horizontal pada Media Arang Tingkat Pembasahan 1 dengan Media Sisipan 20 cm

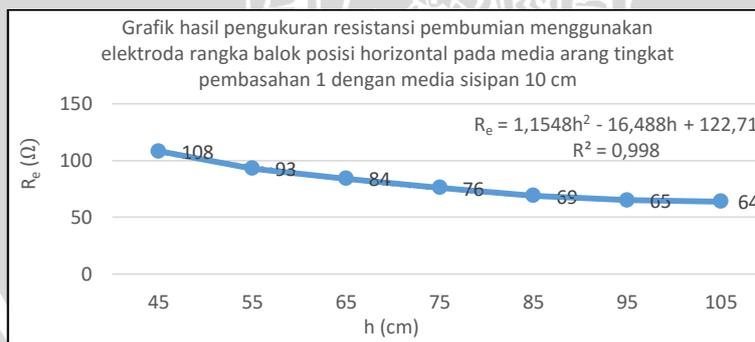
No	h (cm)	Media Arang Tingkat Pembasahan 1				
		Pengukuran (Ω)	ΔR_{e1}		ΔR_{e2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	45	108	0	0	0	0
2	55	93	15	13,88	15	13,88
3	65	84	9	9,67	24	22,22
4	75	76	8	9,52	32	29,62
5	85	69	7	9,21	39	36,11
6	95	65	4	5,79	43	39,21
7	105	64	1	1,53	44	40,74

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

ΔR_{e1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

ΔR_{e2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.24 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm

Pada Tabel 4.22 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 55 cm dijelaskan bahwa nilai ΔR_{e1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 15 Ω dengan prosentase 13,88 % dan

hal itu terjadi juga pada nilai Δ_{Re2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai Δ_{Re1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 1 Ω dengan prosentase 1,53 %, namun berbeda dengan nilai Δ_{Re2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 44 Ω dengan prosentase 40,74 %. Hal ini dikarenakan media arang tingkat pembasahan 1 mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.24 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang tingkat pembasahan 1 maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Dan data hasil pengukuran dari resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.23 dan Gambar 4.25.

Tabel 4.23 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Horizontal pada Media Arang Tingkat Pembasahan 2 dengan Media Sisipan 10 cm

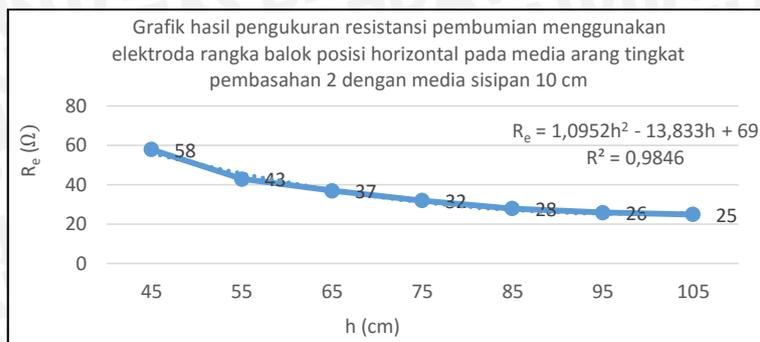
No	h (cm)	Media Arang Tingkat Pembasahan 2				
		Pengukuran (Ω)	Δ_{Re1}		Δ_{Re2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	45	58	0	0	0	0
2	55	43	15	25,86	15	25,86
3	65	37	6	13,95	21	36,20
4	75	32	5	13,51	26	44,82
5	85	28	4	12,5	30	51,72
6	95	26	2	7,14	32	55,17
7	105	25	1	3,84	33	56,89

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

Δ_{Re1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

Δ_{Re2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

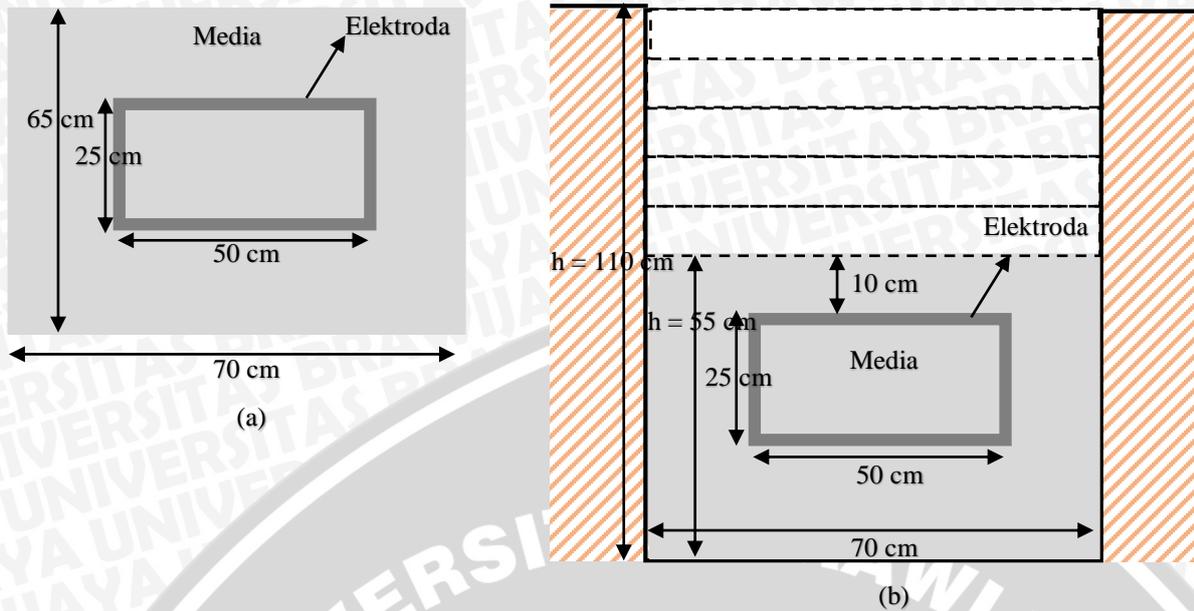
R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.25 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm

Pada Tabel 4.23 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 55 cm dijelaskan bahwa nilai $\Delta_{R_{e1}}$ mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 15 Ω dengan prosentase 25,86 % dan hal itu terjadi juga pada nilai $\Delta_{R_{e2}}$. Dan pada ketinggian 110 cm nilai $\Delta_{R_{e1}}$ tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 1 Ω dengan prosentase 3,84 %, namun berbeda dengan nilai $\Delta_{R_{e2}}$ yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 33 Ω dengan prosentase 56,89 %. Hal ini dikarenakan media arang tingkat pembasahan 2 mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.25 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan ketinggian media arang tingkat pembasahan 2 maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

4.2.6 Pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok variasi posisi horizontal dengan media sisipan 20 cm

Media sisipan ditambahkan sebesar 20 cm, kemudian diletakkan elektroda rangka balok secara posisi horizontal. Media ditambah lagi sampai batas ketinggian elektroda rangka balok. Selanjutnya dilakukan pengukuran resistansi pembumian dengan menambahkan media tiap 10 cm seperti ditunjukkan pada Gambar 4.26



Gambar 4.26 Letak elektroda rangka balok posisi horizontal dengan media sisipan 20 cm (a) tampak atas, (b) tampak samping

Pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media tanah dengan media sisipan 20 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.24 dan Gambar 4.27.

Tabel 4.24 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Horizontal pada Media Tanah dengan Media Sisipan 20 cm

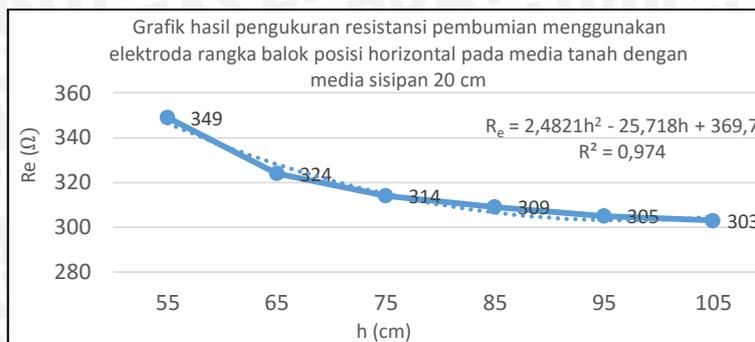
No	h (cm)	Pengukuran (Ω)	Media Tanah			
			Δ_{Re1}		Δ_{Re2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	55	349	0	0	0	0
2	65	324	25	7,16	25	7,16
3	75	314	10	3,08	35	10,02
4	85	309	5	0,01	40	11,46
5	95	305	4	0,001	44	12,60
6	105	303	2	0,006	46	13,18

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

Δ_{Re1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

Δ_{Re2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.27 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media tanah dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.24 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media tanah dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 65 cm dijelaskan bahwa nilai $\Delta_{R_{e1}}$ mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 25 Ω dengan prosentase 7,16 % dan hal itu terjadi juga pada nilai $\Delta_{R_{e2}}$. Dan pada ketinggian 110 cm nilai $\Delta_{R_{e1}}$ tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 2 Ω dengan prosentase 0,006 %, namun berbeda dengan nilai $\Delta_{R_{e2}}$ yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 46 Ω dengan prosentase 13,18 %. Hal ini dikarenakan media tanah mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.27 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media tanah dengan media sisipan 20 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media tanah maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Data hasil pengukuran untuk media arang kering dapat ditunjukkan pada Tabel 4.25 dan Gambar 4.28.

Tabel 4.25 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Horizontal pada Media Arang Kering dengan Media Sisipan 20 cm

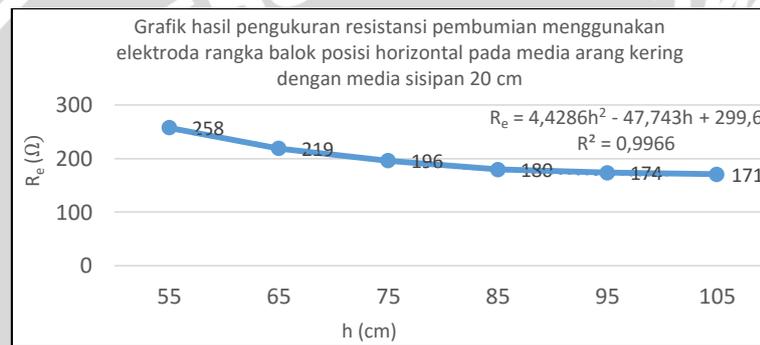
No	h (cm)	Media Arang Kering				
		Pengukuran (Ω)	ΔR_{e1}		ΔR_{e2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	55	258	0	0	0	0
2	65	219	39	15,11	39	15,11
3	75	196	23	10,50	62	24,09
4	85	180	16	8,16	78	30,23
5	95	174	6	3,33	84	32,55
6	105	171	3	1,72	87	33,72

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

ΔR_{e1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

ΔR_{e2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.28 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.25 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 65 cm dijelaskan bahwa nilai ΔR_{e1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 39 Ω dengan prosentase 15,11 % dan hal itu terjadi juga pada nilai ΔR_{e2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai ΔR_{e1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 3 Ω dengan prosentase 1,72 %, namun berbeda dengan nilai ΔR_{e2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 87 Ω dengan prosentase 33,72 %. Hal ini dikarenakan media arang kering mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.28 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang kering maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Kemudian data hasil pengukuran dari resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.26 dan Gambar 4.29.

Tabel 4.26 Tabel Hasil Pegukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Horizontal pada Media Arang Tingkat Pembasahan 1 dengan Media Sisipan 20 cm

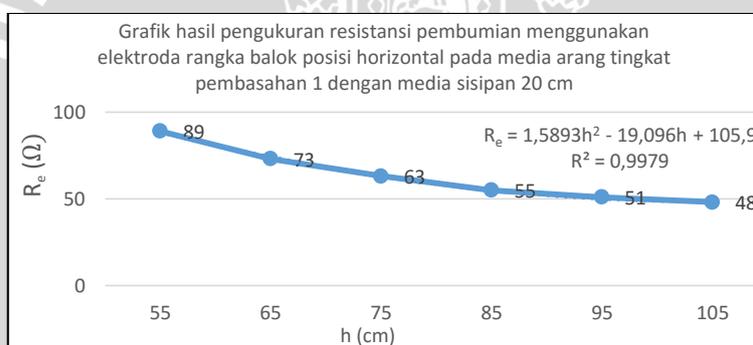
No	h (cm)	Media Arang Tingkat Pembasahan 1				
		Pengukuran (Ω)	$\Delta_{R_{e1}}$		$\Delta_{R_{e2}}$	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	55	89	0	0	0	0
2	65	73	16	17,97	16	17,97
3	75	63	10	13,69	26	29,21
4	85	55	8	12,69	34	38,20
5	95	51	4	7,27	38	42,69
6	105	48	3	5,88	41	46,06

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

$\Delta_{R_{e1}}$: Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

$\Delta_{R_{e2}}$: Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.29 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.26 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 65 cm dijelaskan bahwa nilai $\Delta_{R_{e1}}$ mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 16 Ω dengan prosentase 17,97 % dan hal itu terjadi juga pada nilai $\Delta_{R_{e2}}$. Dan pada ketinggian 110 cm nilai $\Delta_{R_{e1}}$ tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 3 Ω dengan prosentase 5,88 %, namun berbeda dengan nilai $\Delta_{R_{e2}}$ yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 41 Ω dengan prosentase 46,06 %. Hal ini dikarenakan media arang tingkat pembasahan 1 mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.29 dapat ditunjukkan grafik hasil

pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang tingkat pembasahan 1 maka semakin rendah pula nilai resistansi pbumian yang terukur.

Dan data hasil pengukuran dari resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka balok pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.27 dan Gambar 4.30.

Tabel 4.27 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pbumian Menggunakan Elektroda Rangka Balok Posisi Horizontal pada Media Arang Tingkat Pembasahan 2 dengan Media Sisipan 20 cm

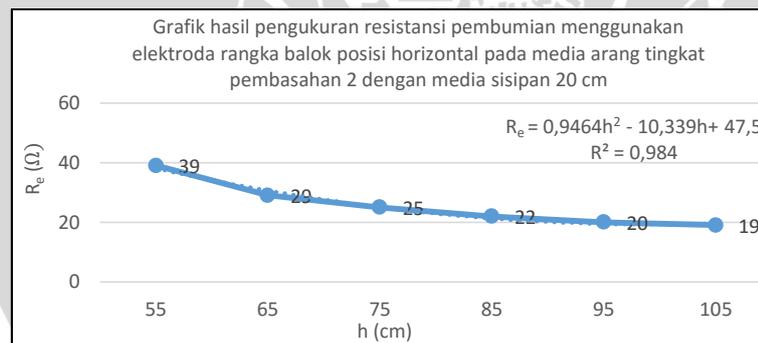
No	h (cm)	Media Arang Tingkat Pembasahan 2				
		Pengukuran (Ω)	Δ_{Re1}		Δ_{Re2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	55	39	0	0	0	0
2	65	29	10	25,64	10	35,64
3	75	25	4	13,79	14	35,89
4	85	22	3	12	17	43,58
5	95	20	2	9,09	19	48,71
6	105	19	1	5	20	51,28

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

Δ_{Re1} : Penurunan nilai resistansi pbumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

Δ_{Re2} : Penurunan nilai resistansi pbumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pbumian (Ω)

Gambar 4.30 Grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.27 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 65 cm dijelaskan bahwa nilai Δ_{Re1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 10 Ω dengan prosentase 25,64 % dan hal itu terjadi juga pada nilai Δ_{Re2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai Δ_{Re1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 1 Ω dengan prosentase 5 %, namun berbeda dengan

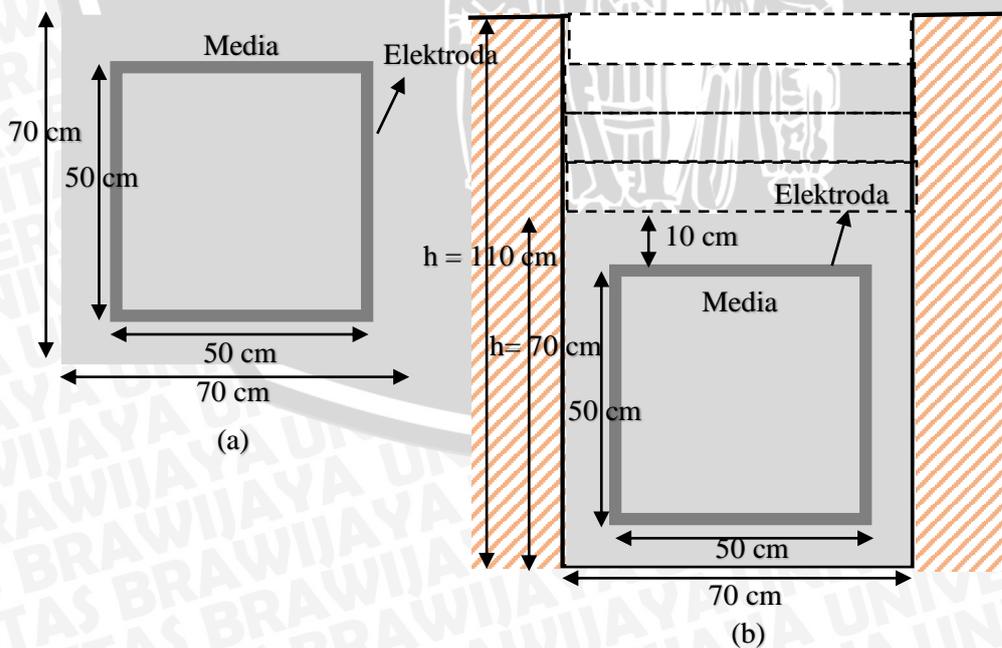
nilai $\Delta_{R_{ez}}$ yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 20Ω dengan prosentase 51,28 %. Hal ini dikarenakan media arang tingkat pembasahan 2 mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pbumian. Dan pada Gambar 4.30 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka balok posisi horizontal pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang tingkat pembasahan 2 maka semakin rendah pula nilai resistansi pbumian yang terukur.

4.3 Pengukuran Resistansi Pbumian dengan Menggunakan Elektroda Rangka Kubus

Elektroda rangka kubus ditanam pada kedalaman 110 cm dengan variasi media tanah, arang kering, arang tingkat pembasahan 1 dan tingkat pembasahan 2 untuk menurunkan nilai resistansi pbumian.

4.3.1 Pengukuran resistansi pbumian menggunakan elektroda rangka kubus dengan variasi penambahan ketinggian media dengan media sisipan 10 cm

Media sisipan ditambahkan sebesar 10 cm, kemudian diletakkan elektroda rangka kubus. Media ditambah lagi sampai batas ketinggian elektroda rangka kubus. Selanjutnya dilakukan pengukuran resistansi pbumian dengan menambahkan media tiap 10 cm seperti ditunjukkan pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Letak elektroda rangka kubus dengan media sisipan 20 cm (a) tampak atas, (b) tampak samping

Pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media tanah dengan media sisipan 10 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.28 dan Gambar 4.32.

Tabel 4.28 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Kubus pada Media Tanah dengan Media Sisipan 10 cm

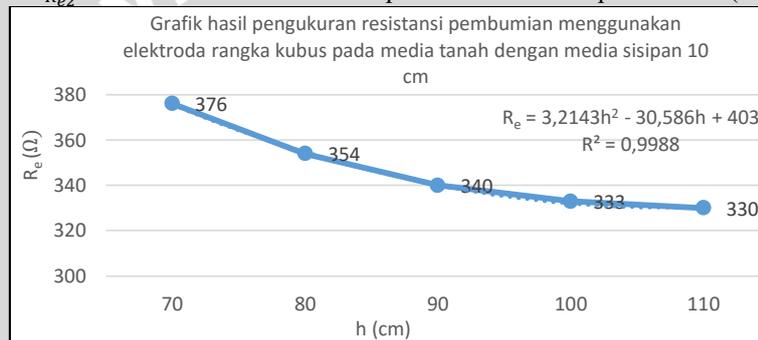
No	h (cm)	Pengukuran (Ω)	Media Tanah			
			Δ_{Re1}		Δ_{Re2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	70	376	0	0	0	0
2	80	354	22	5,85	22	5,85
3	90	340	14	3,95	36	9,54
4	100	333	7	2,05	43	11,43
5	110	330	3	0,90	44	11,70

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

Δ_{Re1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

Δ_{Re2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.32 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media tanah dengan media sisipan 10 cm

Pada Tabel 4.28 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media tanah dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 80 cm dijelaskan bahwa nilai Δ_{Re1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 22 Ω dengan prosentase 5,85 % dan hal itu terjadi juga pada nilai Δ_{Re2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai Δ_{Re1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 3 Ω dengan prosentase 0,90 %, namun berbeda dengan nilai Δ_{Re2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 44 Ω dengan prosentase 11,70 %. Hal ini dikarenakan media tanah mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.32 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda kubus pada media tanah dengan media sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi

penambahan media tanah maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Data hasil pengukuran untuk media arang kering dapat ditunjukkan pada Tabel 4.29 dan Gambar 4.33.

Tabel 4.29 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Kubus pada Media Arang Kering dengan Media Sisipan 10 cm

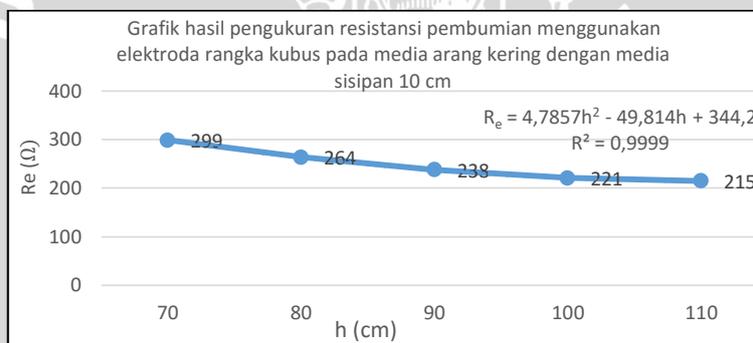
No	h (cm)	Media Arang Kering				
		Pengukuran (Ω)	Δ_{Re1}		Δ_{Re2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	70	299	0	0	0	0
2	80	264	35	11,70	35	11,70
3	90	238	26	9,84	61	20,40
4	100	221	17	7,14	78	26,08
5	110	215	6	2,71	84	28,09

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

Δ_{Re1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

Δ_{Re2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.33 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm

Pada Tabel 4.29 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 80 cm dijelaskan bahwa nilai Δ_{Re1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 35 Ω dengan prosentase 11,70 % dan hal itu terjadi juga pada nilai Δ_{Re2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai Δ_{Re1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 6 Ω dengan prosentase 2,71 %, namun berbeda dengan nilai Δ_{Re2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 84 Ω dengan prosentase 28,09 %. Hal ini dikarenakan media arang kering mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.33 dapat

ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda kubus pada media arang kering dengan media sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang kering maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Kemudian data hasil pengukuran dari resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.30 dan Gambar 4.34.

Tabel 4.30 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Kubus pada Media Arang Tingkat Pembasahan 1 dengan Media Sisipan 10 cm

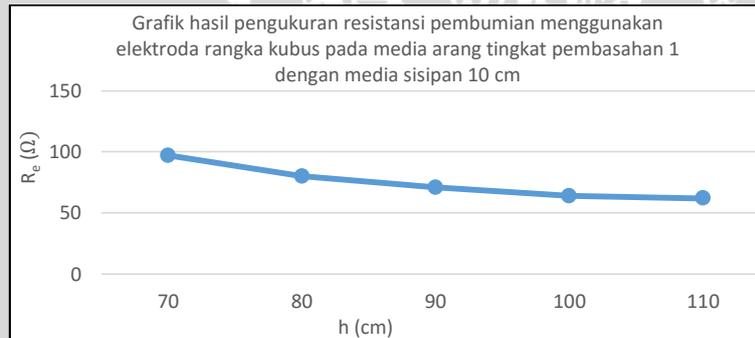
No	h (cm)	Media Arang Tingkat Pembasahan 1				
		Pengukuran (Ω)	Δ_{Re1}		Δ_{Re2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	70	97	0	0	0	0
2	80	80	17	17,52	17	17,52
3	90	71	9	11,25	26	26,80
4	100	64	5	7,04	33	34,02
5	110	62	2	3,12	35	36,08

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

Δ_{Re1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

Δ_{Re2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.34 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm

Pada Tabel 4.30 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda kubus pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 80 cm dijelaskan bahwa nilai Δ_{Re1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 17 Ω dengan prosentase 17,52 % dan hal itu terjadi juga pada nilai Δ_{Re2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai Δ_{Re1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 2 Ω dengan prosentase 3,12 %, namun berbeda dengan nilai Δ_{Re2} yang mengalami

penurunan drastis yaitu sebesar 35Ω dengan prosentase 36,08 %. Hal ini dikarenakan media arang tingkat pembasahan 1 mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.34 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang tingkat pembasahan 1 maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Dan data hasil pengukuran dari resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.31 dan Gambar 4.35.

Tabel 4.31 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Kubus pada Media Arang Tingkat Pembasahan 2 dengan Media Sisipan 10 cm

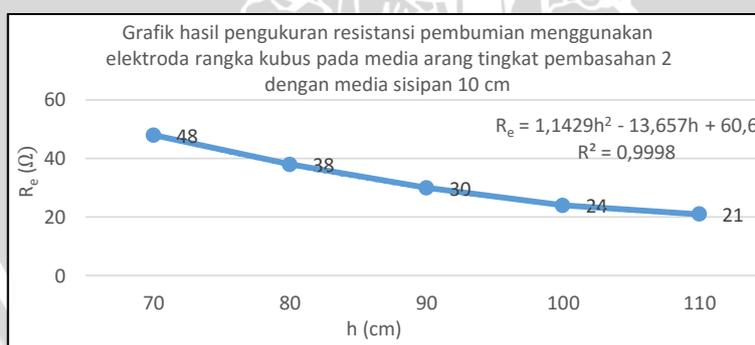
No	h (cm)	Media Arang Tingkat Pembasahan 2				
		Pengukuran (Ω)	ΔR_{e1}		ΔR_{e2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	70	48	0	0	0	0
2	80	38	11	22,91	11	22,91
3	90	30	8	21,05	18	37,5
4	100	24	6	15,78	24	50
5	110	21	3	12,5	28	58,33

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

ΔR_{e1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

ΔR_{e2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

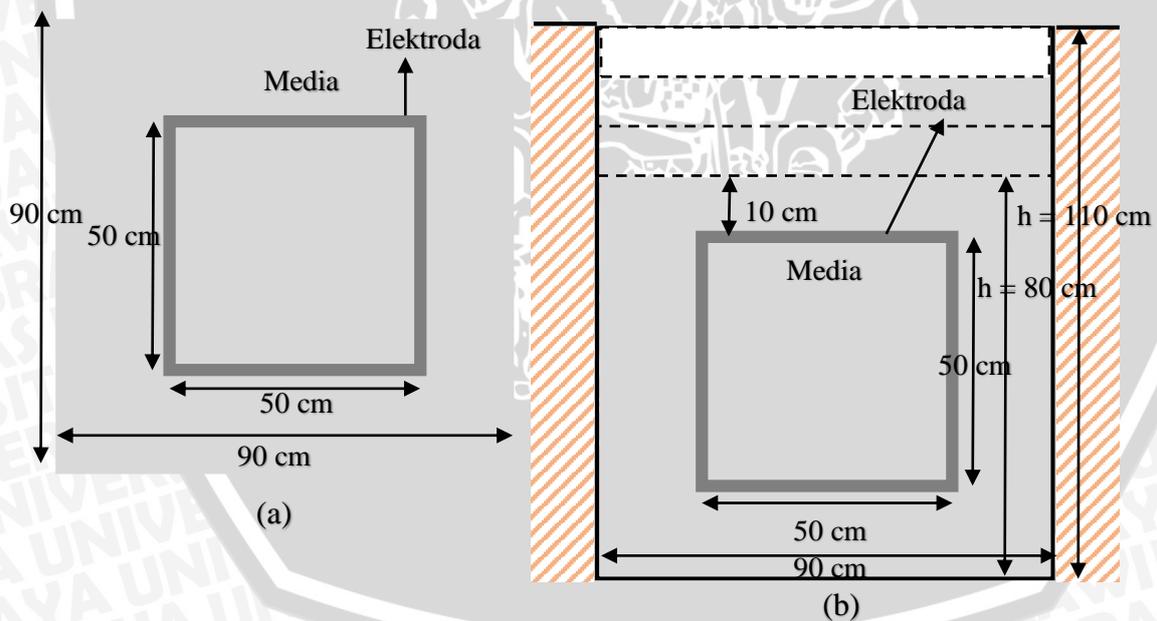
Gambar 4.35 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm

Pada Tabel 4.31 menunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm. Pada ketinggian 80 cm dijelaskan bahwa nilai ΔR_{e1} mengalami penurunan

yang drastis yaitu sebesar 11Ω dengan prosentase 22,91 % dan hal itu terjadi juga pada nilai $\Delta_{R_{e2}}$. Dan pada ketinggian 110 cm nilai $\Delta_{R_{e1}}$ tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 3Ω dengan prosentase 12,5 %, namun berbeda dengan nilai $\Delta_{R_{e2}}$ yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 28Ω dengan prosentase 58,33 %. Hal ini dikarenakan media arang arang tingkat pembasahan 2 mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.35 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang tingkat pembasahan 2 maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

4.3.2 Pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus variasi penambahan ketinggian media dengan media sisipan 20 cm

Media sisipan ditambahkan sebesar 20 cm, kemudian diletakkan elektroda rangka kubus. Media ditambah lagi sampai batas ketinggian elektroda rangka kubus. Selanjutnya dilakukan pengukuran resistansi pembumian dengan menambahkan media tiap 10 cm seperti ditunjukkan pada Gambar 4.36.



Gambar 4.36 Letak elektroda rangka kubus dengan media sisipan 20 cm (a) tampak atas, (b) tampak samping

Pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media tanah dengan media sisipan 20 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.32 dan Gambar 4.37.

Tabel 4.32 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Kubus pada Media Tanah dengan Media Sisipan 20 cm

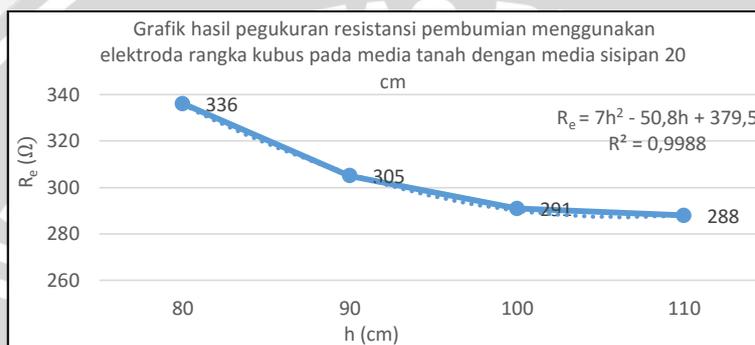
No	h (cm)	Media Tanah				
		Pengukuran (Ω)	$\Delta_{R_{e1}}$		$\Delta_{R_{e2}}$	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	80	336	0	0	0	0
2	90	305	31	9,22	31	9,22
3	100	291	14	4,59	45	13,27
4	110	288	3	1,03	48	14,28

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

$\Delta_{R_{e1}}$: Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

$\Delta_{R_{e2}}$: Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.37 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media tanah dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.32 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media tanah dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 90 cm dijelaskan bahwa nilai $\Delta_{R_{e1}}$ mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 31 Ω dengan prosentase 9,22 % dan hal itu terjadi juga pada nilai $\Delta_{R_{e2}}$. Dan pada ketinggian 110 cm nilai $\Delta_{R_{e1}}$ tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 3 Ω dengan prosentase 1,03 %, namun berbeda dengan nilai $\Delta_{R_{e2}}$ yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 48 Ω dengan prosentase 14,28 %. Hal ini dikarenakan media tanah mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.37 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media tanah dengan media sisipan 20 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media tanah maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Data hasil pengukuran untuk media arang kering dapat ditunjukkan pada Tabel 4.33 dan Gambar 4.38.

Tabel 4.33 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Kubus pada Media Arang Kering dengan Media Sisipan 20 cm

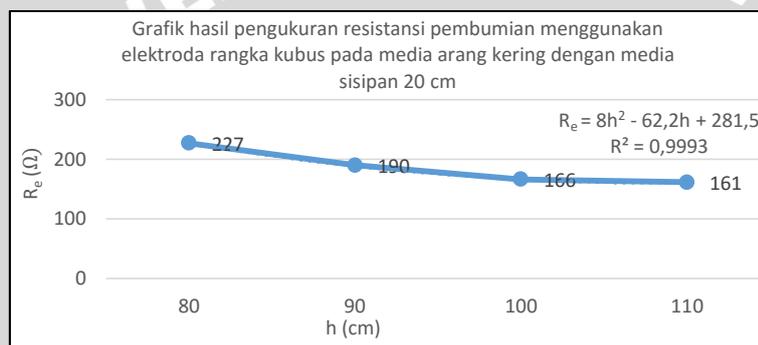
No	h (cm)	Media Arang Kering				
		Pengukuran (Ω)	ΔR_{e1}		ΔR_{e2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	80	227	0	0	0	0
2	90	190	37	16,29	37	16,29
3	100	166	24	12,63	61	26,87
4	110	161	5	3,01	66	29,07

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

ΔR_{e1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

ΔR_{e2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.38 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.33 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 90 cm dijelaskan bahwa nilai ΔR_{e1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 37 Ω dengan prosentase 16,29 % dan hal itu terjadi juga pada nilai ΔR_{e2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai ΔR_{e1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 5 Ω dengan prosentase 3,01 %, namun berbeda dengan nilai ΔR_{e2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 66 Ω dengan prosentase 29,07 %. Hal ini dikarenakan media arang kering mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.38 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang kering dengan media sisipan 20 cm. Dapat disimpulkan bahwa

semakin tinggi penambahan ketinggian media arang kering maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Kemudian data hasil pengukuran dari resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.34 dan Gambar 4.39.

Tabel 4.34 Tabel Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Kubus pada Media Arang Tingkat Pembasahan 1 dengan Media Sisipan 20 cm

No	h (cm)	Media Arang Tingkat Pembasahan 1				
		Pengukuran (Ω)	$\Delta_{R_{e1}}$		$\Delta_{R_{e2}}$	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	80	73	0	0	0	0
2	90	56	17	23,28	17	23,28
3	100	45	11	19,64	28	38,35
4	110	41	4	8,88	32	43,83

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

$\Delta_{R_{e1}}$: Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

$\Delta_{R_{e2}}$: Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.39 Grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.34 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 90 cm dijelaskan bahwa nilai $\Delta_{R_{e1}}$ mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 17 Ω dengan prosentase 23,28 % dan hal itu terjadi juga pada nilai $\Delta_{R_{e2}}$. Dan pada ketinggian 110 cm nilai $\Delta_{R_{e1}}$ tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 4 Ω dengan prosentase 8,88 %, namun berbeda dengan nilai $\Delta_{R_{e2}}$ yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 32 Ω dengan prosentase 43,83 %. Hal ini dikarenakan media arang tingkat pembasahan 1 mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan

pada Gambar 4.39 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 1 dengan media sisipan 20 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang tingkat pembasahan 1 maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

Dan data hasil pengukuran dari resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.35 dan Gambar 4.40.

Tabel 4.35 Tabel Hasil Pegukuran Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda Rangka Kubus pada Media Arang Tingkat Pembasahan 2 dengan Media Sisipan 20 cm

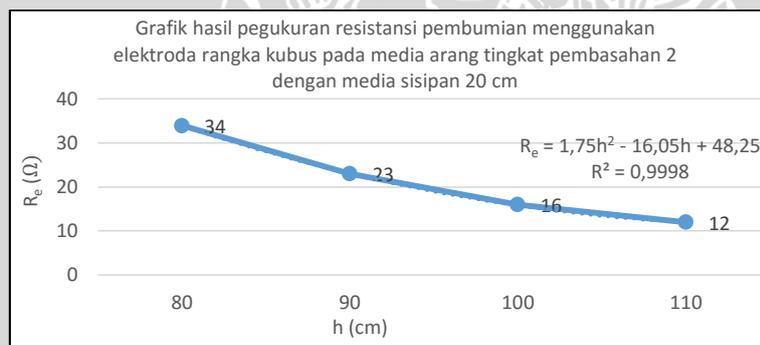
No	h (cm)	Media Arang Tingkat Pembasahan 2				
		Pengukuran (Ω)	Δ_{Re1}		Δ_{Re2}	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
1	80	34	0	0	0	0
2	90	23	11	32,35	11	32,35
3	100	16	7	30,43	18	52,94
4	110	12	4	25	22	64,70

Keterangan

h : Tinggi media (cm)

Δ_{Re1} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai sebelumnya (Ω)

Δ_{Re2} : Penurunan nilai resistansi pembumian terhadap nilai awal (Ω)



Keterangan

R_e : Resistansi pembumian (Ω)

Gambar 4.40 Grafik hasil pegukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm

Pada Tabel 4.35 dapat ditunjukkan tabel hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 20 cm. Pada ketinggian 90 cm dijelaskan bahwa nilai Δ_{Re1} mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 11 Ω dengan prosentase 32,35 % dan hal itu terjadi juga pada nilai Δ_{Re2} . Dan pada ketinggian 110 cm nilai Δ_{Re1} tidak mengalami penurunan yang drastis yaitu sebesar 4 Ω dengan prosentase 25 %, namun berbeda dengan nilai Δ_{Re2} yang mengalami penurunan drastis yaitu sebesar 22 Ω dengan prosentase 64,70 %. Hal ini dikarenakan media

arang tingkat pembasahan 2 mengalami keadaan jenuh, sehingga apabila ditambahkan dengan media yang sama tidak mempengaruhi penurunan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.40 dapat ditunjukkan grafik hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka kubus pada media arang tingkat pembasahan 2 dengan media sisipan 10 cm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan media arang tingkat pembasahan 2 maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur.

4.4 Karakteristik Resistansi Pembumian Menggunakan Elektroda

Dalam pengukuran ini juga bertujuan untuk mengetahui karakteristik nilai resistansi pembumian dengan perbandingan variasi media, dimensi, posisi dan kadar air.

4.4.1 Perbandingan resistansi pembumian dengan variasi media

Media yang digunakan adalah tanah, arang kering, arang tingkat pembasahan 1 dan tingkat pembasahan 2. Hasil pengukuran resistansi pembumian dengan variasi media menggunakan elektroda rangka balok dan elektroda rangka kubus dengan media sisipan 10 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.36 dan Gambar 4.41.

Tabel 4.36 Tabel Perbandingan Media

No	h (cm)	Media Sisipan 10 cm								Media Sisipan 20 cm							
		Elektroda Rangka Balok (Ω)				Elektroda Rangka Kubus (Ω)				Elektroda Rangka Balok (Ω)				Elektroda Rangka Kubus (Ω)			
		T	AK	ATP 1	ATP 2	T	AK	ATP 1	ATP 2	T	AK	ATP 1	ATP 2	T	AK	ATP 1	ATP 2
1.	70	431	369	141	89	376	299	97	48	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	80	411	343	118	68	354	264	80	38	412	367	119	67	336	227	73	34
3.	90	399	307	104	54	340	238	71	30	401	332	106	53	305	190	56	23
4.	100	394	291	97	48	333	221	64	24	392	295	96	43	291	166	45	16
5.	110	391	290	94	45	330	215	62	21	388	283	87	38	288	161	41	12

Keterangan

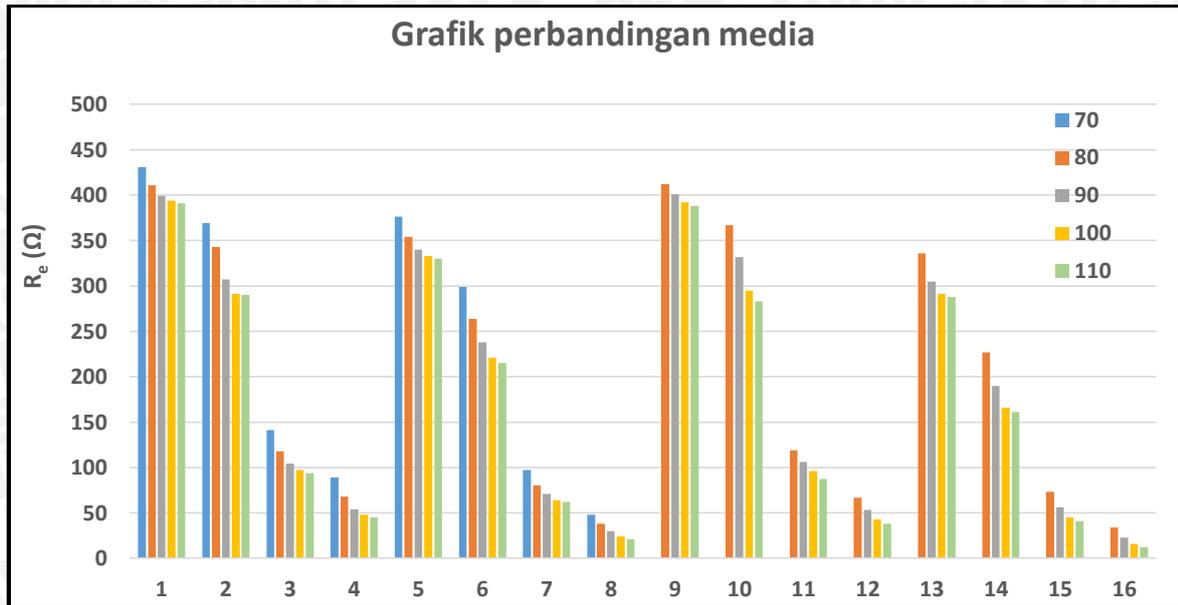
T : Tanah

AK : Arang Kering

ATP 1 : Arang Tingkat Pembasahan 1

ATP 2 : Arang Tingkat Pembasahan 2

Grafik perbandingan media



Keterangan

1-8 : Media sisipan 10 cm

9-16 : Media sisipan 20 cm

1 : Elektroda rangka balok media tanah

2 : Elektroda rangka balok media arang kering

3 : Elektroda rangka balok media arang tingkat pembasahan 1

4 : Elektroda rangka balok media arang tingkat pembasahan 2

5 : Elektroda rangka kubus media tanah

6 : Elektroda rangka kubus media arang kering

7 : Elektroda rangka kubus media arang tingkat pembasahan 1

8 : Elektroda rangka kubus media arang tingkat pembasahan 2

9 : Elektroda rangka balok media tanah

10 : Elektroda rangka balok media arang kering

11 : Elektroda rangka balok media arang tingkat pembasahan 1

12 : Elektroda rangka balok media arang tingkat pembasahan 2

13 : Elektroda rangka kubus media tanah

14 : Elektroda rangka kubus media arang kering

15 : Elektroda rangka kubus media arang tingkat pembasahan 1

16 : Elektroda rangka kubus media arang tingkat pembasahan 2

Gambar 4.41 Grafik Perbandingan Media

Pada Tabel 4.36 dapat ditunjukkan nilai resistansi pembumian dengan menggunakan berbagai variasi media. Dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan penambahan ketinggian media baik tanah, arang kering, arang tingkat pembasahan 1 dan arang tingkat pembasahan 2 dapat menurunkan nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.41 menunjukkan semakin tinggi penambahan media maka semakin kecil nilai resistansi pembumiannya.

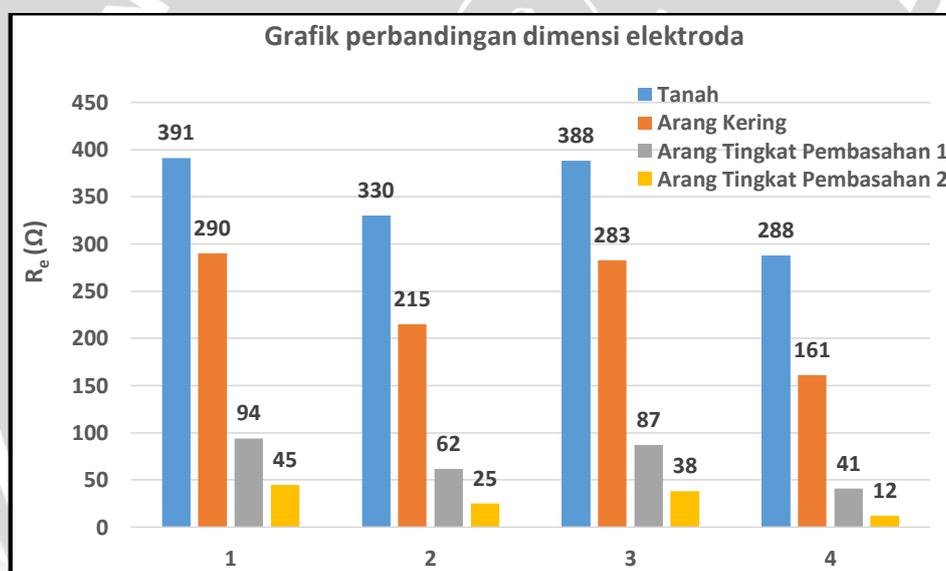
4.4.2 Perbandingan resistansi pembumian dengan variasi dimensi

Dimensi yang digunakan adalah berbentuk kerangka balok dan kubus. Hasil pengukuran resistansi pembumian dengan variasi dimensi menggunakan elektroda rangka

kubus dan elektroda rangka balok pada kedalaman 110 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.37 dan Gambar 4.42.

Tabel 4.37 Tabel Perbandingan Dimensi Elektroda

Media	Dimensi			
	Media Sisipan 10 cm		Media Sisipan 20 cm	
	Elektroda Rangka Balok (Ω)	Elektroda Rangka Kubus (Ω)	Elektroda Rangka Balok (Ω)	Elektroda Rangka Kubus (Ω)
Tanah	391	330	388	288
Arang kering	290	215	283	161
Arang Tingkat Pembashan 1	94	62	87	41
Arang Tingkat Pembashan 2	45	21	38	12



Keterangan

- 1 : Elektroda rangka balok dengan media sisipan 10 cm
- 2 : Elektroda rangka kubus dengan media sisipan 10 cm
- 3 : Elektroda rangka balok dengan media sisipan 20 cm
- 4 : Elektroda rangka kubus dengan media sisipan 20 cm

Gambar 4.42 Grafik perbandingan dimensi elektroda

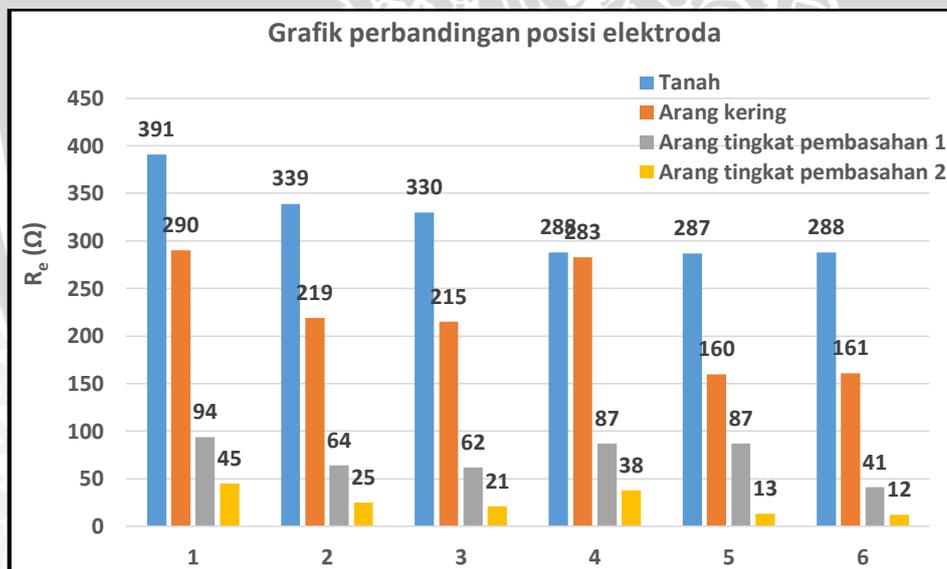
Pada Tabel 4.37 dapat ditunjukkan tabel perbandingan dimensi elektroda. Nilai resistansi pembumian menggunakan elektroda rangka balok lebih besar dibandingkan elektroda rangka kubus. Dapat disimpulkan bahwa dimensi elektroda mempengaruhi nilai resistansi pembumian. Dan pada Gambar 4.42 dapat ditunjukkan grafik perbandingan dimensi elektroda. Semakin besar dimensi volume yang dibentuk oleh elektroda maka nilai resistansi pembumian semakin kecil.

4.4.3 Perbandingan resistansi pembumian dengan variasi posisi

Posisi yang dilakukan adalah secara vertikal dan horizontal. Hasil pengukuran resistansi pembumian dengan variasi posisi menggunakan elektroda rangka balok dan elektroda rangka kubus pada kedalaman 110 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.38 dan Gambar 4.43.

Tabel 4.38 Tabel Perbandingan Posisi Elektroda

Media	Posisi					
	Media Sisipan 10 cm		Elektroda Rangka Kubus (Ω)	Media sisipan 20 cm		
	Elektroda Rangka Balok (Ω)	Elektroda Rangka Balok (Ω)		Elektroda Rangka Kubus (Ω)		
	Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal		
Tanah	391	339	330	388	287	288
Arang Kering	290	219	215	283	160	161
Arang Tingkat Pemasahan 1	94	64	62	87	87	41
Arang Tingkat Pemasahan 2	45	25	21	38	13	12



Keterangan

- 1 : Elektroda rangka balok posisi vertikal dengan media sisipan 10 cm
- 2 : Elektroda rangka balok posisi horizontal dengan media sisipan 10 cm
- 3 : Elektroda rangka kubus dengan media sisipan 10 cm
- 4 : Elektroda rangka balok posisi vertikal dengan media sisipan 20 cm
- 5 : Elektroda rangka balok posisi horizontal dengan media sisipan 20 cm
- 6 : Elektroda rangka kubus dengan media sisipan 20 cm

Gambar 4.43 Grafik perbandingan posisi elektroda

Pada Tabel 4.38 dapat ditunjukkan tabel perbandingan posisi elektroda. Dengan media sisipan 10 cm, elektroda rangka balok memiliki nilai resistansi lebih kecil yaitu secara horizontal. Dan terjadi pula pada media sisipan 20 cm. Namun nilai resistansi pembumian

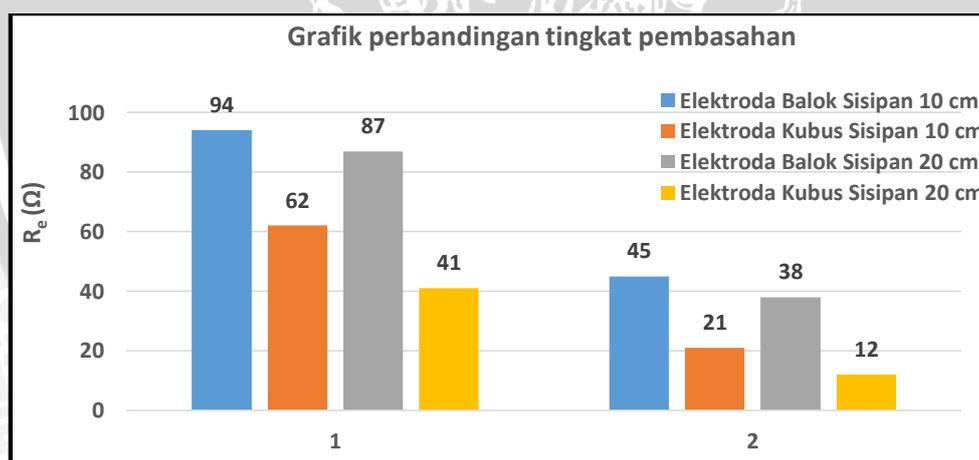
paling kecil adalah menggunakan elektroda rangka kubus dengan sisipan media 20 cm. Dan pada Gambar 4.43 dapat ditunjukkan grafik perbandingan posisi elektroda. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar volume yang dibentuk oleh elektroda maka nilai resistansi pembumian semakin kecil.

4.4.4 Perbandingan resistansi pembumian dengan variasi tingkat pembasahan

Tingkat pembasahan dalam pengukuran ini ada dua yaitu tingkat pembasahan 1 dan tingkat pembasahan 2. Hasil pengukuran resistansi pembumian dengan variasi tingkat pembasahan menggunakan elektroda rangka balok dan elektroda rangka kubus pada kedalaman 110 cm dapat ditunjukkan pada Tabel 4.39 dan Gambar 4.44.

Tabel 4.39 Tabel Perbandingan Tingkat Pembasahan

Tingkat Pembasahan				
Media	Media Sisipan 10 cm		Media Sisipan 20 cm	
	Elektroda Rangka Balok (Ω)	Elektroda Rangka Kubus (Ω)	Elektroda Rangka Balok (Ω)	Elektroda Rangka Kubus (Ω)
Arang Tingkat Pembasahan 1	94	62	87	41
Arang Tingkat Pembasahan 2	45	21	38	12



Keterangan

1 : Arang Tingkat Pembasahan 1

2 : Arang Tingkat Pembasahan 2

Gambar 4.44 Grafik perbandingan tingkat pembasahan

Pada Tabel 4.39 dapat ditunjukkan tabel perbandingan tingkat pembasahan dan pada Gambar 4.44 dapat ditunjukkan grafik perbandingan tingkat pembasahan. Semakin banyak penambahan kadar air maka nilai resistansi pembumian semakin kecil. Hal ini dikarenakan air dapat mengakibatkan arang sekam padi menjadi lebih konduktif, sehingga nilai resistansi

pembumian menggunakan arang sekam padi kering memiliki nilai yang lebih besar daripada nilai resistansi pembumian dengan arang sekam basah.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan ketinggian media arang sekam padi mempengaruhi nilai resistansi pembumian. Semakin tinggi arang sekam padi yang ditambahkan maka semakin kecil nilai resistansi pembumian. Nilai resistansi pembumian terkecil adalah dengan menggunakan elektroda rangka kubus dengan media sisipan 20 cm pada media tanah, arang kering, arang tingkat pembasahan 1 dan arang tingkat pembasahan 2 berturut-turut sebesar 288 Ω , 161 Ω , 41 Ω dan 12 Ω .
2. Posisi elektroda mempengaruhi nilai resistansi pembumian. Semakin besar volume yang dibentuk oleh elektroda maka nilai resistansi pembumian semakin besar. Pada elektroda rangka balok nilai resistansi pembumian terkecil adalah posisi horizontal dengan media sisipan 20 cm pada media tanah, arang kering, arang tingkat pembasahan 1 dan arang tingkat pembasahan 2 berturut-turut sebesar 303 Ω , 171 Ω , 48 Ω dan 19 Ω . Lebih kecil dibandingkan dengan posisi vertikal dengan media sisipan 20 cm pada media tanah, arang kering, arang tingkat pembasahan 1 dan arang tingkat pembasahan 2 berturut-turut sebesar 351 Ω , 275 Ω , 87 Ω dan 38 Ω .
3. Penambahan kadar air pada arang sekam padi mempengaruhi nilai resistansi pembumian. Nilai resistansi pembumian terkecil adalah menggunakan elektroda rangka kubus dengan media sisipan 20 cm. Dengan penambahan kadar air sebesar 33,33% dapat menurunkan nilai resistansi pembumian sebesar 92,54 % (dari 161 Ω menjadi 12 Ω). Lebih kecil dibandingkan dengan penambahan kadar air sebesar 16,66 % dapat menurunkan nilai resistansi pembumian sebesar 74,53% (dari 161 Ω menjadi 41 Ω).

5.2 Saran

Saran untuk penelitian yang akan datang adalah sebagai berikut :

1. Banyak faktor yang mempengaruhi nilai resistansi pembumian, maka perlu diperhatikan waktu pelaksanaan, kondisi lingkungan serta cuaca.

2. Dalam pengujian penambahan kadar air pada arang, perlu diteliti lebih lanjut pengaruh kadar air yang berbeda-beda terhadap resistansi pembumian.



DAFTAR PUSTAKA

- Azzamy. 2015. *Manfaat Arang Sekam Sebagai Media Tanam*. Mitalom. <http://mitalom.com/manfaat-arang-sekam-sebagai-media-tanam/>. (diakses 4 Januari 2016).
- Bowles, Joseph E. 1986. *Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Chun, Lee, Wang. 2010. Application of Four-electrode Method to Analysis Resistance Characteristics Concrete. *International Journal of Environmental and Earth Sciences*. 1:1.
- Dedy, Lucky. 2013. Pemanfaatan Arang Tempurung Kelapa untuk Perbaikan Resistansi Pembumian Jenis Elektroda Batang. *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- IEEE Std 80. 1986. *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*. New york: The Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc.
- Hadi, Abdul, Ir. 1994. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Henry, B. H Sitorus. 2008. *Disain Sistem Pentanahan Grid-Rod Gardu Induk 150 kV Untuk Berbagai Kondisi Tanah di Lampung*. Seminar Hasil Penelitian & Pengabdian kepada Masyarakat. Lampung: Unila.
- Hutauruk, TS. 1986. *Pengentanahan Netral Sistem tenaga Dan Pengentanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga.
- Ilmulistrik. 2016. <http://ilmulistrik.com/pengukuran-tahanan-pentanahan-menggunakan-kyoritsu-4105a.html>. (diakses 20 April 2016).
- PUIL. 1977. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Riva, Afrizal. 2015. Stusi Pemanfaatan Arang Tempurung Kelapa Untuk Memperkecil Resistansi Pembumian Dengan Elektroda *Mesh*. Tidak Dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Sunarno. 2006. *Mekanikal Elektrikal (Lanjutan)*. Yogyakarta: ANDI OFFSET.
- Suswanto, Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Suwarno. 1999. *Ikhtisar Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.



LAMPIRAN



LAMPIRAN 1

FOTO ALAT



Alat ukur yang digunakan *digital earth tester* seri 4105A



Kabel warna merah pada alat ukur dihubungkan dengan elektroda bantu 1 dengan jarak 10m.



Kabel warna kuning pada alat ukur dihubungkan dengan elektroda bantu 2 dengan jarak 5m.





Objek Uji berupa 2 elektroda berbentuk rangka balok dan rangka kubus. Dimensi masing-masing adalah 25 cm x 25 cm x 50 cm untuk elektroda rangka balok dan 50 cm x 50 cm x 50 cm untuk elektroda rangka kubus.

LAMPIRAN 2

FOTO PENGUKURAN RESISTANSI PEMBUMIHAN





Lubang untuk penelitian dibuat sedalam 110 cm



Awalnya diberikan media sisipan kemudian diletakkan elektroda rangka balok. Kabel warna hijau dihubungkan antara objek uji dan alat ukur.



Awalnya diberikan media sisipan kemudian diletakkan elektroda rangka balok. Kabel warna hijau dihubungkan antara objek uji dan alat ukur.





Elektroda rangka balok diletakkan secara horizontal. Kabel warna hijau dihubungkan antara objek uji dan alat ukur.



Media ditambahkan setiap 10 cm.



Setiap penambahan media diberikan tekanan pemadatan agar kepadatan sama.



Pengukuran pada media tertinggi yaitu dengan kedalaman 110 cm.



