

**PERBAIKAN RESISTANSI PENTANAHAN JENIS ELEKTRODA
PELAT DENGAN MEMANFAATKAN ARANG SEKAM PADI**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



WIWIN WAHYUNI

NIM. 125060301111007

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2016

LEMBAR PENGESAHAN

**PERBAIKAN RESISTANSI PENTANAHAN JENIS ELEKTRODA
PELAT DENGAN MEMANFAATKAN ARANG SEKAM PADI**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperolehgelar Sarjana Teknik



WIWIN WAHYUNI
NIM. 125060301111007

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 9 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. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19741203 200012 1 001

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 didalam Naskah Skripsi adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu perguruan tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

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

Malang,

Mahasiswa

Materai 6000

Wiwin Wahyuni

NIM. 125060301111007



RINGKASAN

Wiwin Wahyuni, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2016, **Perbaikan Resistansi Pentanahan Jenis Elektroda Pelat dengan Memanfaatkan Arang Sekam Padi**. Dosen Pembimbing: Moch. Dhofir dan Unggul Wibawa.

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang berperan penting bagi kehidupan sehari-hari, sehingga beban listrik akan semakin meningkat. Energi listrik yang kita gunakan pada umumnya telah melewati proses pembangkitan, transmisi, dan distribusi. Proses ini terhubung dari suatu titik ke titik lain menggunakan kawat penghantar yang sangat panjang sehingga sangat peka terhadap adanya gangguan. Gangguan tersebut dapat merusak peralatan elektronik dan membahayakan jiwa manusia. Untuk itu diperlukan suatu pengamanan system berupa system pentanahan yang baik pada peralatan. Dalam system pentanahan, semakin kecil nilai resistansi pentanahan maka kemampuan system untuk mengalirkan arus gangguan ke tanah semakin besar, karena arus cenderung menuju ke impedansi yang kecil. System pentanahan ideal memiliki nilai resistansi mendekati nol.

Dalam penelitian ini, untuk menentukan nilai resistansi pentanahan terkecil, dan paling efektif dengan cara melakukan treatment tanah dengan mengganti media tanah dengan arang sekam padi karena secara umum resistivitas arang lebih kecil jika dibandingkan dengan resistivitas tanah, dan dengan berbagai bentuk elektroda, maka beberapa cara yang dilakukan yaitu dengan cara menambahkan arang sekam padi kering, arang sekam padi dengan kadar air 40% dan arang sekam padi dengan kadar air 80%.

Dari hasil pengujian, semakin tebal penambahan ketebalan tanah dan arang sekam padi, maka resistansi pentanahannya akan semakin kecil, dari hasil pengukuran pada kedalaman 100cm pada elektroda B (50cmx75cm) posisi horizontal, memiliki resistansi dengan media tanah sebesar 363 ohm dan media arang sebesar 151 ohm. Semakin besar luas permukaan elektroda pelat, maka resistansi pentanahannya semakin kecil. Peletakan elektroda secara horizontal memiliki nilai resistansi yang lebih kecil daripada secara vertikal, pada elektroda B (50cmx75cm) dengan media arang kering memiliki nilai resistansi sebesar 231 ohm untuk posisi vertikal dan 151 ohm untuk posisi horizontal dan hasil pengukuran elektroda A(50cmx50cm) pada posisi horizontal memiliki nilai resistansi 161 ohm dan elektroda B(50cmx75cm) memiliki nilai resistansi 151 ohm. Serta semakin tinggi kadar air dalam media arang menyebabkan nilai resistansi semakin kecil. Pada elektroda B(50cmx75cm) posisi horizontal, arang dengan kadar air 40% memiliki resistansi sebesar 68 ohm dan arang dengan kadar air 80% memiliki resistansi sebesar 30 ohm.

Kata Kunci: Arang sekam padi, resistansi pentanahan, elektroda pelat.

SUMMARY

WiwinWahyuni, Electrical Engineering Department, Engineering Faculty of Brawijaya University, May 2016, **The Enhancement of Grounding Resistance Electrode Plate Type by Utilizing Paddy Chaff Charcoal**. Advisors: Moch. Dhofir and UnggulWibawa.

Electrical power is one of the crucial needs, which has the important role in daily life. Therefore, it leads us to the escalating of electrical expenses. Generally, the electrical power that we use has been through the processes of generating, transmitting, and distributing. These processes are connected form one to the other point by utilizing a very long wire, so that it becomes susceptible to interference. That interference may damage the electronic utilities, and put the human life in danger. Therefore, a good grounding system in appliances is required as the security system. In grounding system, if the grounding system has smaller value of resistance, then its ability to carry disturbance current to the ground will be greater. This is because the current tends toward to the small impedance. The resistance value of the ideal grounding system is close to zero.

In this research, the most effective way to determine smallest grounding resistance by doing the soil treatment is by replacing the soil medium by paddy chaff charcoal. The paddy chaff charcoal was chosen because generally the resistivity of charcoal is smaller than the resistivity of the ground, and the various form of electrodes. Moreover, some way which elaborated are by adding the dry paddy chaff charcoal, paddy chaff with 40% water content, and paddy chaff charcoal with 80% water content.

Based on the result of this research, the thicker the addition of the soil thickness and the paddy chaff charcoal, then the grounding resistance will be smaller. From the measurement result at the 100 cm depth in electrode B (50cm x 75cm) with horizontal position, the resistance value of soil medium was valued 363 ohm, and the charcoal medium was valued 151 ohm. The greater the surface of the electrode plate, then the grounding resistance will be smaller. If the electrode placed horizontally, the resistance value will be smaller than to place the electrode vertically. In the electrode B (50cm x 75cm) with dry charcoal media, the resistance value in the vertical position is 231 ohm, and 151 ohm in horizontal position. Based on the measurement result of different size electrodes, in electrode A (50cm x 50cm) which placed horizontally, the resistance value is 161 ohm, and the electrode B (50cm x 75cm) resistance value is 151 ohm. The higher water content of the charcoal medium will generate the smaller resistance value. In horizontal position, electrode B (50cm x 75cm), which utilized the charcoal with 40% water content has 68 ohm resistance, and the charcoal with 80% water content has 30 ohm resistance.

Key terms: Paddy chaff charcoal, grounding resistance, electrode plates.



PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allah Tuhan semesta alam, Tuhan Yang Maha Pengasih dan Penyayang. Dialah Sebaik-baik Penolong dan Sebaik-baik Pelindung. Shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad Rasulullah Shallallahu Alaihi Wa Salam. Atas Pertolongan dan Perlindungan Allah SWT semata sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan yang baik ini, di sampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Ibu Rini Nur Hasanah, Dr., ST., Msc. selaku KKDK Teknik Energi Elektrik yang telah banyak memberikan pengarahan, bimbingan, nasehat, saran dan motivasinya.
4. Bapak Moch. Dhofir, Drs., Ir., MT. selaku dosen pembimbing dan Ka. Lab Teknik Tegangan Tinggi yang telah banyak memberikan bimbingan, nasehat, saran, masukan dan motivasinya.
5. Bapak Unggul Wibawa, Ir., MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, nasehat, saran, masukan dan motivasinya.
6. Ibu Sapriesty Nainy Sari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik atas segala bimbingan, nasehat dan motivasi yang telah diberikan.
7. Keluarga tercinta, kedua orang tua, adiku Weni Adha Arafah yang telah memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Teman-teman satu angkatan dan semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.

Dapat di sadari, bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amîn

Malang, Mei 2016

Penulis

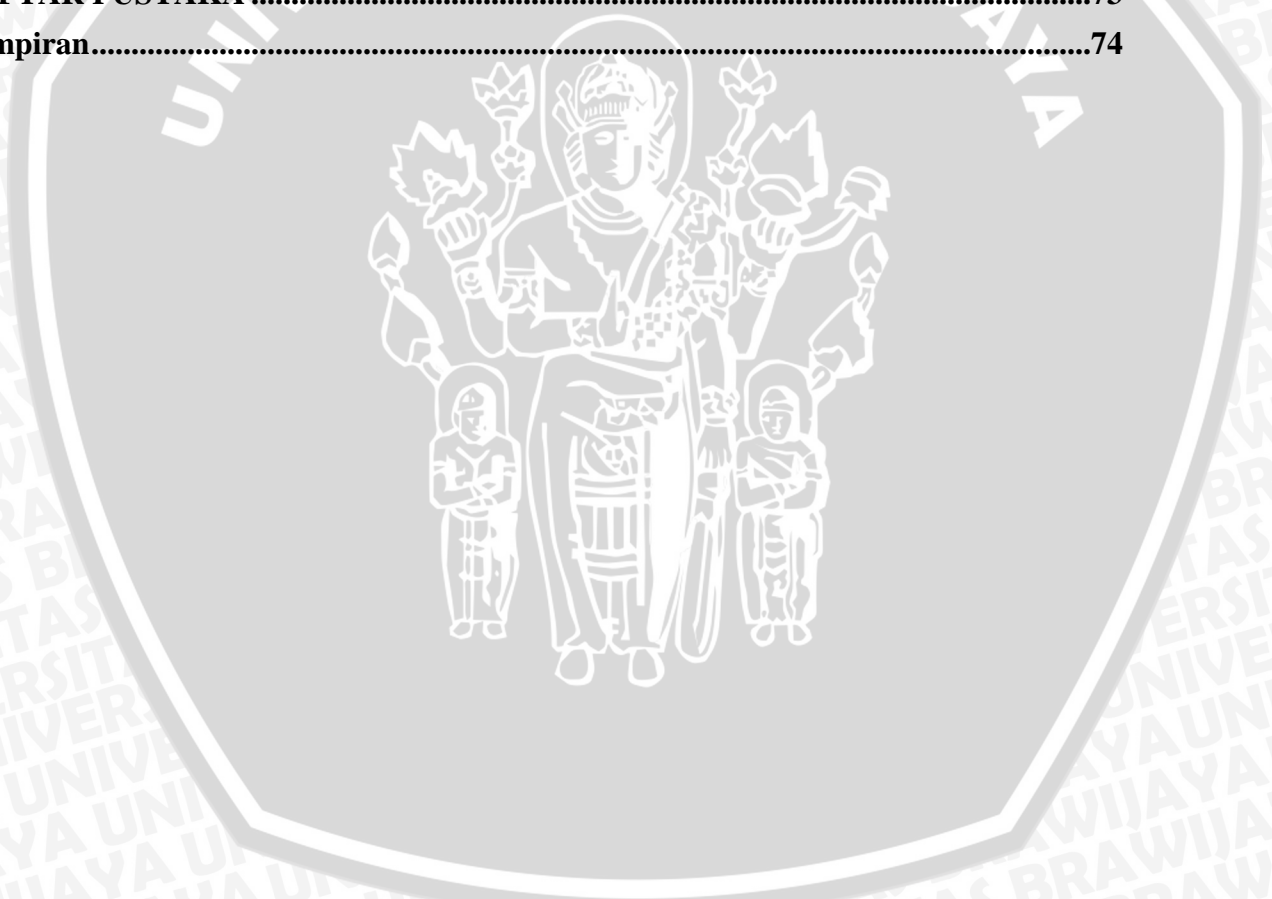
Daftar Isi

PENGANTAR.....	i
Daftar Isi	ii
Daftar Tabel.....	v
Daftar Gambar	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sifat Kimia Arang Sekam Padi	5
2.2 Metode Pengukuran Resistivitas Media Arang Sekam Padi	6
2.3 Sistem Pentanahan.....	7
2.3.1 Tahanan Jenis Tanah.....	8
2.4 Resistivitas Tanah.....	8
2.5 Jenis Elektroda Pentanahan	10
2.5.1 Elektroda Batang	10
2.5.2 Elektroda Plat.....	10
2.5.3 Elektroda Pita.....	10
2.6 Bahan dan Ukuran Elektroda Pentanahan	11
2.6.1 Bahan Elektroda Pentanahan	11
2.6.2 Ukuran Elektroda Pentanahan	11
2.7 Pengaruh Ketidakteraturan Lapisan Tanah Terhadap Nilai Resistansi Pembumian.....	13
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Studi Literatur.....	16
3.2 Variabel Penelitian	17
3.3 Perencanaan Penelitian.....	17
3.4 Objek Uji	18
3.5 Rangkaian Pengukuran Resistivitas Tanah	20
3.6 Rangkaian Pengukuran Resistansi Arang Sekam Padi.....	21
3.7 Rangkaian Pengukuran Resistansi Pentanahan	21
3.8 Analisis Hasil Pengujian	22

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Pengukuran Resistivitas Arang Kering dan Arang Basah	23
4.1.1 Pengukuran Resistivitas Arang Sekam Padi Kondisi Kering.....	23
4.1.2 Pengukuran Resistivitas Arang Sekam Padi Kondisi Basah.....	24
4.2 Pengukuran Resistivitas Tanah.....	25
4.3 Pengukuran Resistansi Pentanahan Menggunakan Elektroda Pelat	25
4.4 Karakteristik Resistansi Pentanahan Elektroda Pelat Model A Berukuran 50x50cm	26
4.4.1 Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Vertikal	26
4.4.2 Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Horizontal	30
4.4.3 Pengaruh Kadar Air pada Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Vertikal	35
4.4.4 Pengaruh Kadar Air pada Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Horizontal	40
4.5 Karakteristik Resistansi Pentanahan Elektroda Pelat Model B Berukuran 50x75cm	45
4.5.1 Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Vertikal	46
4.5.2 Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Horizontal	50
4.5.3 Pengaruh Kadar Air pada Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Vertikal	55



4.5.4 Pengaruh Kadar Air pada Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Horizontal.....	60
4.6 Perbandingan Karakteristik Pentanahan Menggunakan Elektroda	65
4.7 Perhitungan Resistansi Pentanahan dengan Segmentasi Lapisan Tanah pada Ketebalan Penambahan Arang Sekam Padidengan ketinggian 100 cm menggunakan Elektroda Pelat dengan ukuran 50cmx50cm pada Posisi Horizontal	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73
Lampiran.....	74



Daftar Tabel

Tabel 2. 1 Hasil Analisis Beberapa Bahan Arang dari Limbah Pertanian	5
Tabel 2. 2 Nilai Resistivitas Berbagai Jenis Tanah	8
Tabel 2. 3 Beberapa Sifat Logam Murni	11
Tabel 2. 4 Ukuran-ukuran Minimum Elektroda Pentanahan.....	12
Tabel 4. 1 Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah Lokasi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahandengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal	26
Tabel 4. 2 Pengaruh Penambahan Ketebalan Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahandengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal.....	28
Tabel 4. 3 Data <i>Trendline</i> Resisitansi Pentanahan Tiap Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Sekam Padi TerhadapNilaiResistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal	30
Tabel 4. 4 Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah Lokasi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahandengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal.....	31
Tabel 4. 5 Pengaruh Penambahan Ketebalan Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahandengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal.....	33
Tabel 4. 6 Data <i>Trendline</i> Resisitansi Pentanahan Tiap Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Sekam Padi TerhadapNilaiResistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal	35
Tabel 4. 7 Pengaruh Kadar Air 40% Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal.....	36
Tabel 4. 8 Pengaruh Kadar Air 80% Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal.....	38
Tabel 4. 9 Data <i>Trendline</i> Resisitansi Pentanahan dengan kadar air 40% dan 80% pada Arang Sekam Padi TerhadapNilaiResistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal	40
Tabel 4. 10 Pengaruh Kadar Air 40% Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal.....	41
Tabel 4. 11 Pengaruh Kadar Air 80% Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal.....	43

Tabel 4. 12	Data <i>Trendline</i> Resisitansi Pentanahan dengan kadar air 40% dan 80% pada Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal.....	45
Tabel 4. 13	Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah Lokasi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahandengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal.....	46
Tabel 4. 14	Pengaruh Penambahan Ketebalan Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahandengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal.....	48
Tabel 4. 15	Data <i>Trendline</i> Resisitansi Pentanahan Tiap Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal.....	50
Tabel 4. 16	Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah Lokasi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahandengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal.....	51
Tabel 4. 17	Pengaruh Penambahan Ketebalan Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal.....	53
Tabel 4. 18	<i>Trendline</i> Resisitansi Pentanahan Tiap Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal.....	55
Tabel 4. 19	Pengaruh Kadar Air 40% Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal.....	56
Tabel 4. 20	Pengaruh Kadar Air 80% Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal.....	58
Tabel 4. 21	Data <i>Trendline</i> Resisitansi Pentanahan dengan kadar air 40% dan 80% pada Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal.....	60
Tabel 4. 22	Pengaruh Kadar Air 40% Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal.....	60
Tabel 4. 23	Pengaruh Kadar Air 80% Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal.....	63
Tabel 4. 24	Data <i>Trendline</i> Resisitansi Pentanahan dengan kadar air 40% dan 80% pada Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal.....	65



Tabel 4. 25 Perbandingan nilai Resistansi Pentanahan	66
Tabel 4. 26 Hasil perhitungan nilai resistansi pentanahan ketebalan arang sekam padi 100 cm dengan segmentasi lapisan tanah.....	68



Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Grafik pengaruh kelembaban, temperatur, dan kandungan garam terhadap nilai resistivitas tanah	9
Gambar 2. 2 Ketidakteraturan lapisan tanah	13
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	16
Gambar 3. 2 Variasi ukuran elektroda plat.....	18
Gambar 3. 3 sketsa arang, elektroda dan tanah	19
Gambar 3. 4 Digital <i>earth resistance tester</i> model 4105 A.....	20
Gambar 3. 5 Pengukuran resistivitas tanah menggunakan metode 4 titik dengan digital <i>earth resistance tester</i>	20
Gambar 3. 6 Pengukuran resistivitas arang sekam padi	21
Gambar 3. 7 Rangkaian pengukuran resistansi pentanahan	21
Gambar 4. 1 Grafik pengaruh penambahan ketebalan tanah lokasi terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal	27
Gambar 4. 2 Grafik pengaruh penambahan ketebalan arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal	29
Gambar 4. 3 Grafik pengaruh penambahan ketebalan tanah lokasi terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal.....	32
Gambar 4. 4 Grafik pengaruh penambahan ketebalan arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal	34
Gambar 4. 5 Grafik pengaruh kadar air 40% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal.....	37
Gambar 4. 6 Grafik pengaruh kadar air 80% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal.....	39
Gambar 4. 7 Grafik pengaruh kadar air 40% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal.....	42
Gambar 4. 8 Grafik pengaruh kadar air 80% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal.....	44
Gambar 4. 9 Grafik pengaruh penambahan ketebalan tanah lokasi terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal.....	47
Gambar 4. 10 Grafik pengaruh penambahan ketebalan arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal	49
Gambar 4. 11 Grafik pengaruh penambahan ketebalan tanah lokasi terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal	52

Gambar 4. 12 Grafik pengaruh penambahan ketebalan arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal 54

Gambar 4. 13 Grafik pengaruh kadar air 40% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal..... 57

Gambar 4. 14 Grafik pengaruh kadar air 80% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal 59

Gambar 4. 15 Grafik pengaruh kadar air 40% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal 62

Gambar 4. 16 Grafik pengaruh kadar air 80% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal 64





BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin berkembangnya zaman, ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini, menyebabkan pertumbuhan beban yang terus meningkat, sehingga sistem tenaga listrik terus berkembang pesat dan besar, maka faktor keamanan manusia terhadap kecelakaan listrik juga harus diperhatikan. Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang berperan penting bagi kehidupan sehari-hari dalam berbagai sektor, seperti rumah tangga, industri, pendidikan, kesehatan, dan pemerintahan. Kecelakaan listrik ini sebenarnya disebabkan oleh besarnya arus yang mengalir dalam tubuh manusia. Dalam operasi sistem tenaga listrik sering terjadi gangguan-gangguan yang dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Gangguan hampir selalu ditimbulkan oleh hubung singkat dan arus gangguan seperti arus petir. Hubung singkat terjadi akibat dari faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal dari gangguan adalah rusaknya peralatan listrik. Faktor eksternal adalah antara lain cuaca buruk, hujan, petir dan lain-lain. Gangguan hubung singkat dapat menyebabkan menurunnya kontinuitas pelayanan daya kepada para konsumen apabila gangguan itu sampai menyebabkan terputusnya suatu rangkaian, merusak peralatan yang terhubung dengan sistem, dan juga dapat membahayakan nyawa manusia. Untuk itu, diperlukan pengamanan untuk menanggulangi hal tersebut yakni sistem pentanahan.

Dalam sistem pentanahan, semakin kecil nilai resistansi pentanahan maka kemampuan sistem untuk mengalirkan arus gangguan ketanah semakin besar karena arus cenderung menuju keimpedansi yang kecil. Sistem pentanahan yang ideal memiliki nilai resistansi mendekati nol.

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

ukuran butiran material dan distribusinya. Maka solusi yang mungkin dilakukan untuk memperkecil resistivitas tanah di suatu lokasi adalah dengan memberikan perlakuan khusus untuk memperbaiki nilai resistansi pentanahan. Dalam skripsi ini akan dilakukan *treatment* tanah menggunakan arang sekam padi dengan tujuan agar didapatkan nilai resistivitas tanah yang paling kecil, karena secara umum resistivitas arang lebih rendah dari resistivitas tanah.

Sekam padi (*rice husk/ rice hull*) atau kulit gabah adalah bagian terluar dari bulir padi dan memiliki kandungan silika terbanyak dibandingkan dengan hasil samping pengolahan padi lainnya. Arang Sekam atau Sekam Bakar adalah Sekam yang sudah melewati proses pembakaran yang tak sempurna berwarna hitam. Proses sama dengan pembuatan arang, yaitu menghentikan pembakaran sebelum sekam jadi abu dengan cara ditutup atau disiram dengan air. Struktur bentuk tak jauh beda dengan sekam mentah/putih – berwarna hitam, karena sudah ikut hangus terbakar. (Andela, 2015)

Dalam skripsi ini akan dilakukan beberapa metode untuk mencari nilai terkecil dan paling efektif dengan cara melakukan *treatment* tanah dengan mengganti media tanah dengan arang dengan menambahkan ketebalan arang sekam padi dengan berbagai bentuk ukuran elektroda dan dengan penambahan air sehingga didapatkan nilai resistansi pentanahan yang rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Berapa besar pengaruh penambahan ketebalan arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan jenis elektroda plat.
2. Berapa besar pengaruh posisi (vertikal/horizontal) penanaman elektroda plat terhadap nilai resistansi pentanahan.
3. Berapa besar pengaruh ukuran elektroda plat terhadap nilai resistansi pentanahan.
4. Berapa besar pengaruh pemberian air dalam arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Elektroda pentanahan terbuat dari bahan alumunium dengan tebal 1,5 mm.
2. Metode pengukuran resistansi pentanahan menggunakan metode tiga titik.
3. Jenis tanah yang dilakukan pada penelitian adalah jenis tanah kerikil basah.

4. Arang sekam padi yang digunakan adalah arang dalam kondisi kering dan kondisi basah.
5. Variabel dalam penelitian ini adalah kedalaman penanaman elektroda pentanahan, ukuranelektroda pentanahan, variasi ketebalan penambahan arang sekam padi dan pemberian air terhadap arang sekam padi.

1.4 Tujuan

Penyusunan penelitian ini bertujuan untuk menganalisis berapa besar penurunan nilai resistansi pentanahan dengan penambahan ketebalan arang sekam padi dalam keadaan kering dan basah pada elektroda plat dengan posisi vertikal dan horizontal.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini meliputi:

- **BAB I. PENDAHULUAN**

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan dalam penelitian ini.

- **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Membahas tentang dasar teori yang mendukung penelitian dalam penyusunan penelitian.

- **BAB III. METODE PENELITIAN**

Membahas tentang metode atau cara yang akan digunakan untuk mendapatkan hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penyusunan skripsi.

- **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi uraian tentang hasil penelitian dan pembahasan berdasarkan ruang lingkup penelitian.

- **BAB V. PENUTUP**

Berisi uraian tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang dapat menjelaskan secara langsung apa yang dilakukan dalam penelitian.

- **DAFTAR PUSTAKA**

Memaparkan tentang sumber-sumber literatur yang digunakan dalam penelitian.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sifat Kimia Arang Sekam Padi

Arang sekam atau sekam bakar banyak dimanfaatkan sebagai campuran media tanam dan media tanam murni (tanpa campuran). Arang sekam digunakan sebagai media tanam hidroponik dan campuran media tanam berbasis tanah. Arang sekam merupakan media tanam yang baik karena memiliki kandungan SiO_2 52% dan unsur C 31% serta komposisi lainnya seperti Fe_2O_3 , K_2O , MgO , CaO , MnO dan Cu dalam jumlah yang sangat sedikit. Unsur hara pada arang sekam antara lain Nitrogen (N) 0,32%, Phosphat (P) 0,15%, Kalium (K) 0,31%, Calcium (Ca) 0,96%, Fe 180 ppm, Mn 80,4 ppm, Zn 14,10 ppm dan pH 8,5 – 9,0. (Nurida, 2008: 4)

Arang sekam atau sekam bakar memiliki karakteristik yang ringan (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 cukup tinggi, yaitu antara 8,5 sampai 9,0 sehingga sangat baik digunakan untuk meningkatkan pH pada tanah asam. Sekam bakar atau arang sekam sekam juga memiliki sifat porositas yang baik dan kemampuan menyerap air rendah.

Tabel 2.1 Hasil Analisis Beberapa Bahan Arang dari Limbah Pertanian

Variabel	Tempurung Kelapa	Kulit Buah Kakao	Tempurung Kelapa Sawit	Sekam Padi
C-organik total (%)	24,33	37,5	37,53	35,98
Asam humat (%)	0,56	0,91	2,1	0,79
Asam sulfat (%)	0,71	3,31	2,36	1,57
Kadar abu (%)	2,09	13,65	10,04	27,05
Kadar N (%)	0,20	1,91	1,09	0,73
C/N ratio	122	20	34	49
Kadar P (%)	0,02	0,4	0,09	0,14
Kadar K (%)	0,01	0,47	0,01	0,03

Sumber: Nurida (2008: 6)

2.2 Metode Pengukuran Resistivitas Media Arang Sekam Padi

Salah satu sifat listrik yang dimiliki arang sekam padi adalah resistivitas. Resistivitas merupakan salah satu faktor yang menentukan nilai resistansi suatu bahan. Metode resistivitas volume akan dijelaskan secara rinci dalam bab tiga. Untuk mengukur nilai resistivitas arang sekam padi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-2):

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} \quad (2-1)$$

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

Keterangan:

R: Nilai resistansi arang sekam padi hasil pengukuran (ohm).

P: Nilai resistivitas arang sekam padi (ohm-cm).

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

A: Luas penampang pipa (cm²).

r: Jari-jari pipa (cm).

(Stevenson, 1984: 45)

Resistivitas arang sekam padi sangat dipengaruhi oleh kerapatan partikel arang dan kadar air yang terkandung dalam arang sekam padi tersebut. Kerapatan adalah suatu besaran turunan dalam ilmu fisika yang secara umum lebih dikenal dengan massa jenis. Maka dalam sebuah penelitian perlu diketahui kerapatan partikel sekam padi. Untuk menentukan kerapatan arang sekam padi dapat dihitung menggunakan persamaan (2-3):

$$K = \frac{m}{V} \quad (2-3)$$

Keterangan:

K: kerapatan arang sekam padi (gram/cm³).

m: massa arang sekam padi (gram).

V: volume arang sekam padi dalam pipa (cm³).

(Riva, 2015: 8)

2.3 Sistem Pentanahan

Salah satu faktor kunci dalam setiap usaha pengamanan rangkaian listrik adalah pentanahan. Apabila suatu tindakan pengamanan yang baik akan dilaksanakan, maka harus ada sistem pentanahan yang dirancang dengan benar. Standar pentanahan yang biasa digunakan, telah banyak tertulis dalam laporan-laporan berbagai organisasi nasional yang berkaitan. (Hadi, 1994: 154)

Agar sistem pentanahan dapat bekerja efektif, harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

- a. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengamanan personal dan peralatan, menggunakan rangkaian yang efektif.
- b. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung (*surge currents*).
- c. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk meyakinkan kontinuitas penampilannya sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
- d. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pelayanan.

(Hadi, 1994: 154)

Di beberapa tempat, resistansi pentanahan sebesar 5 Ohm mungkin sudah cukup memadai tanpa banyak gangguan, sedangkan di lain tempat mungkin sangat sulit dicapai resistansi pentanahan dibawah 100 ohm. Beberapa standar yang telah disepakati adalah bahwa saluran transmisi *substasiun* harus direncanakan sedemikian rupa, sehingga resistansi pentanahan tidak melebihi 1 ohm. Dalam *substasiun-substasiun* distribusi, nilai resistansi maksimum yang diperbolehkan adalah 5 ohm. Dalam *substasiun-substasiun* (66 kV atau lebih), sistem kisi tanam untuk suatu *substasiun* akan memberikan resistansi pentanahan yang diinginkan. Dalam sistem tersebut dapat timbul masalah, pada tegangan 33 kV atau lebih rendah, biasa digunakan pentanahan dengan elektroda batang. (Hadi, 1994: 155)

Pada umumnya dalam sistem pentanahan selalu timbul keadaan-keadaan yang akan menyulitkan dalam memperoleh tahanan pentanahan yang diinginkan. Apabila timbul keadaan demikian dapat digunakan beberapa metode untuk menurunkan nilai resistansi pentanahan, antara lain sistem-sistem batang paralel, sistem elektroda batang yang ditanam dengan beberapa elektroda, dan perlakuan terhadap kondisi kimiawi tanah. Metode-metode lain juga telah banyak diperkenalkan, yaitu plat tanam, penghantar tanam, dan beton

kerangka baja yang secara listrik terhubung. Sejenis tanah liat yang dikenal sebagai *bentonite*, karena kemampuannya menyerap dan menahan air, dapat digunakan untuk mengurangi resistansi tanah tinggi, dalam orde 300 ohm atau lebih. (Hadi, 1994: 155).

2.3.1 Tahanan Jenis Tanah

Faktor keseimbangan antara tahanan pengetahanan dan kapasitansi di sekelilingnya adalah tahanan jenis tanah yang di representasikan dengan ρ . Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung dari beberapa faktor, yaitu:

- Jenis tanah: tanah liat, berpasir, berbatu dan lain lain
- Lapisan tanah: berlapis-lapis dengan tahanan jenis berlainan atau uniform.
- Kelembaban tanah
- Temperature

(Hutauruk, 1986: 141)

2.4 Resistivitas Tanah

Jenis tanah sangat menentukan nilai resistivitas tanah. Tanah liat pada umumnya memiliki resistivitas yang terendah, namun pada kenyataannya nilai resistivitas tanah berbeda-beda tergantung konfigurasi dari tanah tersebut. Berikut merupakan nilai resistivitas dari berbagai jenis tanah:

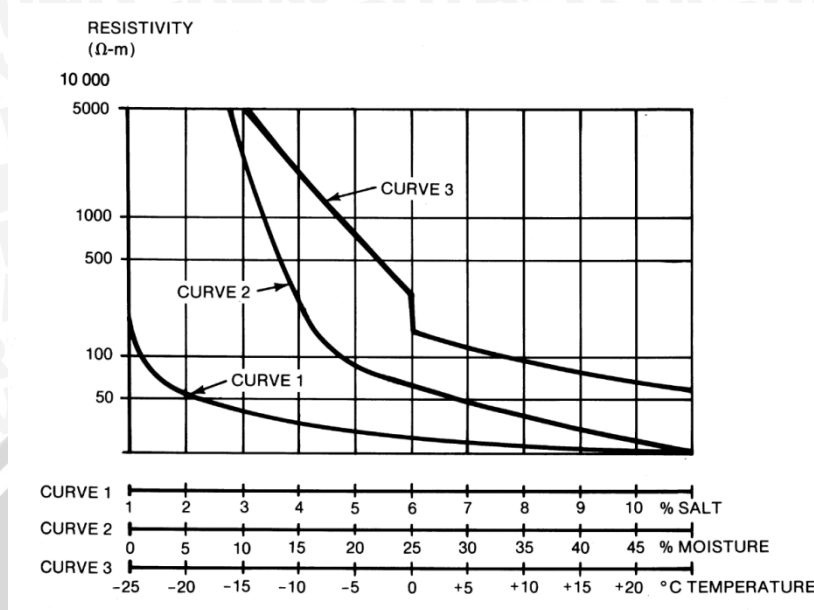
Tabel 2.2 Nilai Resistivitas Berbagai Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	Resistivitas Tanah (ohm-m)
1.	Tanah rawa	30
2.	Tanah liat dan tanah ladang	100
3.	Pasir basah	200
4.	Kerikil basah	500
5.	Pasir dan kerikil kering	1000
6.	Tanah berbatu	3000

Sumber: PUIL (2000: 80)

Nilai resistivitas pada Tabel 2.2 merupakan suatu nilai perkiraan dari resistivitas berbagai jenis tanah. Sejumlah peneliti dari waktu ke waktu mengukur resistivitas berbagai jenis tanah baik melalui pengambilan contoh dan mengukurnya dalam piranti khusus maupun dengan pengukuran yang tak terpengaruh massa tanah. Keduanya bukan pengukuran gampang tetapi lebih memungkinkan untuk memberi hasil akurat. Sangat sulit

untuk memastikan bahwa contoh yang diambil dari tanah dalam kondisi yang sama ketika diukur sebagaimana ia ditempatkan.



Gambar 2.1 Grafik pengaruh kelembaban, temperatur, dan kandungan garam terhadap nilai resistivitas tanah

Sumber: IEEE Std 80 (1986: 50)

Selain jenis tanah, pengaruh kandungan kimia dalam tanah juga ikut berperan menentukan nilai resistansi penanahan. Gambar 2.2 menunjukkan hubungan resistivitas tanah dengan kelembaban, kandungan garam, dan temperatur pada tanah. Pada persentase kelembaban, kandungan garam, dan temperatur yang tinggi, nilai resistivitasnya kecil. Dari grafik dapat dilihat bahwa dengan konsentrasi kelembaban yang tinggi, maka nilai resistivitas akan turun dengan cepat. Nilai resistivitas tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-4).

$$\rho = \frac{2\pi L_r R}{\ln\left(\frac{8L_r}{d}\right) - 1} \quad (2-4)$$

Keterangan:

ρ : nilai resistivitas tanah (ohm-cm).

R : nilai resistansi tanah dari hasil pengukuran (ohm).

L_r : kedalaman penanaman elektroda batang (cm).

d : diameter elektroda batang (cm).

(IEEE std 80, 1986: 54)

2.5 Jenis Elektroda Pentanahan

Yang dimaksud dengan elektroda pentanahan adalah elektroda dan bahan metal (biasanya dari bahan tembaga) yang ditanam dalam tanah yang digunakan untuk pembumian. (PUIL, 1977 pasal 330), elektroda-elektroda pembumian dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu elektroda batang, elektroda plat, elektroda pita.

2.5.1 Elektroda Batang

Elektroda batang adalah elektroda dari pipa besi, baja profil, atau batang logamlainnya yang dipancangkan ke dalam tanah. Panjang elektroda yang harus digunakan, disesuaikan dengan tahanan pentanahan yang diperlukan. Untuk memancangkan elektroda-elektroda ini sering digunakan *palu lantak*. Elektroda-elektroda tersebut dapat juga dimasukkan ke dalam tanah dengan getaran menggunakan *palu kango*. (Riva, 2015: 10)

Jika tanah pada lokasi kering, kadang-kadang sangat sulit untuk mencapai resistansi penyebaran yang cukup rendah. Dalam hal ini, ada kalanya sifat-sifat tanah itu dapat diperbaiki dengan mengolahnya dengan bahan-bahan kimia. (Riva, 2015: 10)

Apabila digunakan beberapa elektroda batang yang dihubungkan paralel, jarak antara elektroda-elektroda ini harus sekurang-kurangnya 4 meter. Elektroda-elektroda itu tidak boleh berada dalam corong tegangan dari elektroda di sampingnya. Pentanahan dengan menggunakan elektroda batang juga disebut pentanahan dalam. (Riva, 2015: 10)

2.5.2 Elektroda Plat

Elektroda plat dibuat dari plat logam, plat logam berlubang atau dari kawat kasa. Plat ini ditanam tegak lurus di dalam tanah, dengan tepi atasnya sekurang-kurangnya 1 meter di bawah permukaan tanah. (Riva, 2015: 10)

Luas plat yang harus digunakan tergantung pada resistansi pentanahan yang diperlukan. Pada umumnya selembat plat ukuran 1 m x 0,5 m sudah cukup. Kalau digunakan beberapa plat yang dihubungkan paralel untuk memperoleh resistansi pentanahan yang lebih rendah, jarak antara plat-plat ini harus sekurang-kurangnya 3 meter. (Riva, 2015: 10)

2.5.3 Elektroda Pita

Elektroda pita dibuat dari hantaran berbentuk pipa, batang bulat, atau hantaran yang dipilin dan pada umumnya ditanam secara dangkal. Elektroda pentanahan ini berbentuk

radial, lingkaran atau suatu kombinasi dari bentuk-bentuk tersebut yang ditanam sejajar permukaan tanah dengandalam antara 0,5 – 1,0 m. (Riva, 2015: 11)

Elektroda plat berbentuk radial harus disusun simetris, jumlah jari-jari yang digunakan tidak perlu lebih dari enam. Penambahan jari-jari melebihi jumlah ini tidak akan banyak mengurangi resistansi pentanahannya. (Riva, 2015: 11)

2.6 Bahan dan Ukuran Elektroda Pentanahan

2.6.1 Bahan Elektroda Pentanahan

Elektroda yang digunakan biasanya berasal dari bahan tembaga, plat besi, maupun baja yang digalvanisasi agar elektrodanya tidak mudah korosi. Bahan ini harus kuat, tahan pengaruh kimia, tahan pengaruh perubahan iklim dan tahan lama. Berikut merupakan sifat konduktivitas beberapa logam murni ditunjukkan pada Tabel 2.3:

Tabel 2.3 Beberapa Sifat Logam Murni

Material	Conductivity (%)	Tm (Celcius)	K _f
Copper, annealed soft-drawn	100,0	1083	7,00
Copper, commercial hard-drawn	97,0	1084	7,06
Copper, commercial hard-drawn	97,0	250	11,78
Copper-clad steel wire	40,0	1084	10,45
Copper-clad steel wire	30,0	1084	12,06
Copper-clad steel rod	20,0	1084	14,64
Aluminium EC Grade	61,0	657	12,12
Aluminium 5005 Alloy	53,5	652	12,41
Aluminium 6201 Alloy	52,5	654	12,47
Aluminium-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)

2.6.2 Ukuran Elektroda Pentanahan

Ukuran minimum elektroda dapat dipilih menurut Tabel 2.4 dengan memperhatikan pengaruh korosi dan KHA (Kuat Hantar Arus). Jika keadaan tanah sangat korosif atau jika digunakan elektroda baja yang tidak digalvanisasi, dianjurkan untuk menggunakan luas penampang atau tebal sekurang-kurangnya 150 % dari yang tertera dalam Tabel 2.4.

Apabila elektroda pita hanya digunakan untuk mengatur gradien tegangan, luas penampang minimum pada baja digalvanisasi atau berlapis tembaga harus 16 mm²

dan pada tembaga 10 mm^2 . Logam ringan hanya boleh ditanam dalam suatu jenis tanah jika lebih tahan korosi daripada baja atau tembaga.

Selubung logam kabel yang tidak dibungkus dengan bahan isolasi yang langsung ditanam dalam tanah boleh dipakai sebagai elektroda pentanahan, jika selubung logam tersebut di kedua sisi sambungan yang dihubungkan dengan penghantar yang konduktivitas minimalnya sama dengan selubung logam tersebut dan luas penampang penghantar itu minimal sebagai berikut

- 4 mm^2 tembaga untuk kabel dengan penampang inti sampai 6 mm^2
- 10 mm^2 tembaga untuk kabel dengan penampang inti 10 mm^2 atau lebih.

(PUIL, 2000: 82)

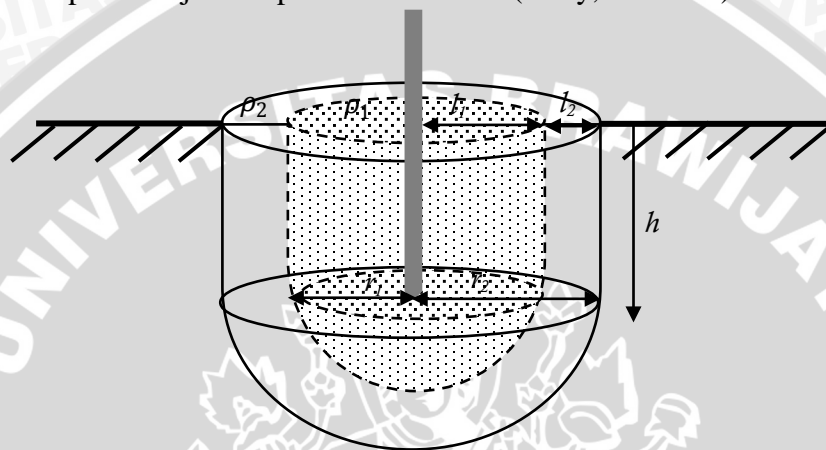
Tabel 2. 4 Ukuran-ukuran Minimum Elektroda Pentanahan

Jenis Elektroda	Bahan		
	Baja digalvanisasi dengan proses pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
Elektroda pita	<ul style="list-style-type: none"> Pita baja A = 100 mm^2 setebal minimum 3 mm Penghantar pilin A = 95 mm^2 (bukan kawat halus) 	<ul style="list-style-type: none"> Pita baja A = 50 mm^2 	<ul style="list-style-type: none"> Pita tembaga A = 50 mm^2 tebal minimum 2 mm Penghantar pilin 35 mm^2 (bukan kawat halus)
Elektroda batang	<ul style="list-style-type: none"> Pipa baja 25 mm Baja profil 65 x 65 x 7 mm (batang profil lain yang setaraf) 	<ul style="list-style-type: none"> Baja berdiameter 15 mm dilapisi tembaga setebal $250 \mu\text{m}$ 	
Elektroda plat	<ul style="list-style-type: none"> Plat besi tebal 3 mm, A = $0,5 \text{ m}^2 - 1 \text{ m}^2$ 		<ul style="list-style-type: none"> Plat tembaga tebal 2 mm, A = $0,5 \text{ m}^2 - 1 \text{ m}^2$

Sumber: PUIL (2000: 82)

2.7 Pengaruh Ketidakseragaman Lapisan Tanah Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan

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 ketidakseragaman lapisan tanah. Sehingga tidak heran, apabila nilai resistivitas lapisan tanah bagian bawah menjadi lebih kecil dibandingkan dengan lapisan tanah bagian atas. Perhitungan untuk ketidakseragaman dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2. (Dedy, 2013: 17)



Gambar 2. 2 Ketidakseragaman lapisan tanah

Sumber: Dedy (2013: 17)

Distribusi arus ke tanah adalah tegak lurus terhadap tanah, sehingga nilai resistansi pembumian untuk pengaruh ketidakseragaman dapat menggunakan Persamaan (2-5) dan (2-6). (Dedy, 2013: 18)

$$R_1 = \frac{\rho_1 l_1}{A_1} = \frac{\rho_1 l_1}{2\pi r_1 h + 2\pi r_1^2} \quad (2-5)$$

$$R_2 = \frac{\rho_2 l_2}{A_2} = \frac{\rho_2 l_2}{2\pi r_2 h + 2\pi r_2^2} \quad (2-6)$$

Untuk ketidakseragaman setiap lapisan tanah ke-n dapat ditunjukkan pada Persamaan (2-7).

$$R_n = \frac{\rho_n l_n}{A_n} = \frac{\rho_n l_n}{2\pi r_n h + 2\pi r_n^2} \quad (2-7)$$

Sehingga nilai resistansi pembumian dengan mengabaikan nilai resistansi elektroda batang dan resistansi kontak antara elektroda batang dengan tanah dapat dinyatakan pada Persamaan (2-8).

$$R_e = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (2-8)$$

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)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metode dan langkah kerja untuk mengetahui berapa besar penurunan nilai resistansi pentanahan dengan penambahan ketebalan arang sekam padi dalam keadaan kering dan basah pada elektroda plat dengan posisi vertikal dan horizontal. Adapun metode penelitian yang digunakan terdiri dari studi literatur, persiapan alat, pengujian objek uji, pengambilan data dan analisis data, serta pengambilan kesimpulan. Langkah-langkah percobaan penelitian dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1. Dari Gambar 3.1 dapat diamati bahwa unjuk kerja di dalam penelitian ini diawali dengan tahap studi literatur yang dilakukan dengan membaca buku pustaka yang berkaitan dengan resistansi pentanahan. Sehingga dapat dihasilkan nilai resistansi yang sesuai dengan teori teori tersebut.





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Sumber: Perencanaan Penelitian

3.1 Studi Literatur

Penelitian ini dibuat dengan memanfaatkan beberapa literature baik dari buku referensi maupun hasil penelitian sebelumnya. Studi literature ini berkaitan dengan:

- Sifat kimia arang sekam padi.
- Resistivitas arang sekam padi.
- Sistem pentanahan.
- Resistivitas tanah.

- e. Resistansi pentanahan.
- f. Jenis elektroda pentanahan.
- g. Bahan dan ukuran elektroda pentanahan.

3.2 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang akan diamati, antara lain:

1. Berapa besar pengaruh penambahan ketebalan arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan jenis elektroda plat.
2. Berapa besar pengaruh posisi penanaman elektroda plat terhadap nilai resistansi pentanahan.
3. Berapa besar pengaruh ukuran elektroda plat terhadap nilai resistansi pentanahan.
4. Berapa besar pengaruh pemberian air arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan.

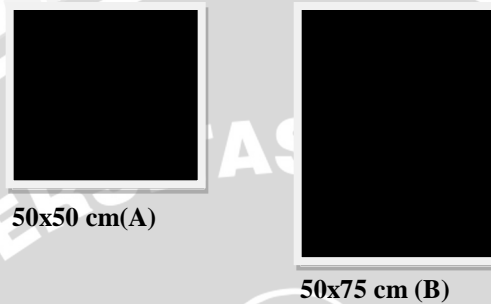
3.3 Perencanaan Penelitian

Langkah-langkah dalam perencanaan penelitian untuk mencari karakteristik pengaruh penambahan arang sekam padi terhadap perubahan nilai resistansi pentanahan meliputi:

1. Mempersiapkan lokasi pengujian
Pengujian dilakukan pada satu tempat penggalian dengan tujuan agar data yang diambil pada ketebalan penanaman elektroda pada kondisi tanah yang sama.
2. Mempersiapkan arang sekam padi
Ukuran partikel arang sekam padi dibuat seragam dengan menggunakan ayakan, agar nilai resistansi kontak antara permukaan elektroda plat dan tanah disekitarnya menjadi sangat kecil dan dapat diabaikan.
3. Mempersiapkan model elektroda
Elektroda plat yang digunakan terdiri dari 4 model dengan ukuran yang berbeda-beda.
4. Metode Pengukuran
Dalam penelitian ini menggunakan metode 3 titik untuk mengukur resistansi pentanahan

3.4 Objek Uji

Pada penelitian ini obyek uji yang digunakan untuk mencari karakteristik pengaruh pemberian arang sekam padi terhadap perubahan nilai resistansi pentanahan adalah elektroda plat. Elektroda plat ini ditanam dalam tanah bersama arang sekam padi. Variabel yang diubah-ubah pada obyek uji adalah ukuran elektroda. Ada 4 model variasi ukuran elektroda pada penelitian ini seperti yang ditunjukkan Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Variasi ukuran elektroda plat

Sumber: Perencanaan Penelitian



Gambar 3.3sketsa arang, elektroda dan tanah

Sumber: Perencanaan Penelitian

Alat ukur yang digunakan pada penelitian ini adalah alat ukur *digital earth resistance tester* model 4105 A. Alat ukur ini dirancang menurut standar IEC. Selain untuk mengukur nilai resistansi pentanahan, alat ini juga dapat dipergunakan untuk mengukur nilai tegangan pentanahan. Tampilan dari alat ukur tersebut diperlihatkan pada Gambar 3.4.

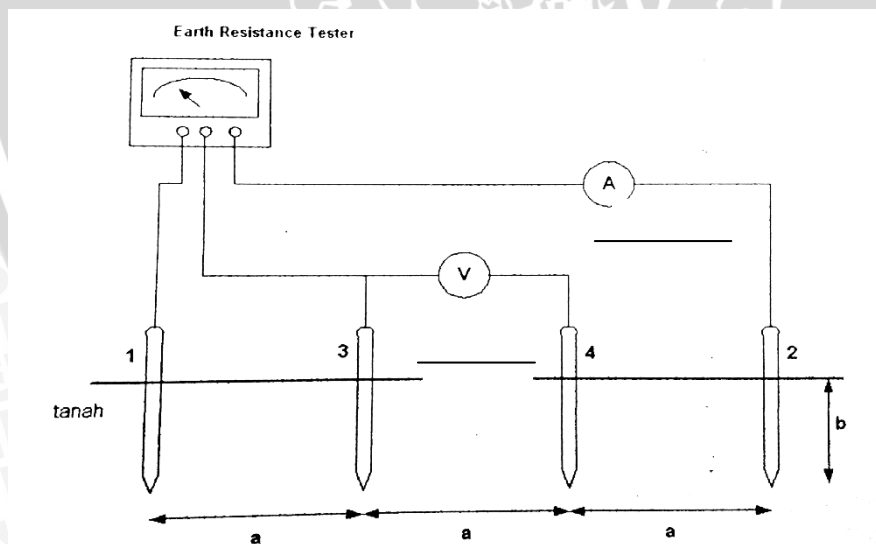


Gambar 3.4 Digital earth resistance tester model 4105 A

Sumber: Buku manual digital earth resistance tester model 4105 A

3.5 Rangkaian Pengukuran Resistivitas Tanah

Rangkaian pengukuran resistivitas tanah dapat diketahui menggunakan empat buah elektroda batang yang dihubungkan dengan Digital Earth Resistance Tester atau biasa disebut metode 4 titik, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.5. Pada Gambar 3.5 angka 1 dan 2 menunjukkan elektroda bantu, sedangkan angka 3 dan 4 merupakan elektroda utama. Nilai resistivitas tanah dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2-4).

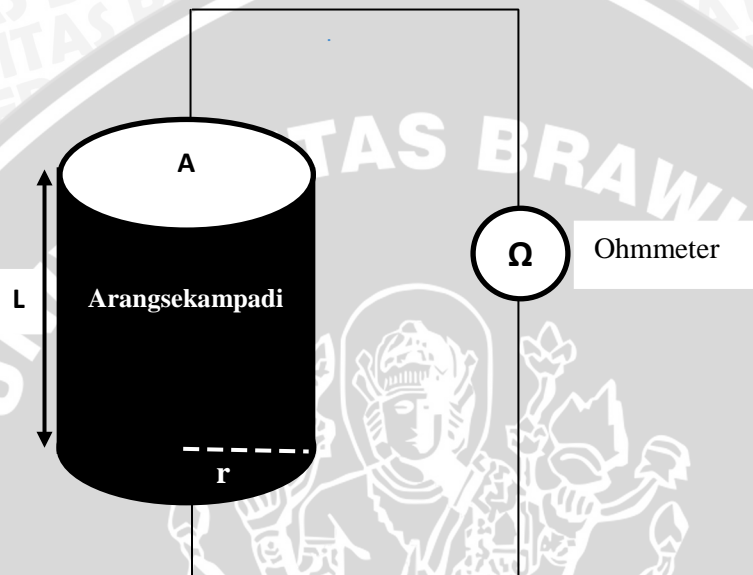


Gambar 3.5 Pengukuran resistivitas tanah menggunakan metode 4 titik dengan digital earth resistance tester

Sumber: Buku manual digital earth resistance tester model 4105 A

3.6 Rangkaian Pengukuran Resistansi Arang Sekam Padi

Nilai resistivitas arang sekam padi yang akan digunakan sebagai *treatment* untuk menurunkan nilai resistansi pentanahan dapat dihitung dengan persamaan (2-2). Pengukuran dilakukan dengan cara memasukkan partikel arang kedalam pipa PVC dengan penutup aluminium pada setiap ujung pipa, setelah itu dihubungkan dengan ohmmeter dan dipasang kawat tembaga untuk mempermudah pengukuran, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6.

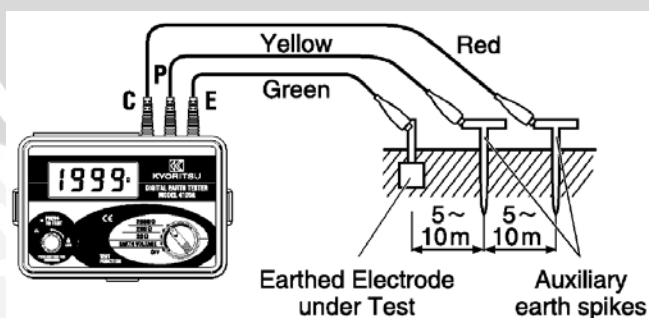


Gambar 3.6 Pengukuran resistivitas arang sekam padi

Sumber: Perencanaan Penelitian

3.7 Rangkaian Pengukuran Resistansi Pentanahan

Pengukuran resistansi pentanahan jenis elektroda batang menggunakan metode 3 titik dengan menggunakan alat ukur yaitu *digital earth resistance tester* model 4105 A yang rangkaian ditunjukkan pada Gambar 3.7.



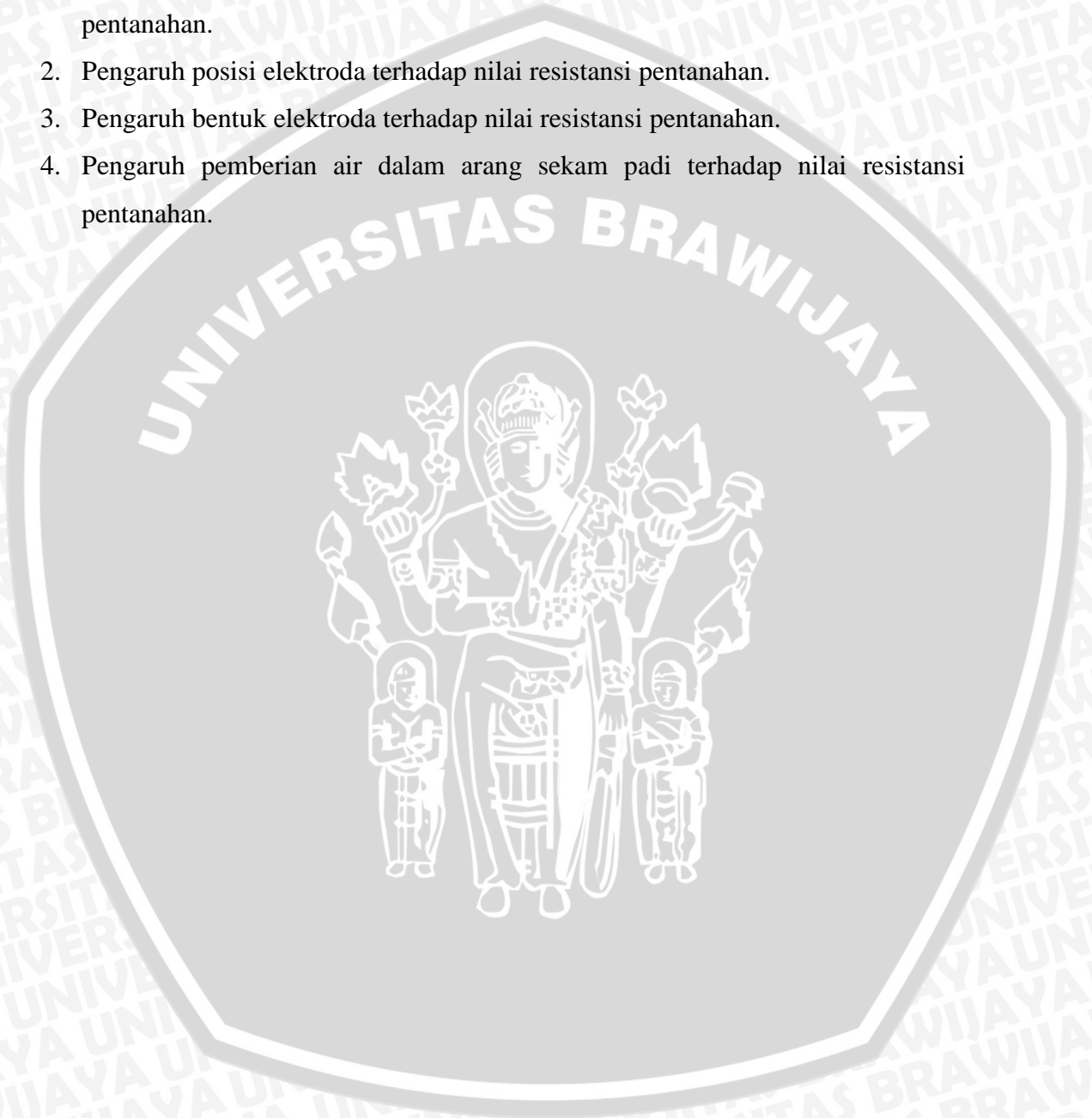
Gambar 3.7 Rangkaian pengukuran resistansi pentanahan

Sumber :Buku manual *digital earth resistance tester* model 4105 A

3.8 Analisis Hasil Pengujian

Setelah semua data yang diinginkan terkumpul maka dilakukan analisis data dan pembahasan dengan mengacu pada rumusan masalah. Berikut ini analisis data yang akan dilakukan dalam penelitian ini:

1. Pengaruh penambahan ketebalan arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan.
2. Pengaruh posisi elektroda terhadap nilai resistansi pentanahan.
3. Pengaruh bentuk elektroda terhadap nilai resistansi pentanahan.
4. Pengaruh pemberian air dalam arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan.



BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Data dalam penelitian adalah data yang didapatkan dari hasil pengambilan pengukuran langsung dilapangan. Langkah-langkah setelah mendapatkan data-data tersebut adalah tabulasi, membuat grafik, menghitung, menganalisis dan menginterpretasikannya. Hasil analisis untuk mendapatkan karakteristik pengaruh pemberian arang sekam padi terhadap perubahan nilai resistansi pentanahan. Pengambilan data dan analisis ditujukan untuk mendapatkan karakteristik sifat-sifat kelistrikan arang sekam padi untuk pentanahan, yaitu:

1. Pengaruh penambahan ketebalan tanah dan pengaruh ketebalan arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan dimana mengatur ketebalan tanah dan arang sekam padi yang dibuat berbeda-beda.
2. Pengaruh posisi elektroda vertikal dan horizontal penanaman elektroda pelat terhadap nilai resistansi pentanahan
3. Pengaruh ukuran elektroda terhadap nilai resistansi pentanahan.
4. Pengaruh kadar air pada arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan.

4.1 Pengukuran Resistivitas Arang Kering dan Arang Basah

Pengujian resistansi pentanahan dilakukan untuk empat model elektroda yang sudah diuraikan dalam bab tiga, dilakukan dengan tiga kondisi yaitu kondisi kering dan basah

4.1.1 Pengukuran Resistivitas Arang Sekam Padi Kondisi Kering

Pengukuran resistivitas dilakukan dengan mengukur resistansi media arang diantara dua elektroda plat sejajar seperti yang diuraikan dalam bab tiga. Ohmmeter akan menunjukkan nilai resistansinya. Nilai resistivitas arang sekam padi dapat menggunakan persamaan (2.2)

Perhitungan resistivitas media arang sekam padi yaitu:

Ukuran partikel arang sekam padi 1mm dalam kondisi kering

r (jari-jari tabung pengukuran): 5,14 cm

l (tinggi tabung pengujian): 2 cm

R (resistansi arang sekam padi): 291 ohm

Dengan menggunakan Persamaan (2.2), maka resistivitas arang sekam padi dapat dihitung yaitu:

$$\rho = \frac{\pi r^2 \cdot R}{l} = \frac{(3,14)(5,14)^2 (291)}{2}$$

$$\rho = 12070,32 \text{ ohm.cm} = 120,70 \text{ ohm.m}$$

Jadi resistivitas arang sekam padi hasil pengukuran adalah 120,70 ohm.m

4.1.2 Pengukuran Resistivitas Arang Sekam Padi Kondisi Basah

Dalam penelitian ini, arang sekam padi kondisi basah diambil dalam 2 kondisi pembasahan, yaitu dengan cara mengambil 2 sampel pada arang sekam padi kering masing-masing seberat 100 gram dimasukan ke dalam 2 wadah yang berbeda, yaitu wadah A dan wadah B. Setelah itu, masing-masing wadah yang berisikan 100 gram arang sekam padi di beri air sampai seluruh arang sekam padi basah terpenuhi oleh air. Untuk wadah A, arang sekam padi di rendam selama 60 menit dan untuk wadah B, arang sekam padi di rendam selama 120 menit. Kemudian arang sekam padi di tiriskan dengan menggunakan kain lalu diangin-anginkan sampai tidak ada lagi air dalam arang sekam padi tersebut.

Selanjutnya arang sekam padi didalam wadah A dan B masing masing ditimbang. Berat arang sekam padi dalam wadah A yang sebelumnya 100 gram menjadi 140 gram dan berat arang sekam padi dalam wadah B yang sebelumnya 100 gram menjadi 180 gram.

Maka, untuk mendapatkan kadar air pada arang sekam padi pada wadah A dan wadah B dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$KA_a = \left(\frac{m_{ab} - m_{ak}}{m_{ak}} \right) 100\%$$

Dengan :

m_{ak} : massa arang sekam padi kering

m_{ab} : massa arang sekam padi basah

KA_a : kadar air dalam arang

a) Kadar air arang sekam padi dalam wadah A

$$KA_1 = \left(\frac{m_{ab} - m_{ak}}{m_{ak}} \right) 100\%$$

$$KA_1 = \left(\frac{140 - 100}{100} \right) 100\% = 40\%$$

Resistivitas arang sekam padi dalam wadah A

$$\rho = \frac{\pi r^2 \cdot R}{l} = \frac{(3,14)(5,14)^2 (37)}{2} = 15,34 \text{ Ohm.m}$$

b) Kadar air arang sekam padi dalam wadah B

$$KA_2 = \left(\frac{m_{ab} - m_{ak}}{m_{ak}} \right) 100\%$$

$$KA_a = \left(\frac{180 - 100}{100} \right) 100\% = 80\%$$

Resistivitas arang sekam padi dalam wadah B

$$\rho = \frac{\pi r^2 \cdot R}{l} = \frac{(3,14)(5,14)^2 (16)}{2} = 6,63 \text{ Ohm.m}$$

4.2 Pengukuran Resistivitas Tanah

Nilai resistivitas tanah diperoleh dari perhitungan hasil pengukuran menggunakan elektroda batang yang ditanam (L_r) sebesar 1 m dengan diameter (d) sebesar 16 mm, resistansi pentanahan (R) adalah 421 ohm. Dengan data-data tersebut didapatkan nilai resistivitas tanah di sekitar tempat pengujian sebesar :

$$\rho = \frac{2\pi L_r R}{\ln\left(\frac{8L_r}{d}\right) - 1} = \frac{2\pi(1)(421)}{\ln\left(\frac{8(1)}{0,016}\right) - 1}$$

$$\rho = 507,02 \text{ ohm.m}$$

Jadi nilai resistivitas tanah di sekitar tempat pengujian adalah 507,02 ohm.m.

4.3 Pengukuran Resistansi Pentanahan Menggunakan Elektroda Pelat

Metode yang digunakan untuk pengukuran resistansi pentanahan dengan media tanah dan media arangsekam padi elektroda A, B, C dan D adalah menggunakan metode tiga titik yang rangkaiannya dapat dilihat pada Gambar 3.7. Pengukuran ini dibantu dengan alat ukur *Digital Earth Tester* pada setiap ketebalan.

Pada pengujian menggunakan elektroda bahan jenis aluminium, dipilih aluminium karena agar tidak mudah karatan karena percobaan menggunakan air sebagai salah satu variabel. Dalam percobaan ini ada 4 model elektroda pelat yang digunakan yaitu elektroda model A terdiri dari satu elektroda berukuran 50cm x 50cm yang diletakkan vertikal dan horizontal, model B terdiri dari satu elektroda berukuran 50cm x 75cm yang diletakkan vertikal dan horizontal, model C terdiri dari satu elektroda berukuran 50cm x 100cm yang diletakkan vertikal dan horizontal dan model D terdiri dari satu elektroda berukuran 75cm x 75cm yang diletakkan vertikal dan horizontal.

4.4 Karakteristik Resistansi Pentanahan Elektroda Pelat Model A Berukuran 50x50cm

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan ketebalan tanah dan pengaruh penambahan ketebalan arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan dimana mengatur ketebalan tanah dan arang sekam padi yang dibuat berbeda-beda, mengetahui pengaruh posisi elektroda vertikal dan horizontal penanaman elektroda pelat terhadap nilai resistansi pentanahan, mengetahui pengaruh ukuran elektroda terhadap nilai resistansi pentanahan serta mengetahui pengaruh kadar air pada arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan.

4.4.1 Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Vertikal

Pada pengukuran resistansi pentanahan dengan mengisi tanah dan arang sekam padi kedalam lubang setinggi 10 cm terlebih dahulu baru meletakkan elektroda model A dengan posisi vertikal. Arang ditambahkan bertahap 10 cm terus menerus sampai ketebalan 100 cm sehingga didapatkan nilai yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah Lokasi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	602	0	0	0	0
20	30	573	29	5,06	29	5,06
30	40	545	57	10,45	28	5,13
40	50	526	76	14,44	19	3,61
50	60	508	94	18,50	18	3,54
60	70	497	105	21,12	11	2,21
70	80	490	112	22,85	7	1,42
80	90	488	114	23,36	2	0,41
90	100	487	115	23,61	1	0,20

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

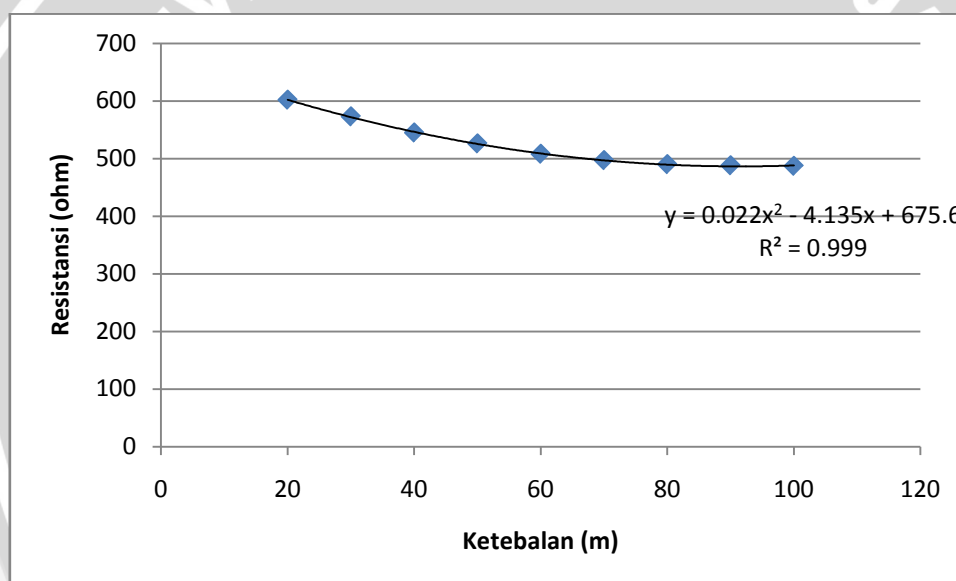
h: Tinggi media (cm)

Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang dapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 20-70 cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 80 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik pengaruh penambahan ketebalan tanah lokasi terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model A. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model A maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 602 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 487 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,022x^2 - 4,135x + 675,6$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi di tiap penambahan ketebalan arang yaitu x, dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,022x^2 - 4,135x + 675,6$$

$$R(10) = 0,022 (10^2) - 4,135 (10) + 675,6$$

$$R(10) = 636,4 \text{ ohm}$$

Tabel 4.2 Pengaruh Penambahan Ketebalan Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	401	0	0	0	0
20	30	366	35	9,56	35	9,56
30	40	332	69	20,78	34	10,24
40	50	303	98	32,34	29	9,57
50	60	286	115	40,21	17	5,94
60	70	271	130	47,97	15	5,53
70	80	258	143	55,42	13	5,03
80	90	256	145	56,64	2	0,78
90	100	254	147	57,87	2	0,78

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

h: Tinggi media (cm)

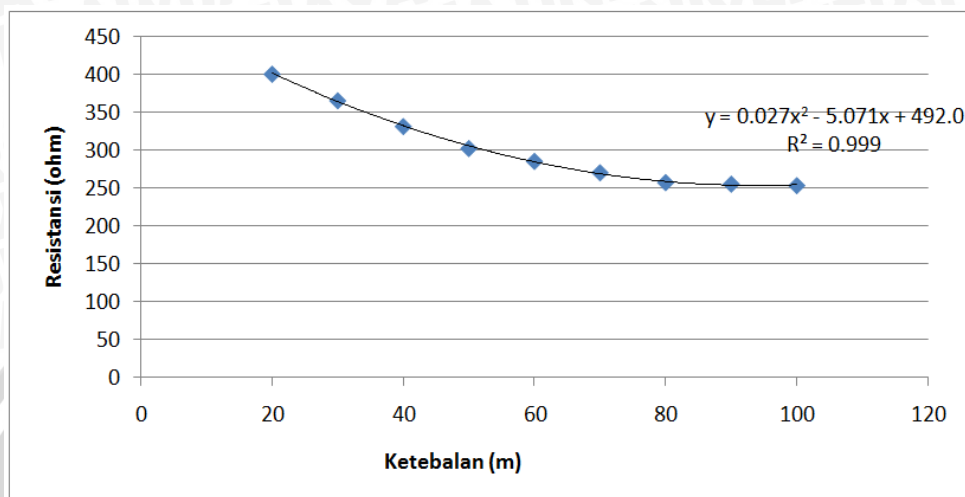
Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang terdapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada

ketinggian 20-70 cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 80 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik pengaruh penambah ketebalan arang sekam paditerhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model A. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model A maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 401 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 254 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,027x^2 - 5,071x + 492$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi dari penambahan ketebalan arang yaitu x, dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,027x^2 - 5,071x + 492$$

$$R(10) = 0,027 (10^2) - 5,071 (10) + 492$$

$$R(10) = 443,99 \text{ ohm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya pada resistansi pentanahan ditiap penambahan ketebalan tanah dan ketebalan arang dapat dilihat pada Tabel 4.3. Tabel 4.3 merupakan tabel perbandingan data menurut *trendline* dengan data hasil pengujian.

Tabel 4.3 Data *Trendline* Resisitansi Pentanahan Tiap Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal

No.	Penambahan ketebalan Arang	Media					
		Pengukuran		Trendline		Selisih	
		Tanah (ohm)	Arang Kering (ohm)	Tanah (ohm)	Arang Kering (ohm)	Tanah	Arang Kering
1	10	602	401	601,29	401,38	0,71	0,38
2	20	573	366	571,68	364,17	1,32	1,83
3	30	545	332	546,47	332,36	1,47	0,36
4	40	526	303	525,66	303,95	0,34	0,95
5	50	508	286	509,25	284,9	1,25	1,06
6	60	497	271	497,24	270,33	0,24	0,67
7	70	490	258	489,63	259,12	0,37	1,12
8	80	488	256	486,4	255,31	1,58	0,69
9	90	487	254	487,61	254,9	0,61	0,9
Selisih rata rata						0,87	0,88

Dari hasil yang telah didapatkan pada Tabel 4.3, dapat disimpulkan bahwa nilai penyimpangan data *trendline* dengan data pengujian resistansi pentanahan tiap penambahan ketebalan arang sekam padi dengan elektroda model A kecil, jika di rata-rata nilai penyimpangan tersebut bernilai sebesar 0,88 ohm.

4.4.2 Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Horizontal

Pada pengukuran resistansi pentanahan dengan mengisi tanah dan arang sekam padi kedalam lubang setinggi 10 cm terlebih dahulu baru meletakkan elektroda model A dengan posisi horizontal. Arang ditambahkan bertahap 10 cm terus menerus sampai ketebalan 100 cm sehingga didapatkan nilai yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah Lokasi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	448	0	0	0	0
20	30	416	32	7,69	32	7,69
30	40	392	56	14,28	24	6,12
40	50	377	71	18,83	15	3,97
50	60	371	77	20,75	6	1,61
60	70	369	79	21,40	2	0,54
70	80	367	81	22,07	2	0,54
80	90	365	83	22,73	2	0,54
90	100	363	85	23,41	2	0,55

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

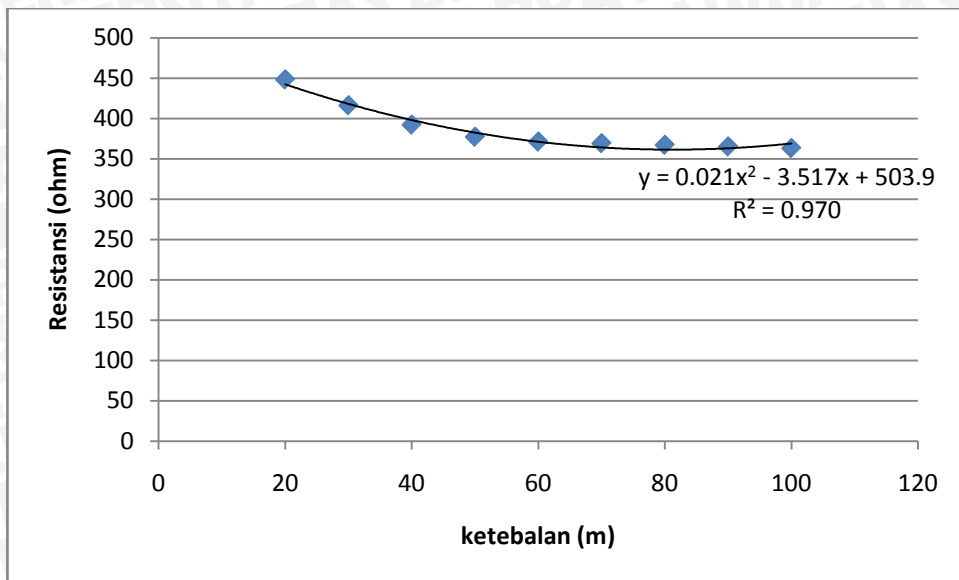
h: Tinggi media (cm)

Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang

Dari Tabel 4.4 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang dapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 20-60cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 70 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik pengaruh penambahan ketebalan tanah lokasi terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model A. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model A maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 448 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 363 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,021x^2 - 3,517x + 503,9$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi di tiap penambahan ketebalan arang yaitu x, dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,021x^2 - 3,517x + 503,9$$

$$R(10) = 0,021 (10^2) - 3,517 (10) + 503,9$$

$$R(10) = 470,83 \text{ ohm}$$

Tabel 4.5 Pengaruh Penambahan Ketebalan Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	269	0	0	0	0
20	30	233	36	15,45	36	15,45
30	40	217	52	23,96	16	7,37
40	50	199	70	35,17	18	9,04
50	60	178	91	51,12	21	11,79
60	70	167	102	61,07	11	6,58
70	80	165	104	63,03	2	1,21
80	90	163	106	65,03	2	1,22
90	100	161	108	67,08	2	1,24

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

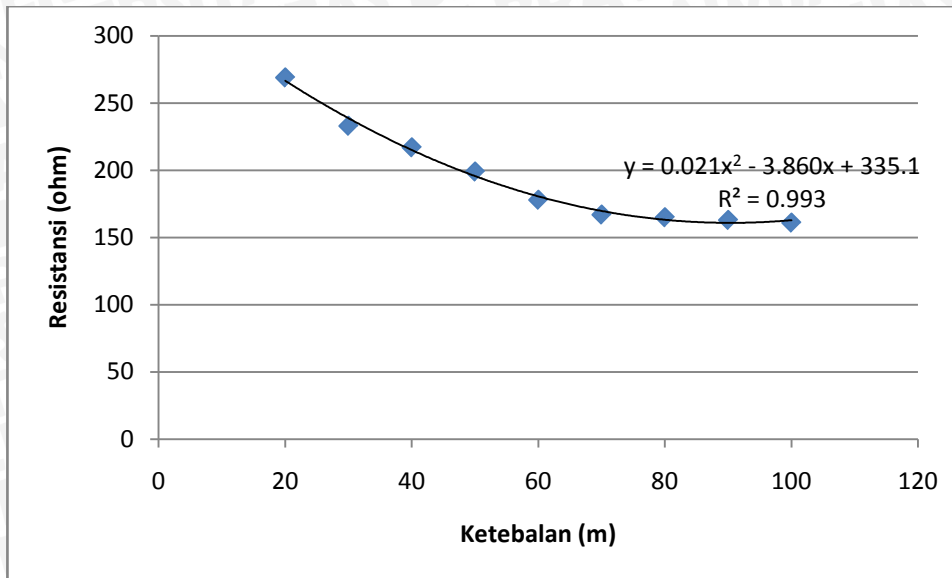
h: Tinggi media (cm)

Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang terdapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 20-70 cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 80 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik pengaruh penambahan ketebalan arang sekam paditerhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model A. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model A maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 269 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 161 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,021x^2 - 3,860x + 335,1$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi di tiap penambahan ketebalan arang yaitu x, dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,021x^2 - 3,860x + 335,1$$

$$R(10) = 0,021(10^2) - 3,860(10) + 335,1$$

$$R(10) = 298,6 \text{ ohm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya pada resistansi pentanahan di tiap penambahan ketebalan tanah dan ketebalan arang dapat dilihat pada Tabel 4.6. Tabel 4.6 merupakan tabel perbandingan data menurut *trendline* dengan data hasil pengujian.

Tabel 4.6 Data *Trendline* Resisitansi Pentanahan Tiap Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal

No.	Penambahan ketebalan Arang	Media					
		Pengukuran		Trendline		Selisih	
		Tanah (ohm)	Arang Kering (ohm)	Tanah (ohm)	Arang Kering (ohm)	Tanah	Arang Kering
1	10	448	269	447,19	269,83	0,81	0,83
2	20	416	233	414,87	231,18	1,13	1,82
3	30	392	217	393,56	216,98	1,56	0,02
4	40	377	199	377,68	197,97	0,68	1,03
5	50	371	178	371,22	178,4	0,22	0,4
6	60	369	167	370,49	167,38	0,51	0,38
7	70	367	165	367,01	164,19	0,01	0,81
8	80	365	163	364,5	162,34	0,5	0,66
9	90	363	161	363,21	161,6	0,21	0,6
Selisih rata rata						0,62	0,72

Dari hasil yang telah didapatkan pada Tabel 4.6, dapat disimpulkan bahwa nilai penyimpangan data *trendline* dengan data pengujian resistansi pentanahan tiap penambahan ketebalan arang sekam padi dengan elektroda model A kecil, jika di rata-rata nilai penyimpangan tersebut bernilai sebesar 0,72 ohm

4.4.3 Pengaruh Kadar Air pada Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Vertikal

Pada pengukuran resistansi pentanahan dengan kadar air 40% dan 80% pada arang sekam padi kedalam lubang setinggi 10 cm terlebih dahulu baru meletakkan elektroda model A dengan posisi vertikal. Arang ditambahkan bertahap 10 cm terus menerus sampai ketebalan 100 cm sehingga didapatkan nilai yang ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Pengaruh Kadar Air 40% Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	183	0	0	0	0
20	30	159	24	15,09	24	15,09
30	40	143	40	27,97	16	11,18
40	50	136	47	34,55	7	5,14
50	60	124	59	47,58	12	9,67
60	70	117	66	56,41	7	5,98
70	80	115	68	59,13	2	1,73
80	90	113	70	61,94	2	1,76
90	100	111	72	64,86	2	1,80

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

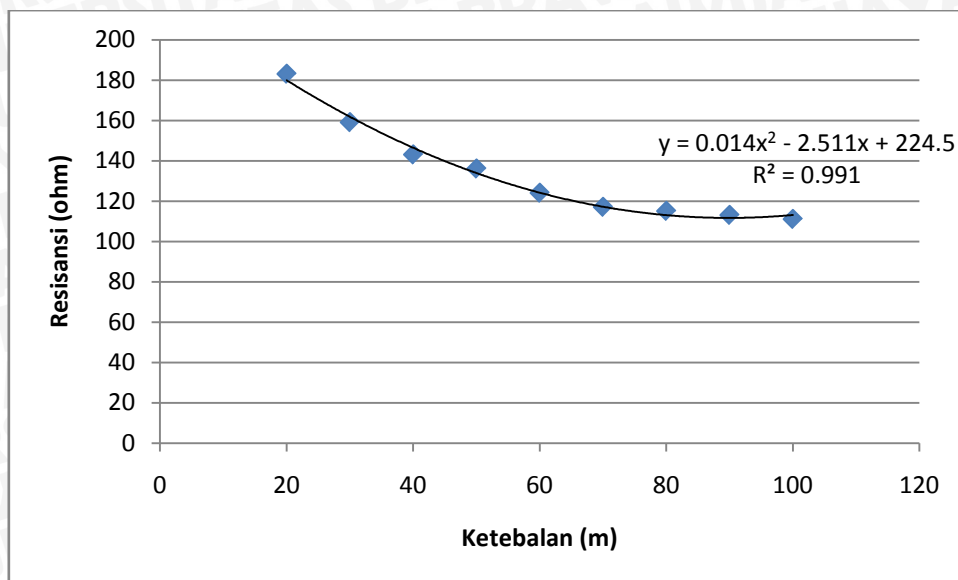
h: Tinggi media (cm)

Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang

Dari Tabel 4.7 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang dapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 20-70 cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 80 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik pengaruh kadar air 40% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model A. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model A maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 183 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 111 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,014x^2 - 2,511x + 224,5$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi di tiap penambahan ketebalan arang yaitu x, dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,014x^2 - 2,511x + 224,5$$

$$R(10) = 0,014 (10^2) - 2,511 (10) + 224,5$$

$$R(10) = 200,79 \text{ ohm}$$

Tabel 4.8 Pengaruh Kadar Air 80% Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	116	0	0	0	0
20	30	87	29	33,33	29	33,33
30	40	78	38	48,71	9	11,53
40	50	66	50	75,75	12	18,18
50	60	63	53	84,12	3	4,76
60	70	62	54	87,09	1	1,61
70	80	61	55	90,16	1	1,63
80	90	60	56	93,33	1	1,66
90	100	59	57	96,61	1	1,69

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

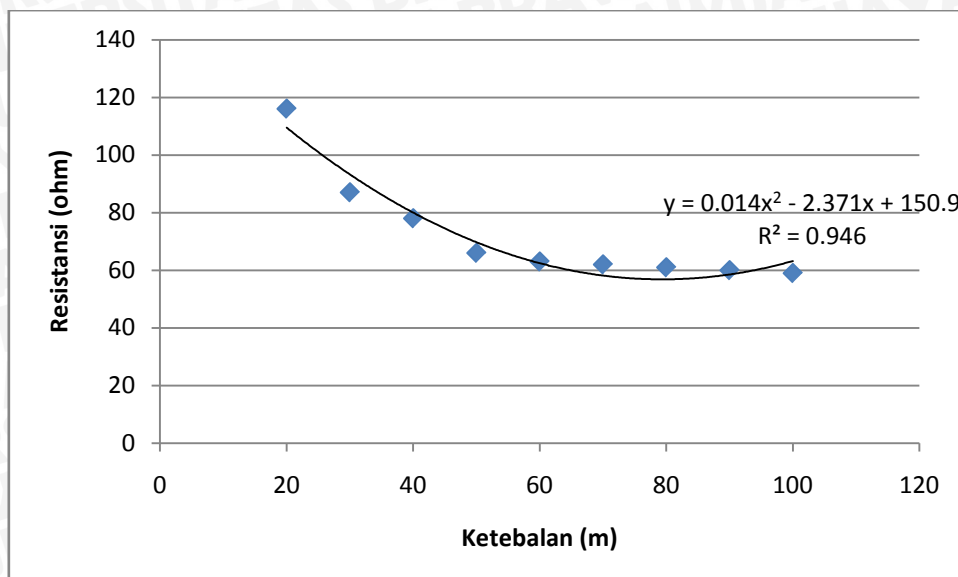
h: Tinggi media (cm)

Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang

Dari Tabel 4.8 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang terdapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 20-60 cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 70 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik pengaruh kadar air 80% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model A. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model A maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 116 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 59 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,014x^2 - 2,371x + 150,9$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi dari penambahan ketebalan arang yaitu x, dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,014x^2 - 2,371x + 150,9$$

$$R(10) = 0,014 (10^2) - 2,371 (10) + 150,9$$

$$R(10) = 128,59 \text{ ohm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya pada resistansi pentanahan dari penambahan ketebalan tanah dan ketebalan arang dapat dilihat pada Tabel 4.9. Tabel 4.9 merupakan tabel perbandingan data menurut *trendline* dengan data hasil pengujian.

Tabel 4.9 Data Trendline Resistansi Pentanahan dengan kadar air 40% dan 80% pada Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal

No.	Penambahan ketebalan Arang	Media					
		Pengukuran		Trendline		Selisih	
		Kadar 40% (ohm)	Kadar 80% (ohm)	Kadar 40% (ohm)	Kadar 80% (ohm)	Kadar 40%	Kadar 80%
1	10	183	116	183,45	116,26	0,45	0,26
2	20	159	87	159,98	86,66	0,98	0,34
3	30	143	78	142,06	76,08	0,94	1,92
4	40	136	66	134,11	66,34	1,89	0,34
5	50	124	63	123,83	62,12	0,17	0,88
6	60	117	62	117,67	61,87	0,67	0,17
7	70	115	61	115,88	60,5	0,88	0,5
8	80	113	60	113,7	59,10	0,7	0,9
9	90	111	59	111,39	58,77	0,39	0,61
Selisih rata rata						0,78	0,65

Dari hasil yang telah didapatkan pada Tabel 4.9, dapat disimpulkan bahwa nilai penyimpangan data *trendline* dengan data pengujian resistansi pentanahan tiap penambahan ketebalan arang sekam padi dengan elektroda model A kecil, jika di rata-rata nilai penyimpangan tersebut bernilai sebesar 0,65 ohm.

4.4.4 Pengaruh Kadar Air pada Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Horizontal

Pada pengukuran resistansi pentanahan dengan kadar air 40% dan 80% pada arang sekam padi kedalam lubang setinggi 10 cm terlebih dahulu baru meletakkan elektroda model A dengan posisi vertikal. Arang ditambahkan bertahap 10 cm terus menerus sampai ketebalan 100 cm sehingga didapatkan nilai yang ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Pengaruh Kadar Air 40% Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	129	0	0	0	0
20	30	118	11	9,32	11	9,32
30	40	104	25	24,03	14	13,46
40	50	95	34	35,78	9	9,47
50	60	90	39	43,33	5	5,55
60	70	88	41	46,59	2	2,27
70	80	86	43	50,00	2	2,32
80	90	84	45	53,57	2	2,38
90	100	82	47	57,31	2	2,43

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

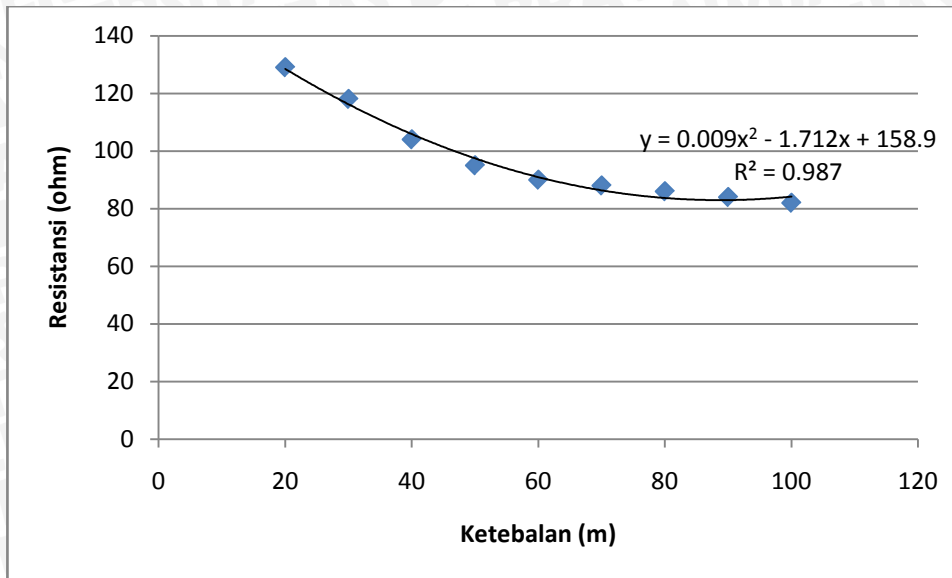
h: Tinggi media (cm)

Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang

Dari Tabel 4.10 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang dapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 20-60 cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 70 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik pengaruh kadar air 40% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.7 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model A. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model A maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 129 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 82 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,009x^2 - 1,712x + 158,9$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi di tiap penambahan ketebalan arang yaitu x, dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,009x^2 - 1,712x + 158,9$$

$$R(10) = 0,009 (10^2) - 1,712 (10) + 158,9$$

$$R(10) = 142,68 \text{ ohm}$$

Tabel 4.11 Pengaruh Kadar Air 80% Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	63	0	0	0	0
20	30	58	5	8,62	5	8,62
30	40	51	12	23,52	7	13,72
40	50	46	17	36,95	5	10,86
50	60	42	21	50,00	4	9,52
60	70	40	23	57,50	2	5,00
70	80	38	25	65,78	2	5,26
80	90	36	27	75,00	2	5,55
90	100	34	29	85,29	2	5,88

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

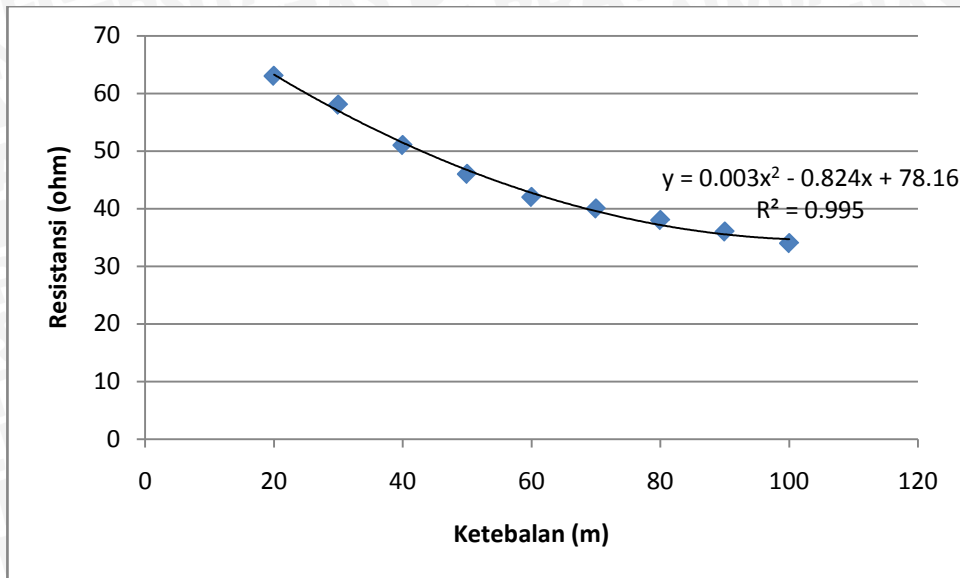
h: Tinggi media (cm)

Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang

Dari Tabel 4.11 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang terdapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 20-60 cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 70 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.8 Grafik pengaruh kadar air 80% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model A pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model A. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model A maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 63 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 34 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,003x^2 - 0,824x + 78,16$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi di tiap penambahan ketebalan arang yaitu x, dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,003x^2 - 0,824x + 78,16$$

$$R(10) = 0,003 (10^2) - 0,824 (10) + 78,16$$

$$R(10) = 70,22 \text{ ohm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya pada resistansi pentanahan di tiap penambahan ketebalan tanah dan ketebalan arang dapat dilihat pada Tabel 4.12. Tabel 4.12 merupakan tabel perbandingan data menurut *trendline* dengan data hasil pengujian.

Tabel 4.12 Data *Trendline* Resistansi Pentanahan kadar air 40% dan 80% pada Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal

No.	Penambahan ketebalan Arang	Media					
		Pengukuran		Trendline		Selisih	
		Kadar 40% (ohm)	Kadar 80% (ohm)	Kadar 40% (ohm)	Kadar 80% (ohm)	Kadar 40%	Kadar 80%
1	10	129	63	129,02	63,38	0,02	0,38
2	20	118	58	118,21	58,19	0,21	0,19
3	30	104	51	104,10	51,12	0,1	0,12
4	40	95	46	94,56	45,78	0,44	0,22
5	50	90	42	89,35	42,10	0,65	0,1
6	60	88	40	88,77	39,26	0,77	0,74
7	70	86	38	85,43	38,01	0,57	0,01
8	80	84	36	83,4	36,09	0,6	0,09
9	90	82	34	82,01	34,07	0,01	0,07
Selisih rata rata						0,37	0,28

Dari hasil yang telah didapatkan pada Tabel 4.12, dapat disimpulkan bahwa nilai penyimpangan data *trendline* dengan data pengujian resistansi pentanahan tiap penambahan ketebalan arang sekam padi dengan elektroda model A kecil, jika di rata-rata nilai penyimpangan tersebut bernilai sebesar 0,28 ohm.

4.5 Karakteristik Resistansi Pentanahan Elektroda Pelat Model B Berukuran 50x75cm

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan ketebalan tanah dan pengaruh penambahan ketebalan arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan dimana mengatur ketebalan tanah dan arang sekam padi yang dibuat berbeda-beda, mengetahui pengaruh posisi elektroda vertikal dan horizontal penanaman elektroda pelat terhadap nilai resistansi pentanahan, mengetahui pengaruh ukuran elektroda terhadap nilai resistansi pentanahan serta mengetahui pengaruh kadar air pada arang sekam padi terhadap nilai resistansi pentanahan.

4.5.1 Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Vertikal

Pada pengukuran resistansi pentanahan dengan mengisi tanah dan arang sekam padi kedalam lubang setinggi 10 cm terlebih dahulu baru meletakkan elektroda model A dengan posisi vertikal. Arang ditambahkan bertahap 10 cm terus menerus sampai ketebalan 100 cm sehingga didapatkan nilai yang ditunjukkan pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah Lokasi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	583	0	0	0	0
20	30	552	31	5,61	31	5,61
30	40	526	57	10,83	26	4,94
40	50	505	78	15,44	21	4,15
50	60	488	95	19,46	17	3,48
60	70	481	102	21,20	11	1,45
70	80	476	107	22,47	5	1,05
80	90	474	109	22,99	2	0,42
90	100	472	111	23,51	5	0,42

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

h: Tinggi media (cm)

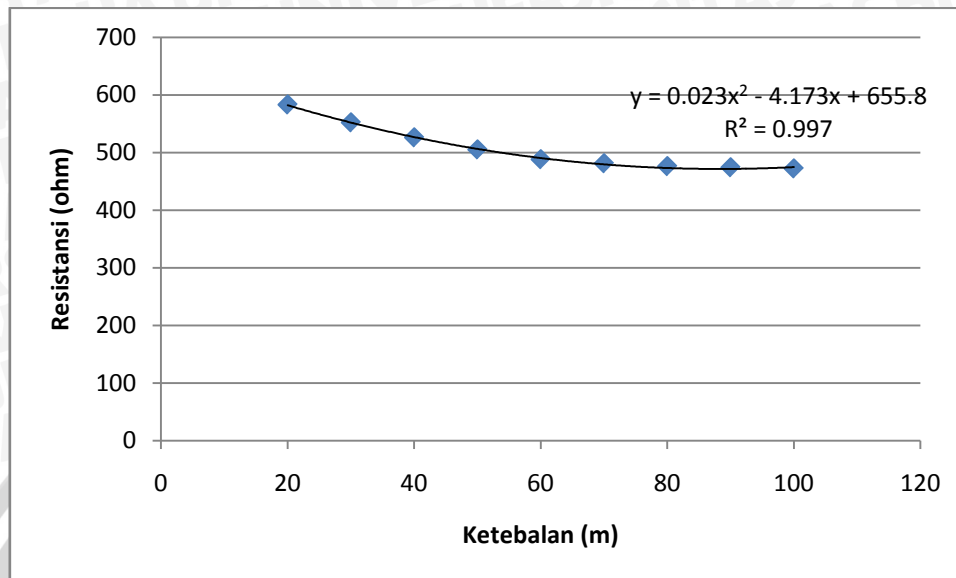
Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang

Dari Tabel 4.13 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang dapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 20-80 cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 90 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan

yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik pengaruh penambahan ketebalan tanah lokasi terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.9 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model B. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model B maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 583 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 472 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,023x^2 - 4,173x + 655,8$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi di tiap penambahan ketebalan arang yaitu x, dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,023x^2 - 4,173x + 655,8$$

$$R(10) = 0,023 (10^2) - 4,173 (10) + 655,8$$

$$R(10) = 636,37 \text{ ohm}$$

Tabel 4.14 Pengaruh Penambahan Ketebalan Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	386	0	0	0	0
20	30	349	37	10,60	37	10,60
30	40	311	75	24,11	38	12,21
40	50	284	102	35,91	27	9,50
50	60	266	120	45,11	18	6,76
60	70	257	129	50,19	9	3,50
70	80	235	151	64,25	22	9,36
80	90	233	153	65,66	2	0,85
90	100	231	155	67,09	2	0,86

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

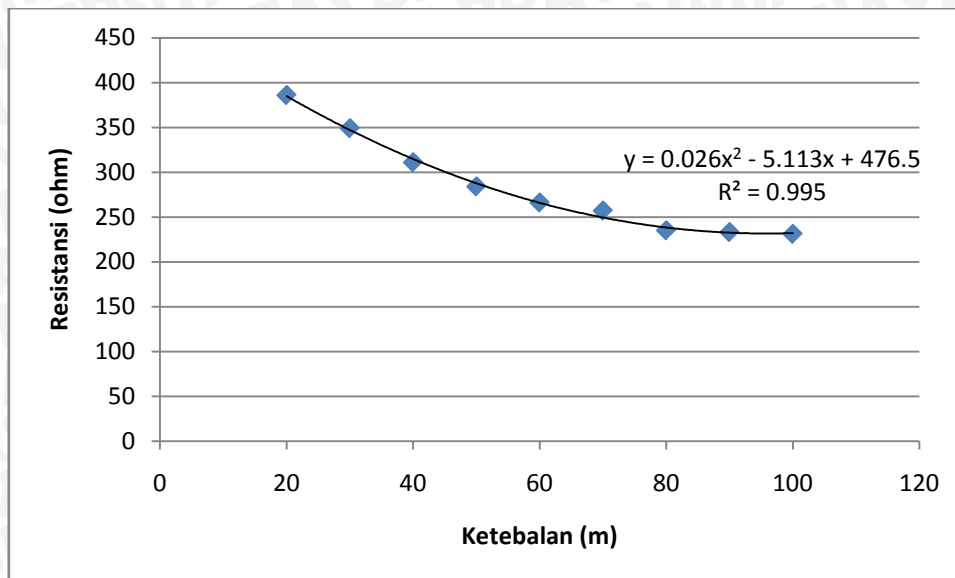
h: Tinggi media (cm)

Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang

Dari Tabel 4.14 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang terdapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 20-70 cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 80 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik pengaruh penambahan ketebalan arang sekam pada terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.10 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model B. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model B maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 386 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 231 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,026x^2 - 5,113x + 476,5$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi dari penambahan ketebalan arang yaitu x , dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,026x^2 - 5,113x + 476,5$$

$$R(10) = 0,026 (10^2) - 5,113 (10) + 476,5$$

$$R(10) = 451,37 \text{ ohm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya pada resistansi pentanahan dari penambahan ketebalan tanah dan ketebalan arang dapat dilihat pada Tabel 4.15. Tabel 4.15 merupakan tabel perbandingan data menurut *trendline* dengan data hasil pengujian.

Tabel 4.15 Data *Trendline* Resistansi Pentanahan Tiap Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal

No.	Penambahan ketebalan Arang	Media					
		Pengukuran		Trendline		Selisih	
		Tanah (ohm)	Arang Kering (ohm)	Tanah (ohm)	Arang Kering (ohm)	Tanah	Arang Kering
1	10	583	386	583,03	386,48	0,03	0,48
2	20	552	349	552,67	349,28	0,67	0,28
3	30	526	311	525,89	311,45	0,11	0,45
4	40	505	284	504,63	284,01	0,37	0,01
5	50	488	266	486,20	265,1	1,8	0,9
6	60	481	257	481,25	257,34	0,25	0,34
7	70	476	235	476,69	235,19	0,69	0,19
8	80	474	233	474,1	232,91	0,1	0,09
9	90	472	231	472,31	231,8	0,31	0,8
Selisih rata rata						0,48	0,39

Dari hasil yang telah didapatkan pada Tabel 4.15, dapat disimpulkan bahwa nilai penyimpangan data *trendline* dengan data pengujian resistansi pentanahan tiap penambahan ketebalan arang sekam padi dengan elektroda model B kecil, jika di rata-rata nilai penyimpangan tersebut bernilai sebesar 0,39 ohm

4.5.2 Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Horizontal

Pada pengukuran resistansi pentanahan dengan mengisi tanah dan arang sekam padi kedalam lubang setinggi 10 cm terlebih dahulu baru meletakkan elektroda model B dengan posisi horizontal. Arang ditambahkan bertahap 10 cm terus menerus sampai ketebalan 100 cm sehingga didapatkan nilai yang ditunjukkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Pengaruh Penambahan Ketebalan Tanah Lokasi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	439	0	0	0	0
20	30	407	32	7,86	32	7,86
30	40	381	58	15,22	26	6,82
40	50	369	70	18,97	12	3,25
50	60	362	77	21,27	7	1,93
60	70	360	79	21,94	2	0,55
70	80	358	81	22,62	2	0,55
80	90	356	83	23,31	2	0,56
90	100	354	85	24,01	2	0,56

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

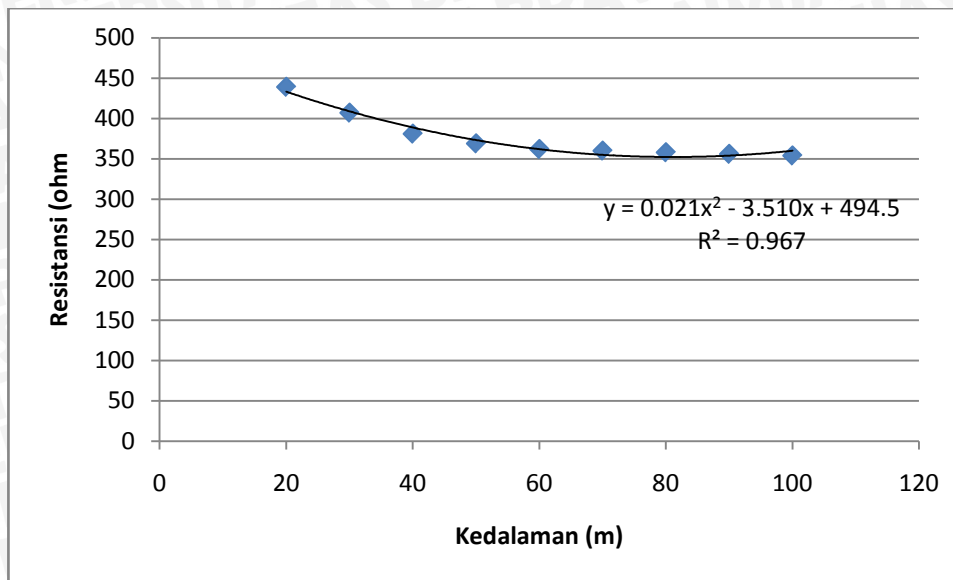
h: Tinggi media (cm)

Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang

Dari Tabel 4.16 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang dapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 20-60cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 70 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik pengaruh penambah ketebalan tanah lokasi terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.11 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model B. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model B maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 439ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 354 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,021x^2 - 3,510x + 494,5$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi di tiap penambahan ketebalan arang yaitu x, dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,021x^2 - 3,510x + 494,5$$

$$R(10) = 0,021(10^2) - 3,510(10) + 494,5$$

$$R(10) = 461,5 \text{ ohm}$$

Tabel 4.17 Pengaruh Penambahan Ketebalan Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	257	0	0	0	0
20	30	221	36	16,28	36	16,28
30	40	209	48	22,96	12	5,74
40	50	186	71	38,17	23	12,36
50	60	169	88	52,07	17	10,05
60	70	157	100	63,69	12	7,64
70	80	155	102	65,80	2	1,29
80	90	153	104	67,97	2	1,30
90	100	151	106	70,19	2	1,32

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

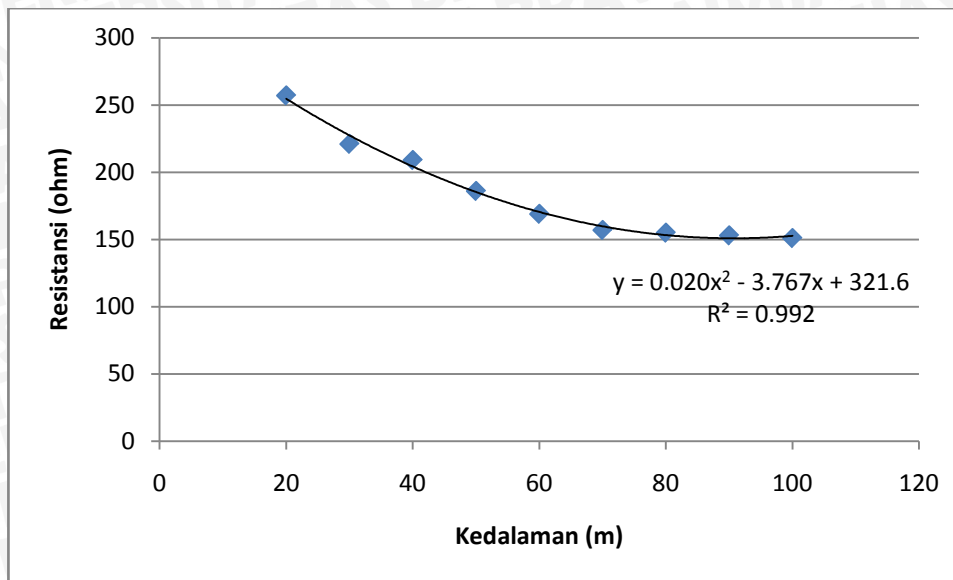
h: Tinggi media (cm)

Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang

Dari Tabel 4.17 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang terdapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 20-70 cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 80 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Grafik pengaruh penambahan ketebalan arang sekam paditerhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.12 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model B. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model B maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 257 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 151 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,020x^2 - 3,767x + 321,6$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi di tiap penambahan ketebalan arang yaitu x, dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,020x^2 - 3,767x + 321,6$$

$$R(10) = 0,020 (10^2) - 3,767 (10) + 321,6$$

$$R(10) = 285,93 \text{ ohm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya pada resistansi pentanahan di tiap penambahan ketebalan tanah dan ketebalan arang dapat dilihat pada Tabel 4.18. Tabel 4.18 merupakan tabel perbandingan data menurut *trendline* dengan data hasil pengujian.

Tabel 4.18 *Trendline* Resisitansi Pentanahan Tiap Penambahan Ketebalan Tanah dan Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal

No.	Penambahan ketebalan Arang	Media					
		Pengukuran		Trendline		Selisih	
		Tanah (ohm)	Arang Kering (ohm)	Tanah (ohm)	Arang Kering (ohm)	Tanah	Arang Kering
1	10	439	257	439,92	257,37	0,92	0,37
2	20	407	221	407,73	221,48	0,73	0,48
3	30	381	209	381,57	209,31	0,57	0,31
4	40	369	186	369,39	186,34	0,39	0,34
5	50	362	169	362,48	169,3	0,48	0,3
6	60	360	157	361,34	158,39	1,34	1,39
7	70	358	155	359,01	155,13	1,01	0,13
8	80	356	153	355,1	153,87	0,9	0,87
9	90	354	151	354,29	151,63	0,29	0,63
Selisih rata rata						0,73	0,53

Dari hasil yang telah didapatkan pada Tabel 4.18, dapat disimpulkan bahwa nilai penyimpangan data *trendline* dengan data pengujian resistansi pentanahan tiap penambahan ketebalan arang sekam padi dengan elektroda model B kecil, jika di rata-rata nilai penyimpangan tersebut bernilai sebesar 0,53 ohm.

4.5.3 Pengaruh Kadar Air pada Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Vertikal

Pada pengukuran resistansi pentanahan dengan kadar air 40% dan 80% pada arang sekam padi kedalam lubang setinggi 10 cm terlebih dahulu baru meletakkan elektroda model B dengan posisi vertikal. Arang ditambahkan bertahap 10 cm terus menerus sampai ketebalan 100 cm sehingga didapatkan nilai yang ditunjukkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Pengaruh Kadar Air 40% Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	167	0	0	0	0
20	30	138	29	21,01	29	21,01
30	40	124	43	34,67	14	11,29
40	50	116	51	43,96	8	6,89
50	60	107	60	56,07	9	8,41
60	70	93	74	79,56	14	15,05
70	80	91	76	83,51	2	2,19
80	90	89	78	87,64	2	2,24
90	100	87	80	91,95	2	2,29

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

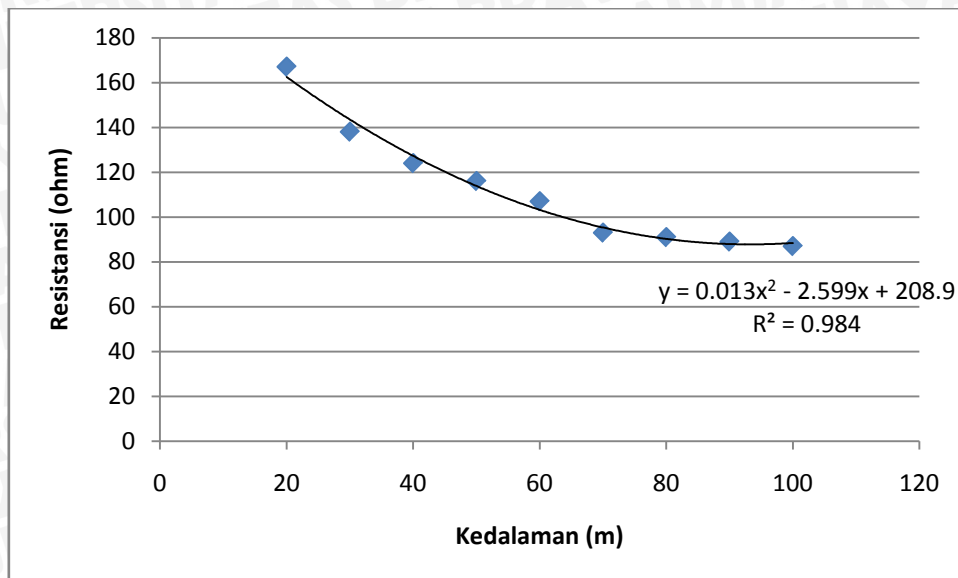
h: Tinggi media (cm)

Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang

Dari Tabel 4.19 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang dapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 20-60 cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 70 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Grafik pengaruh kadar air 40% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.13 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model B. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model B maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 167 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 87 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,013x^2 - 2,599x + 208,9$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi di tiap penambahan ketebalan arang yaitu x, dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,013x^2 - 2,599x + 208,9$$

$$R(10) = 0,013 (10^2) - 2,599 (10) + 208,9$$

$$R(10) = 184,21 \text{ ohm}$$

Tabel 4.20 Pengaruh Kadar Air 80% Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	91	0	0	0	0
20	30	79	12	15,18	12	15,18
30	40	68	23	33,82	11	16,17
40	50	62	29	46,77	6	9,67
50	60	57	34	59,64	5	8,77
60	70	55	36	65,45	2	3,63
70	80	53	38	71,69	2	3,77
80	90	51	40	78,43	2	3,92
90	100	49	42	85,71	2	4,08

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

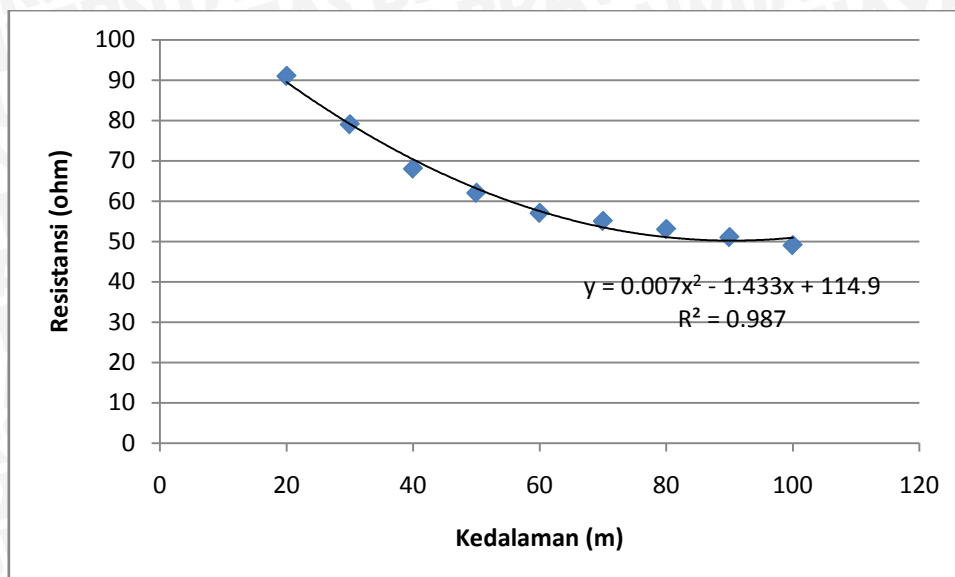
h: Tinggi media (cm)

Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang.

Dari Tabel 4.20 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang terdapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 20-60 cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 70 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik pengaruh kadar air 80% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi vertikal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.14 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model B. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model B maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 91ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 49 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,007x^2 - 1,433x + 114,9$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi di tiap penambahan ketebalan arang yaitu x, dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,007x^2 - 1,433x + 114,9$$

$$R(10) = 0,007 (10^2) - 1,433 (10) + 114,9$$

$$R(10) = 101,27 \text{ ohm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya pada resistansi pentanahan di tiap penambahan ketebalan tanah dan ketebalan arang dapat dilihat pada Tabel 4.21. Tabel 4.21 merupakan tabel perbandingan data menurut *trendline* dengan data hasil pengujian.

Tabel 4.21Data *Trendline* Resisitansi Pentanahandengan kadar air 40% dan 80% pada Arang Sekam Padi TerhadapNilaiResistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model A pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Vertikal

No.	Penambahan ketebalan Arang	Media					
		Pengukuran		Trendline		Selisih	
		Kadar 40% (ohm)	Kadar 80% (ohm)	Kadar 40% (ohm)	Kadar 80% (ohm)	Kadar 40%	Kadar 80%
1	10	167	91	167,24	91,86	0,24	0,86
2	20	138	79	138,93	78,98	0,93	0,02
3	30	124	68	124,09	68,56	0,09	0,56
4	40	116	62	115,89	63,72	0,11	1,72
5	50	107	57	106,73	57,23	0,27	0,23
6	60	93	55	93,08	55,68	0,08	0,68
7	70	91	53	91,12	53,9	0,12	0,9
8	80	89	51	88,76	51,32	0,24	0,32
9	90	87	49	87,77	49,87	0,77	0,87
Selisih rata rata						0,31	0,68

Dari hasil yang telah didapatkan pada Tabel 4.21, dapat disimpulkan bahwa nilai penyimpangan data *trendline* dengan data pengujian resistansi pentanahan tiap penambahan ketebalan arang sekam padi dengan elektroda model B kecil, jika di rata-rata nilai penyimpangan tersebut bernilai sebesar 0,68 ohm.

4.5.4 Pengaruh KadarAir pada Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm pada Posisi Horizontal

Pada pengukuran resistansi pentanahan dengan kadar air 40% dan 80% pada arang sekam padi kedalam lubang setinggi 10 cm terlebih dahulu baru meletakkan elektroda model B dengan posisi vertikal. Arang ditambahkan bertahap 10 cm terus menerus sampai ketebalan 100 cm sehingga didapatkan nilai yang ditunjukkan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22Pengaruh Kadar Air 40%TerhadapNilai Resistansi Pentanahandengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	122	0	0	0	0
20	30	107	15	14,01	15	14,01
30	40	96	26	27,08	11	11,45
40	50	83	39	46,98	13	15,66
50	60	78	44	56,41	5	6,41
60	70	75	47	62,66	3	4,00
70	80	72	50	69,44	3	4,16
80	90	70	52	74,28	2	2,85
90	100	68	54	79,41	2	2,94

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

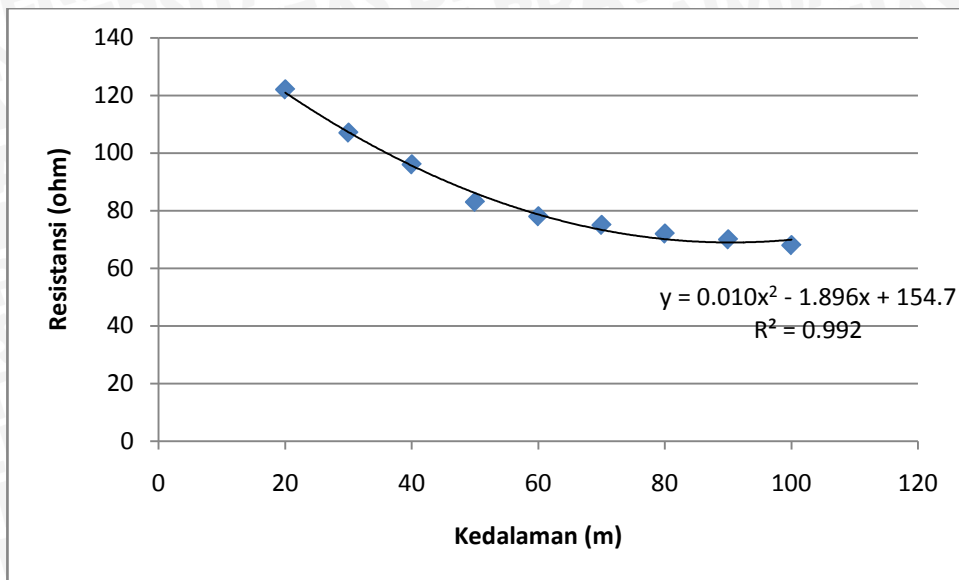
h: Tinggi media (cm)

Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang

Dari Tabel 4.22 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang dapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 20-60 cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 70 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Grafik pengaruh kadar air 40% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.15 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model B. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model B maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 122 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 68 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,010x^2 - 1,896x + 154,7$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi di tiap penambahan ketebalan arang yaitu x, dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,010x^2 - 1,896x + 154,7$$

$$R(10) = 0,010 (10^2) - 1,896 (10) + 154,7$$

$$R(10) = 136,74 \text{ ohm}$$

Tabel 4.23 Pengaruh Kadar Air 80% Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal

t (cm)	h (cm)	Re (Ω)	ΔRe_1		ΔRe_2	
			(Ω)	(%)	(Ω)	(%)
10	20	59	0	0	0	0
20	30	51	8	15,68	8	15,68
30	40	43	16	37,20	8	18,60
40	50	40	19	47,50	3	7,50
50	60	35	24	68,57	5	14,28
60	70	33	26	78,78	2	6,06
70	80	32	27	84,37	1	3,12
80	90	31	28	90,32	1	3,22
90	100	30	29	96,67	1	3,33

dengan:

t: Ketebalan arang (cm)

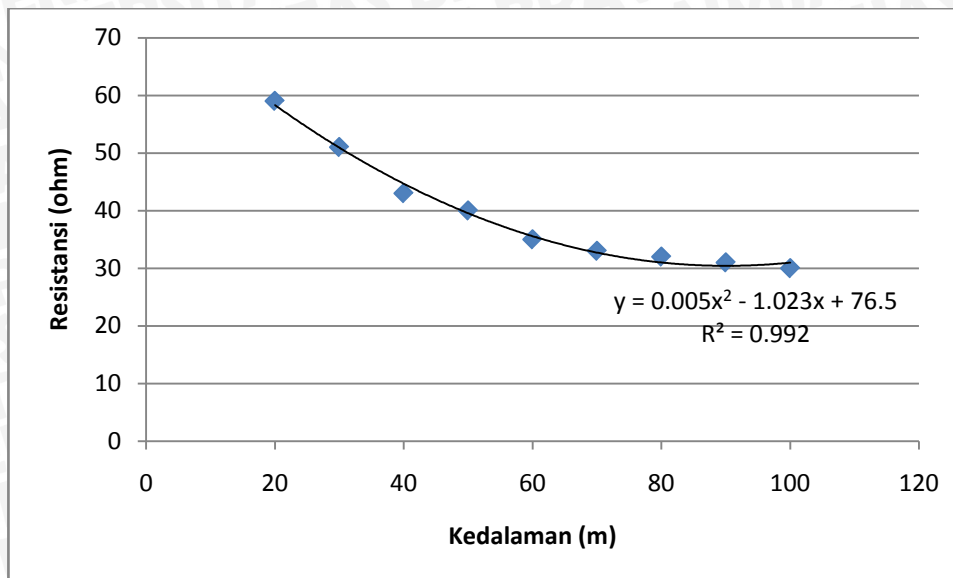
h: Tinggi media (cm)

Re: Resistansi Pentanahan (Ω)

ΔRe_1 : Nilai resistansi pentanahan terhadap nilai awal

ΔRe_2 : Nilai resistansi pentanahan terhadap penurunan setiap penambahan media arang

Dari Tabel 4.23 dapat dilihat ketinggian media ditambah setiap 10cm dan selisih penurunan nilai resistansi terhadap penambahan ketebalan arang terdapat dilihat di kolom selisih. Pada tabel selisih dapat dilihat bahwa pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 20-70 cm mengalami penurunan yang signifikan dan pada penambahan ketebalan arang pada ketinggian 80 cm nilai selisih resistansi tidak mengalami penurunan yang signifikan. Sehingga, jika ditambah media tanah tidak menjadi masalah. Untuk lebih jelas tentang pengaruh ketebalan terhadap nilai resistansi dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Grafik pengaruh kadar air 80% terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model B pada kedalaman 100cm konsentris 10cm dengan posisi horizontal

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.16 hasil dari pengukuran resistansi pentanahan menggunakan elektroda model B. Dapat disimpulkan semakin tinggi penambahan arang pada penanaman elektroda model B maka semakin rendah pula nilai resistansi pentanahan yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi yang paling besar pada pemberian arang 10 cm sebesar 56 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan paling kecil pada penambahan arang 90 cm sebesar 23 ohm.

Kemudian jika di analisis menurut *trendline* pada grafik dengan persamaan yang didapat pada arang kondisi kering yaitu, $R = 0,005x^2 - 1,023x + 76,5$ dengan R merupakan resistansi pentanahan sehingga resistansi pentanahannya berupa fungsi di tiap penambahan ketebalan arang yaitu x, dan dengan mengambil salah satu contoh penambahan ketebalan arang 10cm maka perhitungannya sebagai berikut

$$R(x) = f(x)$$

$$R(x) = 0,005x^2 - 1,023x + 76,5$$

$$R(10) = 0,005 (10^2) - 1,023 (10) + 76,5$$

$$R(10) = 66,77 \text{ ohm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya pada resistansi pentanahan di tiap penambahan ketebalan tanah dan ketebalan arang dapat dilihat pada Tabel 4.24. Tabel 4.24 merupakan tabel perbandingan data menurut *trendline* dengan data hasil pengujian.

Tabel 4.24 Data *Trendline* Resistansi Pentanah dengan kadar air 40% dan 80% pada Arang Sekam Padi Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan dengan Menggunakan Elektroda Model B pada Kedalaman 100cm Konsentris 10cm dengan Posisi Horizontal

No.	Penambahan ketebalan Arang	Media					
		Pengukuran		Trendline		Selisih	
		Kadar 40% (ohm)	Kadar 80% (ohm)	Kadar 40% (ohm)	Kadar 80% (ohm)	Kadar 40%	Kadar 80%
1	10	122	59	122,02	59,34	0,02	0,34
2	20	107	51	107,11	51,47	0,11	0,47
3	30	96	43	95,88	43,01	0,12	0,01
4	40	83	40	83,56	40,11	0,56	0,11
5	50	78	35	79,35	34,89	1,35	0,11
6	60	75	33	75,87	33,43	0,87	0,43
7	70	72	32	72,59	31,87	0,59	0,13
8	80	70	31	70,2	31,21	0,2	0,21
9	90	68	30	68,12	30,07	0,12	0,07
Selisih rata rata						0,43	0,20

Dari hasil yang telah didapatkan pada Tabel 4.24, dapat disimpulkan bahwa nilai penyimpangan data *trendline* dengan data pengujian resistansi pentanahan tiap penambahan ketebalan arang sekam padi dengan elektroda model B kecil, jika di rata-rata nilai penyimpangan tersebut bernilai sebesar 0,20 ohm.

4.6 Perbandingan Karakteristik Pentanahan Menggunakan Elektroda

Dari hasil pengukuran diketahui bahwa nilai resistansi pentanahan yang paling baik yaitu nilai resistansi pada ketinggian 100cm, sehingga untuk mengetahui perbandingan karakteristik nilai resistansi pentanahan dengan variasi ketebalan arang, posisi elektroda, bentuk elektroda dan kadar air dalam arang, menggunakan ketinggian 100cm dapat dilihat pada tabel 4.25.

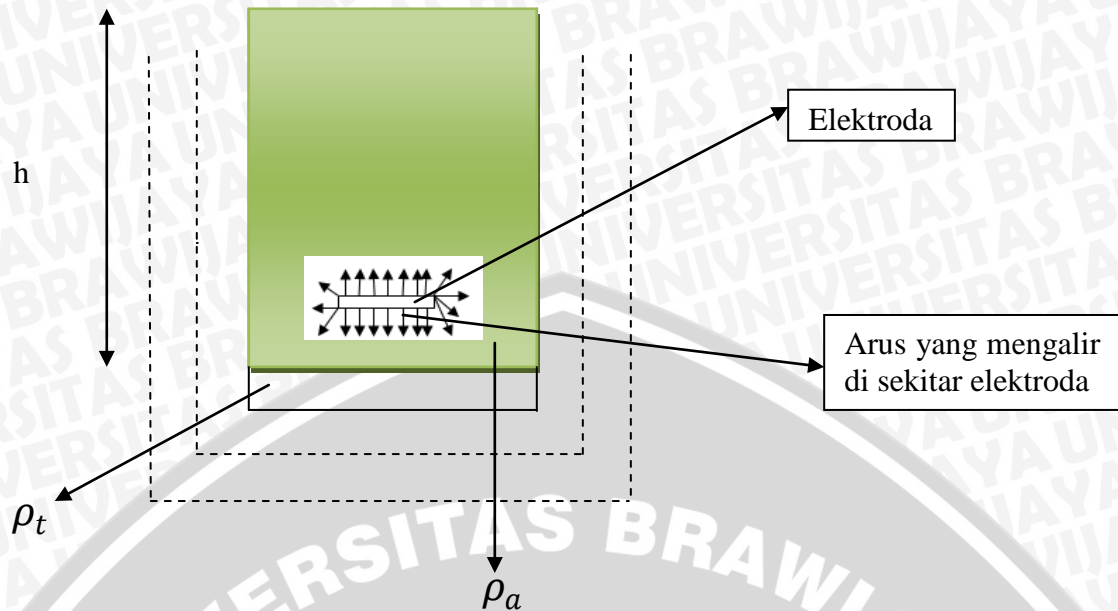
Tabel 4.25Perbandingan nilai Resistansi Pentanahan

Media	Vertikal		Horizontal	
	Elektroda A	Elektroda B	Elektroda A	Elektroda B
Tanah	487	472	363	354
Arang Kering	254	231	161	151
Arang dengan Kadar Air 40%	111	87	82	68
Arang dengan Kadar Air 80%	59	49	34	30

Dari Tabel 4.25. Dapat dilihat bahwa nilai resistansi pentanahan terbaik yaitu nilai resistansi pada elektroda B dengan kadar air 80% yaitu 30 ohm.

4.7 Perhitungan Resistansi Pentanahan dengan Segmentasi Lapisan Tanah pada Ketebalan Penambahan Arang Sekam Padidengan ketinggian 100 cm menggunakan Elektroda Pelat dengan ukuran 50cmx50cm pada Posisi Horizontal

Pembahasan ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai resistansi pentanahan dari perhitungan segmentasi lapisan tanah dengan hasil pengukuran di lapangan. Perbedaan nilai resistansi tanah pada setiap lapisan tanah dapat mempengaruhi nilai resistansi pentanahan. Pada perhitungan ini digunakan ketebalan penambahan arang sekam padi sebesar 100 cm pada kedalaman penanaman elektroda 100 cm dengan elektroda plat ukuran 50cmx50cm pada posisi horizontal. Distribusi arus ke tanah adalah tegak lurus terhadap tanah, sehingga segmentasi lapisan tanah dapat dilihat pada Gambar 4.17



Gambar 4.17 Segmentasi lapisan tanah

Berdasarkan Gambar 4.17 dapat dilihat bahwa distribusi arus dalam tanah pada elektroda plat berbentuk persegi membentuk sebuah kubus yang terdiri dari banyak lapisan tanah.

4.7.1 Perhitungan Resistansi Pentanahan dengan Segmentasi Lapisan Tanah pada Ketebalan Penambahan Arang Sekam Padi dengan Ketinggian 100 cm menggunakan Elektroda Pelat dengan Ukuran 50cmx50cm pada Posisi Horizontal

Elektroda plat berbentuk kubus memiliki panjang sisi sebesar 50 cm. Pada Gambar 4.17 sebelum melakukan perhitungan dengan persamaan (2-5) dan (2-6) perlu diketahui nilai resistivitas arang (ρ_a) dan resistivitas tanah (ρ_t) yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan. Data – data yang diperoleh dengan menggunakan elektroda plat sebagai berikut :

- ρ_a (resistivitas arang sekam padi) : 7270,611 ohm-cm
- ρ_t (resistivitas tanah) : 80450,9 ohm-cm
- s (panjang sisi lapisan tanah) : 100 cm
- l (tebal lapisan tanah) : 25 cm
- h (kedalaman penanaman elektroda) : 100 cm

Untuk mencari nilai resistansi pentanahan dengan segmentasi lapisan tanah yang terdekat dengan elektroda (R_1), perlu dicari nilai resistansi dari lapisan arang (R_a) dan nilai resistansi dari tanah itu sendiri (R_t) karena bidang tabung yang terbentuk dari segmentasi lapisan tanah terdiri dari media yang berbeda. Dengan menggunakan persamaan (2-5) nilai R_1 dapat dihitung sebagai berikut :

$$R_a = \frac{(7270,611)(25)}{(6)(50)(50)} = 12,12 \text{ ohm}$$

$$R_t = \frac{(80450,9)(25)}{(2)(5625+5625+5625)} = 59,59 \text{ ohm}$$

$$R_1 = R_a // R_t = 10,07 \text{ ohm}$$

Setelah diketahui nilai R_1 , maka dicari nilai R_2 , R_3 , dan R_4 sampai dengan R_n lalu dijumlahkan untuk mencari nilai resistansi pentanahan (R_e) seperti yang ditunjukkan persamaan (2-6). Hasil perhitungan nilai R_e ditunjukkan pada Tabel 4.26.

Tabel 4. 26 Hasil perhitungan nilai resistansi pentanahan ketebalan arang sekam padi 100 cm dengan segmentasi lapisan tanah

n	Elektroda Model A				
	s (cm)	R_k (ohm)	R_t (ohm)	R_n (ohm)	R_e (ohm)
1	50	12,12	59,59	10,07	10,07
2	75	9,81	49,87	8,59	18,66
3	100	8,62	37,28	7,31	25,97
4	125	7,94	33,51	7,04	33,01
5	150	7,58	31,72	6,58	39,59
.
.
300	7525	0,02	0,08	0,1	153,73

Dari Tabel 4.26 dapat dilihat bahwa nilai resistansi pentanahan (R_e) elektroda plat pada ketebalan arang sekam padi sebesar 100 cm dari pengukuran segmentasi lapisan tanah adalah 153,73 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan dari hasil pengukuran seperti yang ditunjukkan Tabel 4.5 adalah 161 ohm. Selisih antara hasil pengukuran dan segmentasi lapisan tanah adalah 7,27 ohm atau 5,60 %.





BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis dari pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa:

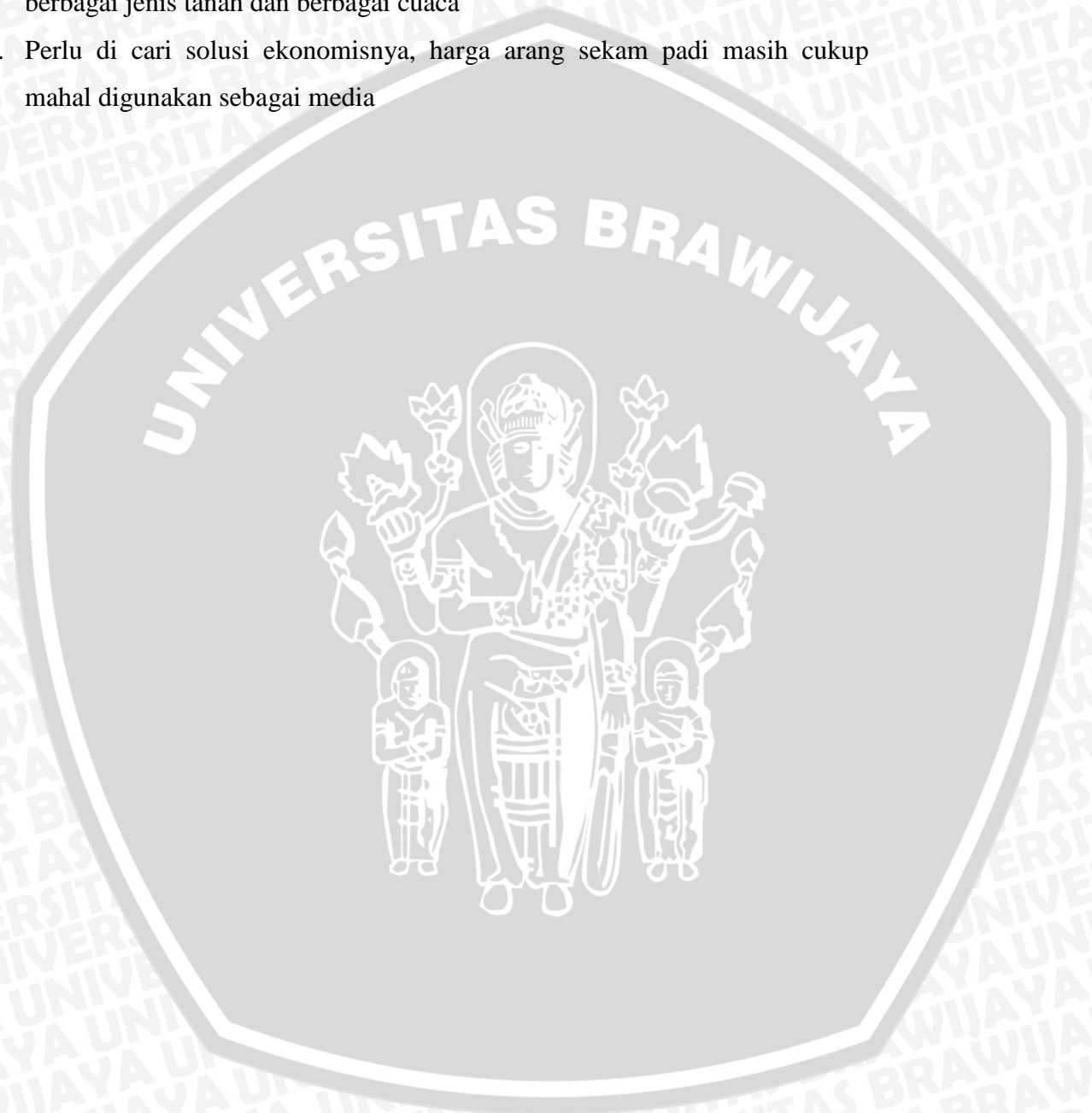
1. Semakin tebal penambahan ketebalan tanah dan arang sekam padi, maka resistansi pentanahannya akan semakin kecil. Dari hasil pengukuran pada kedalaman 100cm pada elektroda B(50cmx75cm) pada posisi horizontal, resistansi dengan media tanah sebesar 363 ohm dan media arang sebesar 151 ohm
2. Semakin besar luas permukaan elektroda pelat maka resistansin pentanahannya semakin kecil. Peletakan elektroda secara horizontal memiliki nilai resistansi pentanahan lebih kecil daripada secara vertikal. Untuk elektroda B(50cmx75cm) yang ditanam sedalam 100cm menghasilkan nilai resistansi pentanahan sebesar 231 ohm untuk posisi vertikal dan sebesar 151 ohm untuk posisi horizontal.
3. Semakin besar luas permukaan elektroda pelat maka resistansi pentanahannya semakin kecil. Pada Elektroda A(50cmx50cm) dan B(50cmx75cm) yang ditanam sedalam 100cm dengan arang kering pada posisi horizontal berturut-turut menghasilkan nilai resistansi pentanahan 161 ohm dan 151 ohm.
4. Semakin tinggi kadar air dalam media arang, menyebabkan nilai resistansi semakin kecil. Untuk peletakan penanaman secara horizontal yang ditanam sedalam 100cm dengan kadar air 40% menghasilkan resistansi sebesar 68 ohm dan dengan kadar air 80% menghasilkan resistansi sebesar 30 ohm.

Sehingga nilai resistansi yang paling baik yaitu dengan penambahan ketebalan media arang sekam padi pada ketebalan 100cm yang diberi kadar air terbanyak yaitu 80% pada elektroda pelat model B(50cmx75cm) dengan posisi horizontal yaitu 30 ohm

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Faktor faktor yang mempengaruhi nilai resistansi pentanahan, contoh cuaca, jenis tanah dan lain-lain. Perlu diteliti nilai resistansi pentanahan pada berbagai jenis tanah dan berbagai cuaca
2. Perlu di cari solusi ekonomisnya, harga arang sekam padi masih cukup mahal digunakan sebagai media



DAFTAR PUSTAKA

- Dedy, Lucky. 2013. Pemanfaatan Arang Tempurung Kelapa untuk Perbaikan Resistansi Pembumian Jenis Elektroda Batang. *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya
- Hadi, A. 1994. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Hutauruk.T.S. 1999. *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga.
- IEEE. 2000. IEEE Green Book: *Guide for Safety in AC Substation Grounding*. New York: Institute of Electrical and Electronics, Inc.
- Nurida N.L, A. Dariah, & A. Rachman. 2008. *Kualitas limbah pertanian sebagaibahan baku pembenah tanah berupa biochar untuk rehabilitasi lahan*. Prosiding Seminar Nasional dan Dialog Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- PUIL. 1977. *Peraturan Umum Instalasi Listrik 1977 (PUIL 1977)* Jakarta: Yayasan PUIL.
- PUIL. 2000. *Peraturan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*. Jakarta: Yayasan PUIL.
- Riva Belan, Afrizal. 2015. Studi Pemanfaatan Arang Tempurung Kelapa untuk Memperkecil Resistansi Pembumian dengan Elektroda Mesh. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Stevenson, W.D. 1984. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Erlangga.

Lampiran





Gambar 1. Elektroda Pelat A Berukuran 50cm x 50cm



Gambar 2. Elektroda Pelat B Berukuran 50cm x 75cm



Gambar 3. Arang Sekam Padi



Gambar 4. Alat Ukur *Digital Earth Tester*, 2 Elektroda Bantu dan Kabel Penghubung



Gambar 5. Lubang Galian Sedalam 100 cm



Gambar 6. Elektroda A pada Posisi Horizontal



Gambar 7. Elektroda A pada Posisi Vertikal



Gambar 8. Elektroda B pada Posisi Horizontal



Gambar 8. Elektroda B pada Posisi Vertikal



Gambar 9. Elektroda dan Arang yang Telah Tertutup Arang Sekam Padi

