

BAB IV

ANALISIS PENELITIAN

Data-data dalam penelitian ini adalah data-data yang didapatkan secara langsung dari hasil pengukuran di lapangan. Langkah-langkah setelah memperoleh data-data tersebut adalah menghitung, menganalisis, dan menginterpretasikannya ke dalam tabel maupun bentuk grafik.

4.1 Pengukuran Resistivitas Tanah

Nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda batang yang ditanam sedalam (L_r) sebesar 1 m dengan diameter (d) sebesar 15 mm, dari hasil pengukuran besar resistansi pentanahan (R) adalah 278 ohm. Besar nilai resistivitas tanah dihitung dengan menggunakan persamaan (2-3). Dengan demikian didapatkan nilai resistivitas tanah sebesar:

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

$$\rho = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 278}{\ln\left(\frac{8 \cdot 1}{0,015}\right) - 1}$$

$$\rho = 330,71 \text{ ohm} - \text{m}$$

Jadi, nilai resistivitas tanah lokasi hasil pengukuran adalah 330,71 ohm-m.

4.2 Pengukuran Resistivitas Arang Tempurung Kelapa Kering dan Basah

Pengukuran resistivitas arang tempurung kelapa menggunakan pipa PVC yang tingginya (l) sebesar 2 cm dan jari-jari (r) sebesar 5,7 cm, kemudian alas dan tutupnya diberi plat *stainless steel*. Rangkaian resistivitas arang tempurung kelapa kering dan basah, seperti terlihat pada Gambar 3.5. Hasil pengukuran besar nilai resistansi arang tempurung kelapa kering (R_{ak}) adalah 265,6 ohm, sedangkan nilai resistansi arang tempurung kelapa basah (R_{ab}) adalah 42,58 ohm. Besar nilai resistivitas arang tempurung kelapa dihitung dengan menggunakan persamaan (2-8).

$$\rho = \frac{\pi r^2 \cdot R}{l}$$

Untuk nilai resistivitas resistansi arang tempurung kelapa kering (ρ_{ak}) sebesar :

$$\rho_{ak} = \frac{\pi r^2 \cdot R_{ak}}{l}$$

$$\rho_{ak} = \frac{\pi \cdot 5,7^2 \cdot 265,6}{2}$$

$$\rho_{ak} = 13554,94 \text{ ohm} - \text{cm}$$

$$\rho_{ak} = 135,55 \text{ ohm} - \text{m}$$

Sedangkan, untuk nilai resistivitas resistansi arang tempurung kelapa basah (ρ_{ab}) sebesar:

$$\rho_{ab} = \frac{\pi r^2 \cdot R_{ab}}{l}$$

$$\rho_{ab} = \frac{\pi \cdot 5,7^2 \cdot 42,58}{2}$$

$$\rho_{ab} = 2173,08 \text{ ohm} - \text{cm}$$

$$\rho_{ab} = 21,73 \text{ ohm} - \text{m}$$

Nilai resistivitas arang tempurung kelapa kering dan basah hasil pengukuran adalah 135,55 ohm-m dan 21,73 ohm-m, sedangkan nilai resistivitas tanah lokasi sebesar 330,71 ohm-m. Jadi arang tempurung kelapa kering dan basah dapat digunakan sebagai *treatment* dalam upaya menurunkan nilai resistansi pentanahan.

4.3. Pengukuran Kadar Air Partikel Arang Tempurung Kelapa Basah

Pengaruh pemberian air pada arang tempurung kelapa sangat mempengaruhi nilai resistivitasnya. Untuk mengetahui kadar air dalam arang tempurung kelapa basah digunakan pipa PVC yang tingginya (l) sebesar 2 cm, jari-jari (r) sebesar 5,7 cm dan volumenya sebesar 204,04 cm³, maka dapat dihitung dari Persamaan (2.10).

Data hasil pengukuran massa arang tempurung kelapa yaitu:

m_{ak} (massa arang tempurung kelapa kering) : 150 gram

m_{ab} (massa arang tempurung kelapa basah) : 200 gram

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

$$KA_a = \frac{(200 - 150)}{150} \times 100 \%$$

$$KA_a = 33,33 \%$$

4.4. Pengukuran Kerapatan Partikel Arang Tempurung Kelapa Kering dan Basah

Untuk mengetahui nilai kerapatan partikel arang tempurung kelapa kering dan basah dapat dihitung menggunakan persamaan (2.9).

$$K = \frac{m}{V}$$

Untuk nilai kerapatan partikel arang tempurung kelapa kering (K_{ak}) sebesar :

$$K_{ak} = \frac{m_{ak}}{V}$$

$$K_{ak} = \frac{150}{204,04}$$

$$K_{ak} = 0,735 \text{ gram/cm}^3$$

Sedangkan, untuk nilai kerapatan partikel arang tempurung kelapa basah (K_{ab}) sebesar:

$$K_{ab} = \frac{m_{ab}}{V}$$

$$K_{ab} = \frac{200}{204,04}$$

$$K_{ab} = 0,98 \text{ gram/cm}^3$$

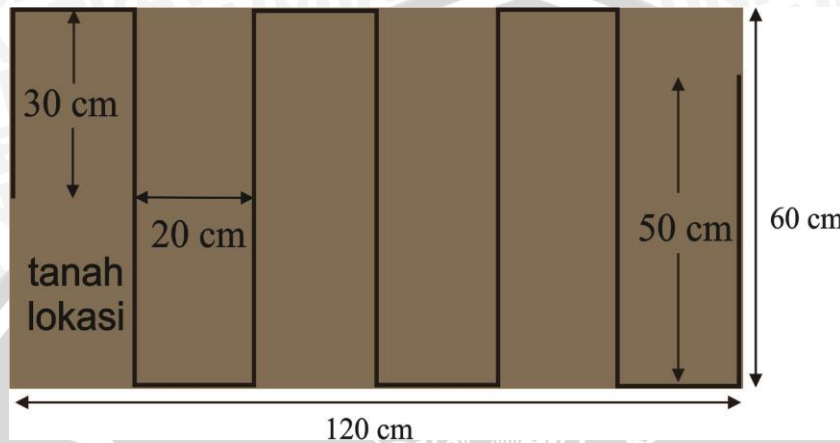
Nilai kerapatan partikel arang tempurung kelapa kering dan basah hasil pengukuran adalah $0,735 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}$ dan $0,98 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}$. Semakin kecil nilai kerapatan partikel arang tempurung kelapa pada ukuran partikel yang sama, maka resistivitasnya semakin besar. Dan apabila semakin besar kerapatan partikel arang tempurung kelapa pada ukuran partikel yang sama, maka resistivitasnya semakin kecil (Yudistiro, 2008:39).

4.5 Pengukuran Resistansi Elektroda *Spiral* Persegi Panjang dengan Variasi Ketebalan Penambahan Tanah dan Arang Tempurung Kelapa pada Kedalaman Penanaman 100 cm

Pada pengujian menggunakan elektroda pentanahan model *spiral* persegi panjang ini dilakukan dengan bahan jenis *stainless steel*, diameter sebesar 8 mm, luas penampangnya sebesar $50,266 \text{ mm}^2$ dan total panjang konduktor tiap model 5 meter. Terdapat 2 model elektroda yang memiliki variasi pada besar lebar persegi panjangnya. Model elektroda pertama memiliki lebar persegi panjang 20 cm dan panjang persegi panjang 60 cm, seperti terlihat pada Gambar 3.1. Model elektroda kedua memiliki lebar persegi panjang 30 cm dan panjang persegi panjang 60 cm, seperti terlihat pada Gambar 3.2.

4.5.1 Pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 menggunakan tanah lokasi dengan variasi ketebalan penambahan tanah pada kedalaman penanaman 100 cm

Pengukuran resistansi elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dengan menggunakan tanah lokasi dilakukan pada lahan seluas 120 cm x 60 cm dengan kedalaman 100 cm, seperti terlihat pada Gambar 4.1.



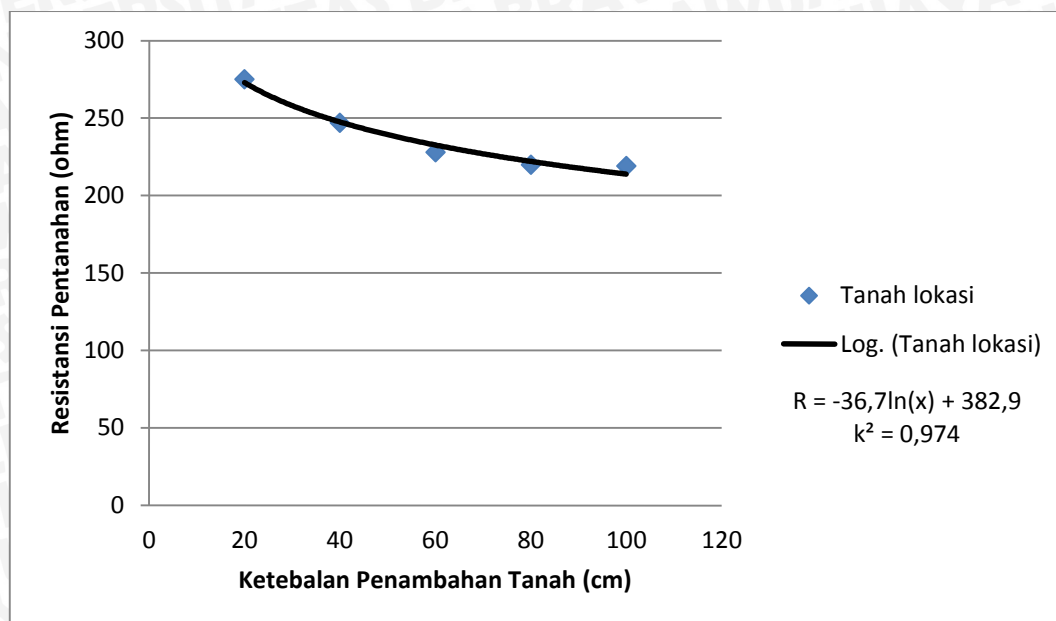
Gambar 4.1. Peletakan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 pada tanah lokasi

Pengukuran resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model 1 dilakukan sebanyak 5 kali, variasi penambahan tanah ditunjukkan pada Gambar 3.6. Pengukuran pertama dengan menambahkan tanah dengan ketebalan 20 cm, kedua 40 cm, ketiga 60 cm, keempat 80 cm, dan kelima 100 cm. Hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dengan variasi ketebalan penambahan tanah

Kedalaman penanaman elektroda (cm)	Ketebalan Penambahan Tanah (cm)	Tahanan Pentanahan (ohm)
100	20	275
	40	247
	60	228
	80	220
	100	219

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.1, maka dapat dibuat grafik hubungan ketebalan penambahan tanah terhadap resistansi pentanahan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2.

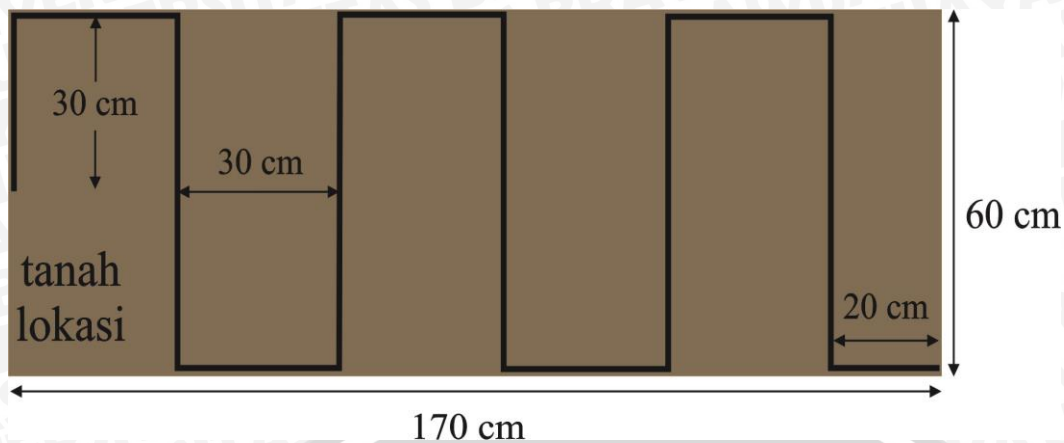


Gambar 4.2. Grafik hubungan ketebalan penambahan tanah terhadap resistansi pentanahan dengan elektroda model 1 pada kedalaman penanaman 100 cm

Dari hasil pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pentanahan yang paling besar terletak pada ketebalan penambahan tanah 20 cm sebesar 275 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan yang paling kecil terletak pada ketebalan penambahan tanah 100 cm sebesar 219 ohm. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pentanahan dari ketebalan penambahan tanah 20 cm menjadi ketebalan penambahan tanah 100 cm adalah 20,36 %. Berdasarkan Gambar 4.6, *trend* untuk tahanan pentanahan (R) terhadap ketebalan penambahan tanah (x) mengikuti *trend* logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,974$ yakni $R = -36,7\ln(x) + 382,9$.

4.5.2. Pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 2 menggunakan tanah lokasi dengan variasi ketebalan penambahan tanah pada kedalaman penanaman 100 cm

Pengukuran resistansi elektroda *spiral* persegi panjang model 2 dengan menggunakan tanah lokasi dilakukan pada lahan seluas 170 x 60 cm dengan kedalaman 100 cm, seperti terlihat pada Gambar 4.3.



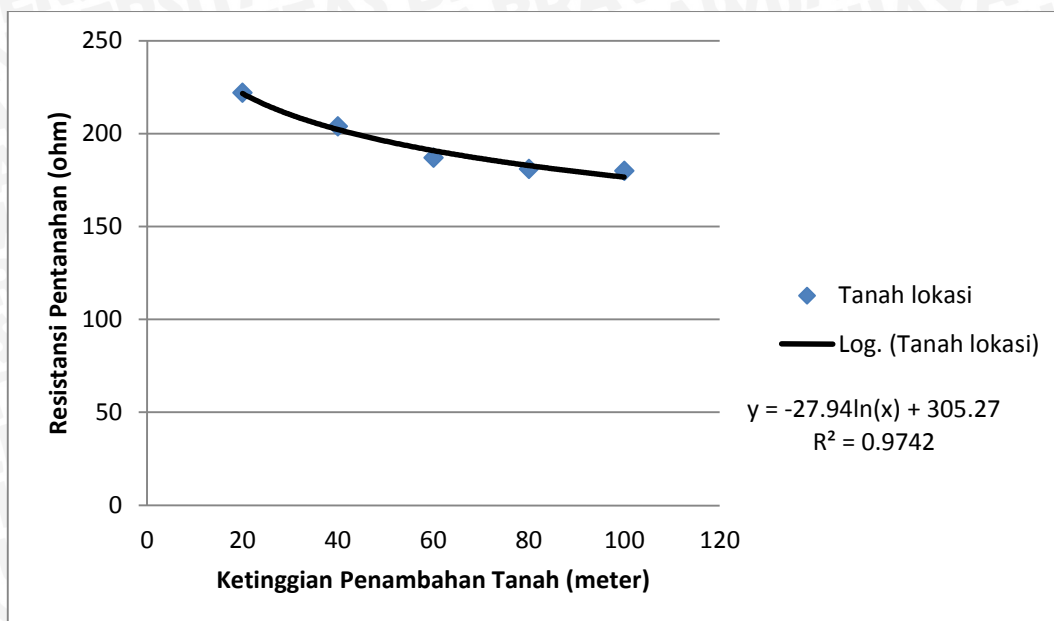
Gambar 4.3. Peletakan elektroda *spiral* persegi panjang model 2 pada tanah lokasi

Pengukuran resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model 2 dilakukan sebanyak 5 kali, variasi penambahan tanah ditunjukkan pada Gambar 3.6. Pengukuran pertama dengan menambahkan tanah dengan ketebalan 20 cm, kedua 40 cm, ketiga 60 cm, keempat 80 cm, dan kelima 100 cm. Hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 2 dengan variasi ketebalan penambahan tanah

Kedalaman penanaman elektroda (meter)	Ketebalan Penambahan Tanah (cm)	Tahanan Pentanahan (ohm)
1	20	222
	40	204
	60	187
	80	181
	100	180

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.2, maka dapat dibuat grafik hubungan ketebalan penambahan tanah terhadap resistansi pentanahan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4.

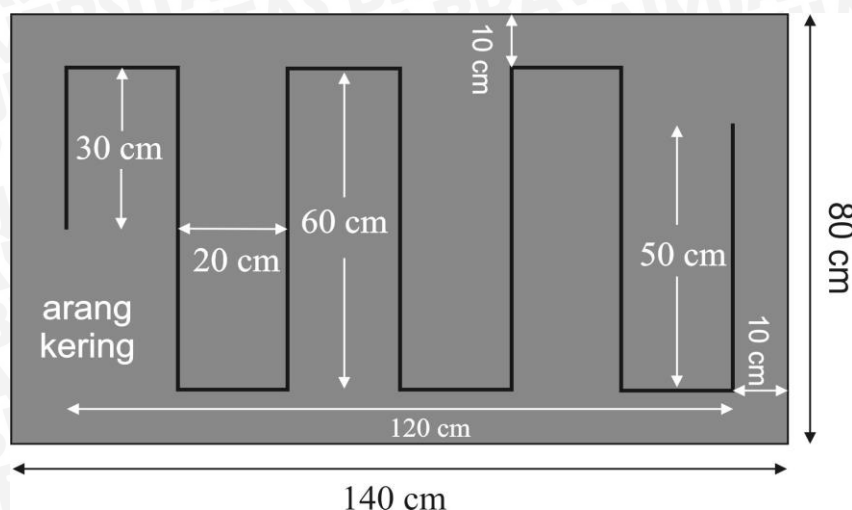


Gambar 4.4. Grafik hubungan ketebalan penambahan tanah terhadap resistansi pentanahan dengan elektroda model 2 pada kedalaman penanaman 100 cm

Dari hasil pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pentanahan yang paling besar terletak pada ketebalan penambahan tanah 20 cm sebesar 222 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan yang paling kecil terletak pada ketebalan penambahan tanah 100 cm sebesar 180 ohm. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pentanahan dari ketebalan penambahan tanah 20 cm menjadi ketebalan penambahan tanah 100 cm adalah 18,92 %. Berdasarkan Gambar 4.4, *trend* untuk tahanan pentanahan (R) terhadap ketebalan penambahan tanah (x) mengikuti *trend* logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,974$ yakni $R = -27,9\ln(x) + 305,2$.

4.5.3. Pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 menggunakan arang tempurung kelapa kering sebagai *treatment* dengan variasi ketebalan penambahan arang pada kedalaman penanaman 100 cm

Pada waktu dilakukan *treatment* berupa arang tempurung kelapa kering, ditambahkan arang tempurung kelapa kering dari dasar dan samping tanah ke elektroda sebesar 5 cm dan 10 cm. Pengukuran resistansi elektroda *spiral* persegi panjang model 1 menggunakan arang tempurung kelapa kering dilakukan pada lahan seluas 140 cm x 60 cm dengan kedalaman 105 cm, seperti terlihat pada Gambar 4.5.



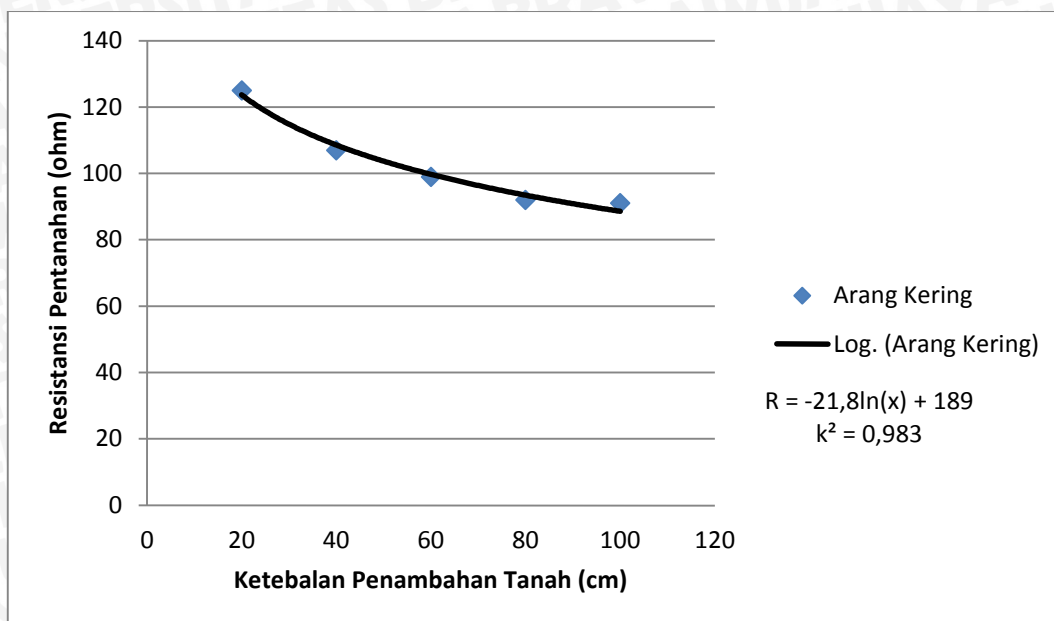
Gambar 4.5. Peletakan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dengan *treatment* arang tempurung kelapa kering

Pengukuran resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model 1 dilakukan sebanyak 5 kali, variasi penambahan arang tempurung kelapa kering ditunjukkan pada Gambar 3.7. Pengukuran pertama dengan menambahkan arang tempurung kelapa kering dengan ketebalan 20 cm, kedua 40 cm, ketiga 60 cm, keempat 80 cm, dan kelima 100 cm. Hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dengan variasi ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering

Kedalaman penanaman elektroda (cm)	Ketebalan Penambahan Arang Tempurung Kelapa Kering (cm)	Tahanan Pentanahan (ohm)
100	20	125
	40	107
	60	99
	80	92
	100	91

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.3, maka dapat dibuat grafik hubungan ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering terhadap resistansi pentanahan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.6.

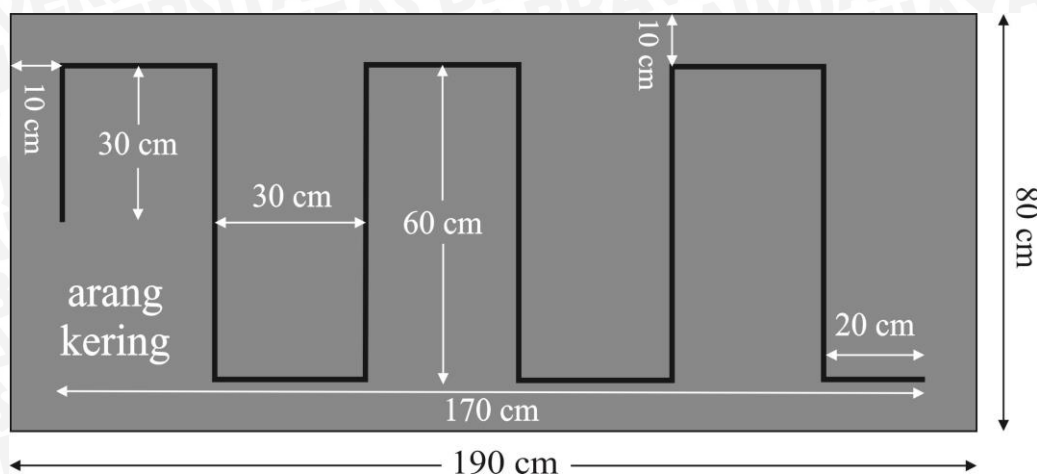


Gambar 4.6. Grafik hubungan ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering terhadap resistansi pentanahan dengan elektroda model 1 pada kedalaman penanaman 100 cm

Dari hasil pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pentanahan yang paling besar terletak pada ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering 20 cm sebesar 125 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan yang paling kecil terletak pada ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering 100 cm sebesar 91 ohm. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pentanahan dari ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering 20 cm menjadi ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering 100 cm adalah 27,2 %. Berdasarkan Gambar 4.6, *trend* untuk tahanan pentanahan (R) terhadap ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering (x) mengikuti *trend* logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,983$ yakni $R = -21,8\ln(x) + 189$.

4.5.4 Pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 2 menggunakan arang tempurung kelapa kering sebagai *treatment* dengan variasi ketebalan penambahan arang pada kedalaman penanaman 100 cm

Pada waktu dilakukan *treatment* berupa arang tempurung kelapa kering, ditambahkan arang tempurung kelapa kering dari dasar dan samping tanah ke elektroda sebesar 5 cm dan 10 cm. Pengukuran resistansi elektroda *spiral* persegi panjang model 2 dengan menggunakan arang tempurung kelapa kering dilakukan pada lahan seluas 190 cm x 60 cm dengan kedalaman 105 cm, seperti terlihat pada Gambar 4.7.



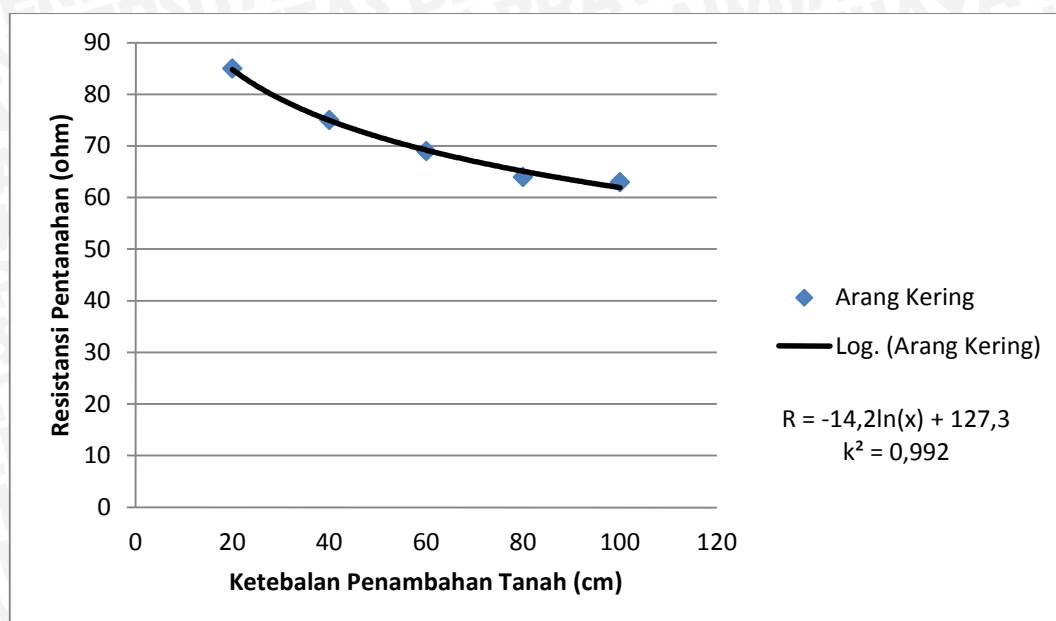
Gambar 4.7. Peletakan elektroda *spiral* persegi panjang model 2 dengan *treatment* arang tempurung kelapa kering

Pengukuran resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model 2 dilakukan sebanyak 5 kali, variasi penambahan arang tempurung kelapa kering ditunjukkan pada Gambar 3.7. Pengukuran pertama dengan menambahkan arang tempurung kelapa kering dengan ketebalan 20 cm, kedua 40 cm, ketiga 60 cm, keempat 80 cm, dan kelima 100 cm. Hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 2 dengan variasi ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering

Kedalaman penanaman elektroda (cm)	Ketebalan Penambahan Arang Tempurung Kelapa Kering (cm)	Tahanan Pentanahan (ohm)
100	20	85
	40	75
	60	69
	80	64
	100	63

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.4, maka dapat dibuat grafik hubungan ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering terhadap resistansi pentanahan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.8.

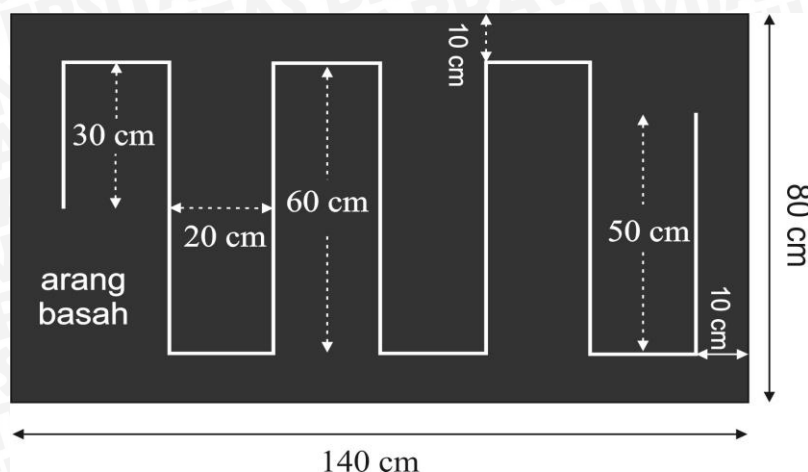


Gambar 4.8. Grafik hubungan ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering terhadap resistansi pentanahan dengan elektroda model 2 pada kedalaman penanaman 100 cm

Dari hasil pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pentanahan yang paling besar terletak pada ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering 20 cm sebesar 85 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan yang paling kecil terletak pada ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering 100 cm sebesar 63 ohm. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pentanahan dari ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering 20 cm menjadi ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering 100 cm adalah 25,88%. Berdasarkan Gambar 4.8, *trend* untuk tahanan pentanahan (R) terhadap ketebalan penambahan arang tempurung kelapa kering (x) mengikuti *trend* logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,992$ yakni $R = -14,2\ln(x) + 127,3$.

4.5.5 Pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 menggunakan arang tempurung kelapa basah sebagai *treatment* dengan variasi ketebalan penambahan arang pada kedalaman penanaman 100 cm

Pada waktu dilakukan *treatment* berupa arang tempurung kelapa basah, ditambahkan arang tempurung kelapa basah dari dasar dan samping tanah ke elektroda sebesar 5 cm dan 10 cm. Pengukuran resistansi elektroda *spiral* persegi panjang model 1 menggunakan arang tempurung kelapa basah dilakukan pada lahan seluas 140 cm x 60 cm dengan kedalaman 105 cm, seperti terlihat pada Gambar 4.9.



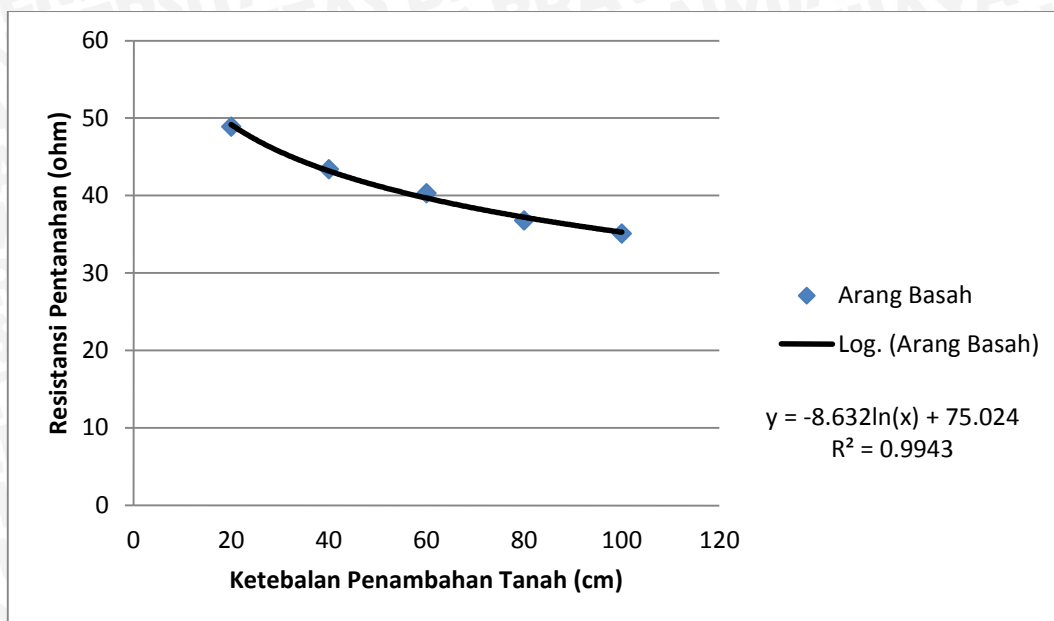
Gambar 4.9. Peletakan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dengan *treatment* arang tempurung kelapa basah

Pengukuran resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model 1 dilakukan sebanyak 5 kali, variasi penambahan arang tempurung kelapa basah ditunjukkan pada Gambar 3.9. Pengukuran pertama dengan menambahkan arang tempurung kelapa basah dengan ketebalan 20 cm, kedua 40 cm, ketiga 60 cm, keempat 80 cm, dan kelima 100 cm. Hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dengan variasi ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah

Kedalaman penanaman elektroda (cm)	Ketebalan Penambahan Arang Tempurung Kelapa Basah (cm)	Tahanan Pentanahan (ohm)
100	20	48,9
	40	43,4
	60	40,3
	80	36,8
	100	35,1

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.3, maka dapat dibuat grafik hubungan ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah terhadap resistansi pentanahan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.10.

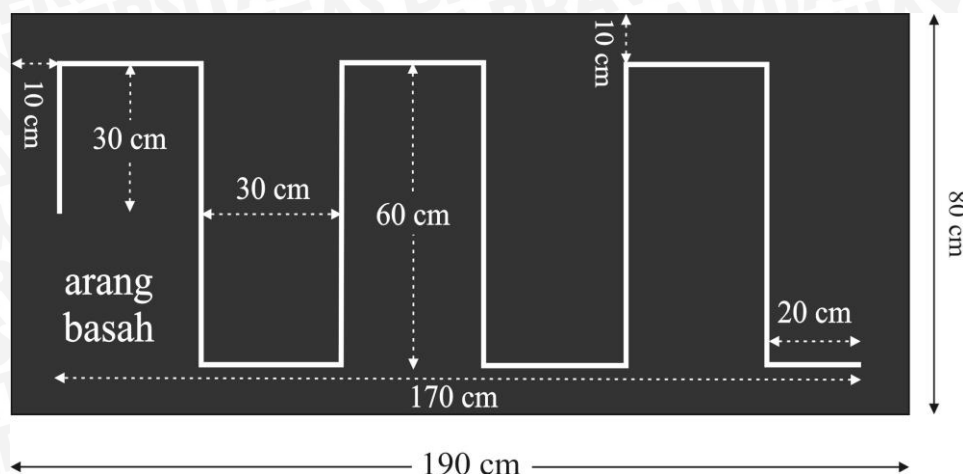


Gambar 4.10. Grafik hubungan ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah terhadap resistansi pentanahan dengan elektroda model 1 pada kedalaman penanaman 100 cm

Dari hasil pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pentanahan yang paling besar terletak pada ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah 20 cm sebesar 48,9 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan yang paling kecil terletak pada ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah 100 cm sebesar 35,1 ohm. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pentanahan dari ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah 20 cm menjadi ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah 100 cm adalah 28,22 %. Berdasarkan Gambar 4.10, *Trend* untuk tahanan pentanahan (R) terhadap ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah (x) mengikuti *trend* logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,994$ yakni $R = -8,63\ln(x) + 75,02$.

4.5.6. Pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 2 menggunakan arang tempurung kelapa basah sebagai *treatment* dengan variasi ketebalan penambahan arang pada kedalaman penanaman 100 cm

Pada waktu dilakukan *treatment* berupa arang tempurung kelapa basah, ditambahkan arang tempurung kelapa basah dari dasar dan samping tanah ke elektroda sebesar 5 cm dan 10 cm. Pengukuran resistansi elektroda *spiral* persegi panjang model 2 menggunakan arang tempurung kelapa basah dilakukan pada lahan seluas 190 cm x 60 cm dengan kedalaman 105 cm, seperti terlihat pada Gambar 4.11.



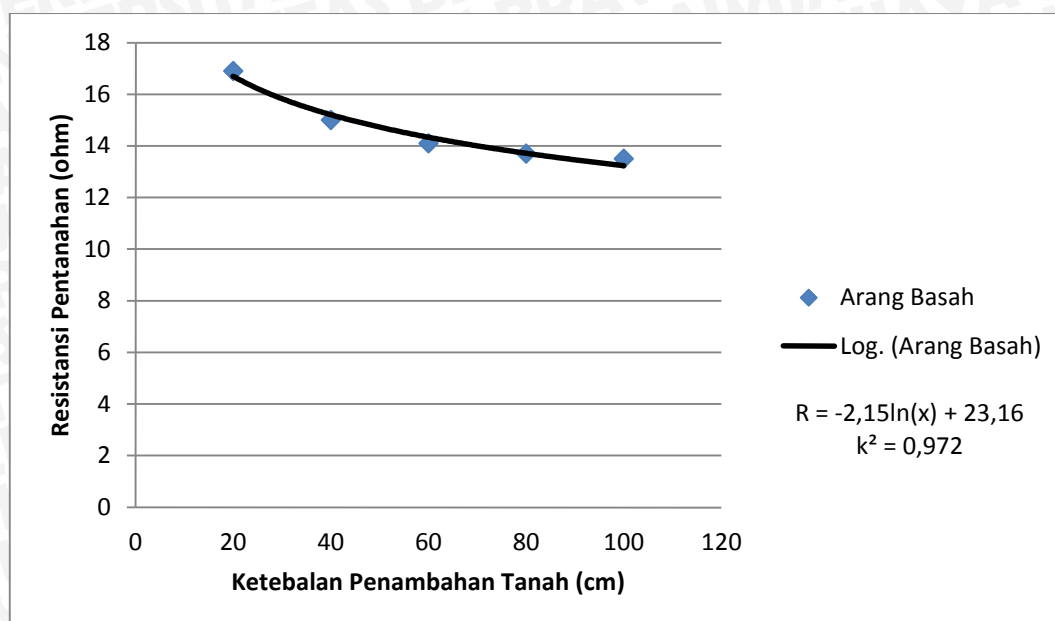
Gambar 4.11. Peletakan elektroda *spiral* persegi panjang model 2 dengan *treatment* arang tempurung kelapa basah

Pengukuran resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda model 1 dilakukan sebanyak 5 kali, variasi penambahan arang tempurung kelapa basah ditunjukkan pada Gambar 3.8. Pengukuran pertama dengan menambahkan arang tempurung kelapa basah dengan ketebalan 20 cm, kedua 40 cm, ketiga 60 cm, keempat 80 cm, dan kelima 100 cm. Hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Hasil pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 2 dengan variasi ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah

Kedalaman penanaman elektroda (cm)	Ketebalan Penambahan Arang Tempurung Kelapa Basah (cm)	Tahanan Pentanahan (ohm)
100	20	16,9
	40	15
	60	14,1
	80	13,7
	100	13,5

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.6, maka dapat dibuat grafik hubungan ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah terhadap resistansi pentanahan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Grafik hubungan ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah terhadap resistansi pentanahan dengan elektroda model 2 pada kedalaman penanaman 100 cm

Dari hasil pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pentanahan yang paling besar terletak pada ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah 20 cm sebesar 16,9 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan yang paling kecil terletak pada ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah 100 cm sebesar 13,5 ohm. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pentanahan dari ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah 20 cm menjadi ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah 100 cm adalah 20,12 %. Berdasarkan Gambar 4.12, *trend* untuk tahanan pentanahan (R) terhadap ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah (x) mengikuti *trend* logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,972$ yakni $R = -2,15\ln(x) + 23,16$.

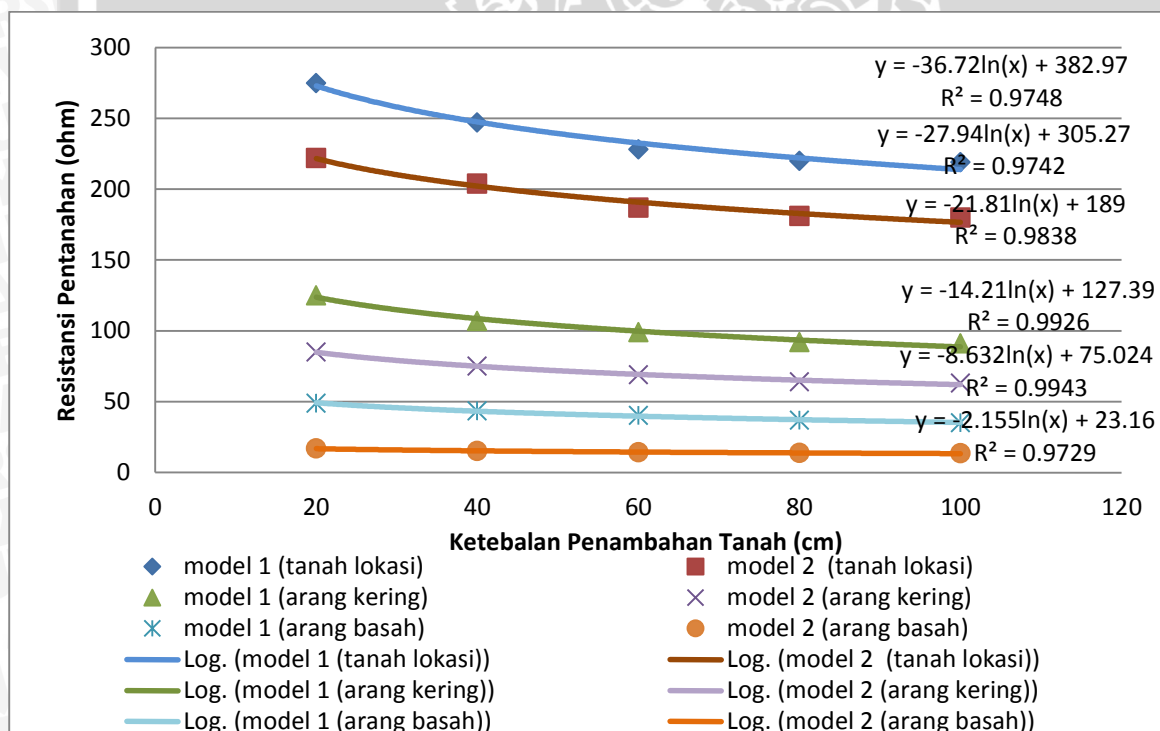
4.5.7 Karakteristik resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dan 2 dengan variasi ketebalan penambahan tanah dan arang tempurung kelapa pada kedalaman penanaman 100 cm

Pembahasan ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik nilai-nilai resistansi pentanahan menggunakan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dan 2 dengan variasi ketebalan penambahan tanah dan arang tempurung kelapa kering maupun basah dari 20 cm sampai 100 cm. Hasil pengukuran dengan berbagai variasi ketebalan penambahan tanah dan arang tempurung kelapa kering maupun basah akan diketahui karakteristiknya yang ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Hasil pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dan 2 dengan variasi ketebalan penambahan tanah dan arang tempurung kelapa

Kedalaman penanaman elektroda (cm)	Ketebalan Penambahan (cm)	Resistansi Pentanahan Elektroda <i>Spiral</i> Persegi Panjang					
		Tanah Lokasi		Arang Tempurung Kelapa Kering		Arang Tempurung Kelapa Basah	
		Model 1 (ohm)	Model 2 (ohm)	Model 1 (ohm)	Model 2 (ohm)	Model 1 (ohm)	Model 2 (ohm)
100	20	275	222	125	85	48,9	16,9
	40	247	204	107	75	43,4	15
	60	228	187	99	69	40,3	14,1
	80	220	181	92	64	36,8	13,7
	100	219	180	91	63	35,1	13,5

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.7, maka dapat dibuat grafik hubungan ketebalan penambahan tanah dan arang tempurung kelapa kering maupun basah terhadap resistansi pentanahan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13. Grafik hubungan ketebalan penambahan tanah dan arang tempurung kelapa terhadap resistansi pentanahan dengan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dan 2 pada kedalaman penanaman 100 cm

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.13, maka terlihat bahwa ketebalan penambahan tanah dan arang tempurung kelapa

kering maupun basah dapat menurunkan nilai resistansi pentanahan untuk semua variasi model elektroda. Dari hasil pengukuran ini pada ketebalan penambahan tanah 20 cm didapatkan nilai resistansi pentanahan sebesar 275 ohm untuk model 1 elektroda *spiral* persegi panjang yang merupakan nilai resistansi pentanahan paling tinggi. Pada ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah 100 cm didapatkan nilai resistansi pentanahan sebesar 13,5 ohm untuk variasi model 2 elektroda *spiral* persegi panjang yang merupakan nilai resistansi pentanahan paling rendah.

Berdasarkan Gambar 4.13 juga dapat dilihat bahwa nilai resistansi pentanahan pada semua variasi model elektroda *spiral* persegi panjang mulai ketebalan penambahan tanah dan arang tempurung kelapa kering maupun basah 80 cm sampai 100 cm tidak mengalami perubahan yang cukup besar terhadap nilai resistansi pentanahannya pada ketebalan hal ini berarti nilai resistansi pentanahan mengalami titik jenuh. Dan pada ketebalan penambahan tanah itu disebut ketebalan penambahan efektif.

Dari Tabel 4.7 dapat dilihat apabila ketebalan penambahan 20 cm pada semua variasi model elektroda *spiral* persegi panjang dijadikan acuan maka dapat dibuat tabel penurunan nilai resistansi pentanahan pada semua ketebalan penambahan dengan perhitungan sebagai berikut:

Untuk model 1 elektroda *spiral* persegi panjang penurunan resistansi pentanahannya,

$$\Delta R_{\text{tanah}} (\text{ohm}) = R_{20} - R_{40}$$

$$\Delta R_{\text{tanah}} (\text{ohm}) = 275 - 247$$

$$\Delta R_{\text{tanah}} (\text{ohm}) = 28 \Omega$$

Sehingga,

$$\Delta R_{\text{tanah}} (\%) = \frac{R_{20} - R_{40}}{R_{20}} \times 100\%$$

$$\Delta R_{\text{tanah}} (\%) = \frac{275 - 247}{275} \times 100\%$$

$$\Delta R_{\text{tanah}} (\%) = 10,18\%$$

Dengan cara yang sama $\Delta R(\Omega)$ dan $\Delta R(\%)$ untuk semua model elektroda *spiral* persegi panjang pada setiap perubahan ketebalan penambahan dapat dihitung seperti Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Penurunan nilai resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dan 2 dengan variasi ketebalan penambahan

Ketebalan Penambahan (cm)	Penurunan Nilai Resistansi Pentanahan Elektroda <i>Spiral</i> Persegi Panjang											
	Tanah Lokasi				Arang Tempurung Kelapa Kering				Arang Tempurung Kelapa Basah			
	Model 1		Model 2		Model 1		Model 2		Model 1		Model 2	
	ΔR (ohm)	ΔR (%)	ΔR (ohm)	ΔR (%)	ΔR (ohm)	ΔR (%)	ΔR (ohm)	ΔR (%)	ΔR (ohm)	ΔR (%)	ΔR (ohm)	ΔR (%)
Dari 20 ke 40	28	10,18	18	8,11	18	14,4	10	11,77	5,5	11,25	1,9	11,24
Dari 20 ke 60	47	17,09	35	15,77	26	20,8	16	18,82	8,6	17,59	2,8	16,57
Dari 20 ke 80	55	20	41	18,47	33	26,4	21	22,71	12,1	24,74	3,2	18,94
Dari 20 ke 100	56	20,36	42	18,92	34	27,2	22	25,88	13,8	28,22	3,4	20,12

Berdasarkan hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.8, terlihat bahwa semakin besar ketebalan penambahan tanah maka semakin besar juga penurunan nilai resistansi pentanahannya. Serta dapat dilihat semakin besar lebar persegi panjang elektroda *spiral* persegi panjang untuk ketebalan penambahan tanah dan arang tempurung kelapa kering maupun basah yang sama maka penurunan nilai resistansi pentanahan semakin kecil, sedangkan semakin kecil lebar persegi panjang elektroda *spiral* persegi panjang maka penurunan nilai resistansi pentanahan semakin besar.

4.6. Pengukuran Resistansi Pentanahan Elektroda *Spiral* Persegi Panjang dengan Variasi Kedalaman Penanaman Elektroda

Pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang dilakukan dengan variasi kedalaman penanaman yang berbeda-beda yaitu 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm, dan 100 cm untuk semua model elektroda *spiral* persegi panjang, seperti terlihat pada Gambar 3.8 dan 3.10.

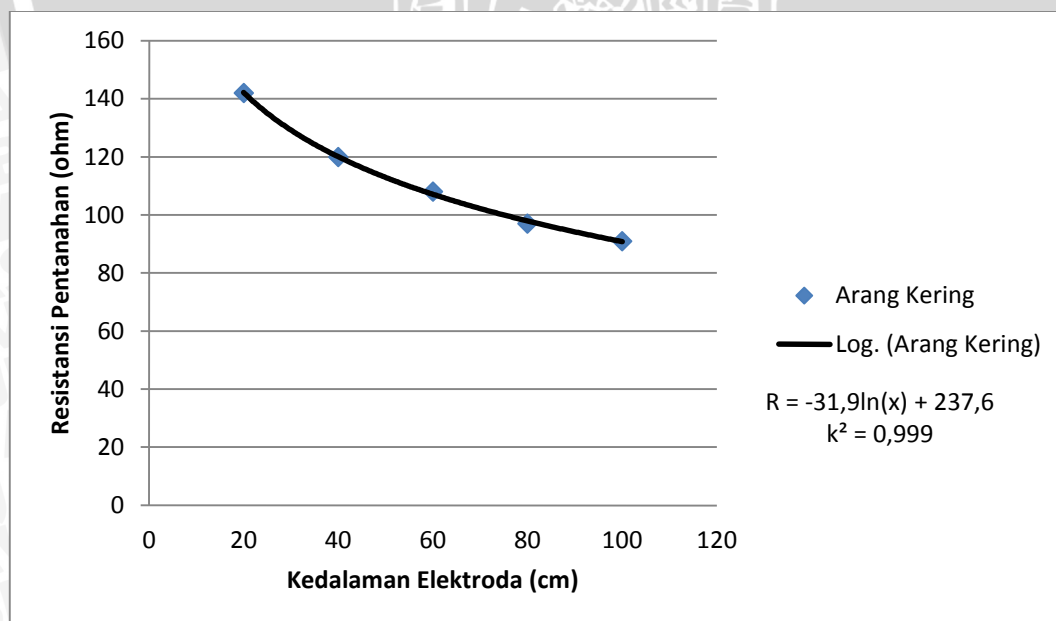
4.6.1. Pengukuran resistansi pentanahan elektroda model 1 menggunakan arang tempurung kelapa kering dengan variasi kedalaman penanaman elektroda

Pada waktu dilakukan *treatment*, ditambahkan ketebalan arang tempurung kelapa kering dari dasar dan samping tanah ke elektroda sebesar 5 cm dan 10 cm. Pengukuran resistansi elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dengan menggunakan arang tempurung kelapa kering dilakukan pada lahan seluas 140 cm x 60 cm dengan kedalaman 105 cm, seperti terlihat pada Gambar 4.5. Hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Hasil pengukuran resistansi pentanahan elektroda model 1 menggunakan arang tempurung kelapa kering dengan variasi kedalaman penanaman elektroda

Kedalaman penanaman elektroda (cm)	Tahanan Pentanahan (ohm)
20	142
40	120
60	108
80	97
100	91

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.9, maka dapat dibuat grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda *spiral* persegi panjang model 1 terhadap resistansi pentanahan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14. Grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda terhadap resistansi pentanahan elektroda model 1 menggunakan arang tempurung kelapa kering

Dari hasil pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pentanahan yang paling besar terletak pada kedalaman penanaman elektroda 20 cm sebesar 142 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan yang paling kecil terletak pada kedalaman penanaman elektroda 100 cm sebesar 91 ohm. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pentanahan dari kedalaman penanaman elektroda 20 cm menjadi kedalaman penanaman elektroda 100 cm adalah 35,92 %. Berdasarkan Gambar 4.14, *trend* untuk tahanan pentanahan (R) terhadap kedalaman elektroda (x) mengikuti *trend* logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,999$ yakni $R = -31,9\ln(x) + 237,6$.

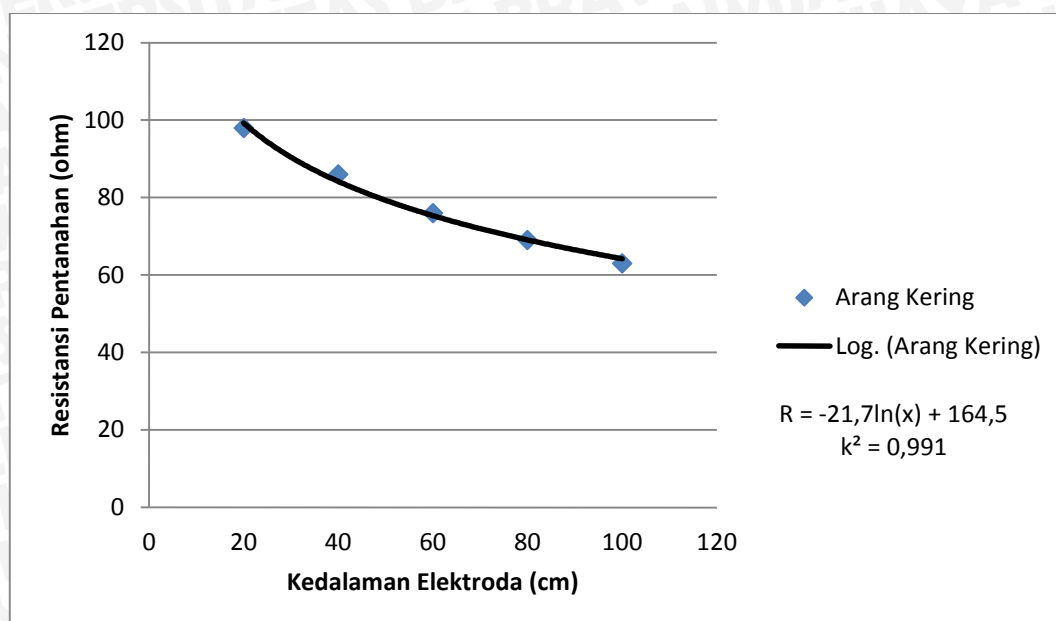
4.6.2 Pengukuran resistansi pentanahan elektroda model 2 menggunakan arang tempurung kelapa kering dengan variasi kedalaman penanaman elektroda

Pada waktu dilakukan *treatment*, ditambahkan ketebalan arang tempurung kelapa kering dari dasar dan samping tanah ke elektroda sebesar 5 cm dan 10 cm. Pengukuran resistansi elektroda *spiral* persegi panjang model 2 dengan menggunakan arang tempurung kelapa kering dilakukan pada lahan seluas 190 cm x 60 cm dengan kedalaman 105 cm, seperti terlihat pada Gambar 4.7. Hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Hasil pengukuran resistansi pentanahan elektroda model 2 menggunakan arang tempurung kelapa kering dengan variasi kedalaman penanaman elektroda

Kedalaman penanaman elektroda (cm)	Tahanan Pentanahan (ohm)
20	98
40	86
60	76
80	69
100	63

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.10, maka dapat dibuat grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda *spiral* persegi panjang model 2 terhadap resistansi pentanahan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15. Grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda terhadap resistansi pentanahan elektroda model 2 menggunakan arang tempurung kelapa kering

Dari hasil pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pentanahan yang paling besar terletak pada kedalaman penanaman elektroda 20 cm sebesar 98 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan yang paling kecil terletak pada kedalaman penanaman elektroda 100 cm sebesar 63 ohm. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pentanahan dari kedalaman penanaman elektroda 20 cm menjadi kedalaman penanaman elektroda 100 cm adalah 35,71 %. Berdasarkan Gambar 4.15, *trend* untuk tahanan pentanahan (R) terhadap kedalaman elektroda (x) mengikuti *trend* logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,991$ yakni $R = -21,7\ln(x) + 164,5$.

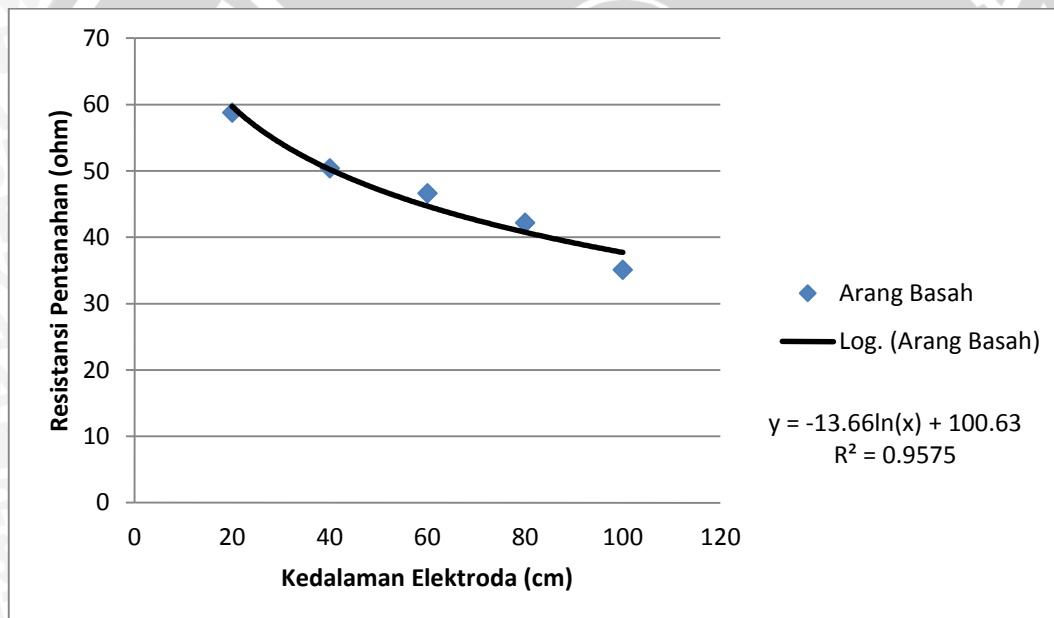
4.6.3 Pengukuran resistansi pentanahan elektroda model 1 menggunakan arang tempurung kelapa basah dengan variasi kedalaman penanaman elektroda

Pada waktu dilakukan *treatment*, ditambahkan ketebalan arang tempurung kelapa basah dari dasar dan samping tanah ke elektroda sebesar 5 cm dan 10 cm. Pengukuran resistansi elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dengan menggunakan arang tempurung kelapa basah dilakukan pada lahan seluas 140 cm x 60 cm dengan kedalaman 105 cm, seperti terlihat pada Gambar 4.9. Hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Hasil pengukuran resistansi pentanahan elektroda model 1 menggunakan arang tempurung kelapa basah dengan variasi kedalaman penanaman elektroda

Kedalaman penanaman elektroda (cm)	Tahanan Pentanahan (ohm)
20	58,8
40	50,4
60	46,6
80	42,2
100	35,1

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.9, maka dapat dibuat grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda *spiral* persegi panjang model 1 terhadap resistansi pentanahan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16. Grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda terhadap resistansi pentanahan elektroda model 1 menggunakan arang tempurung kelapa basah

Dari hasil pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pentanahan yang paling besar terletak pada kedalaman penanaman elektroda 20 cm sebesar 58,8 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan yang paling kecil terletak pada kedalaman penanaman elektroda 100 cm sebesar 35,1 ohm. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pentanahan dari kedalaman penanaman elektroda 20 cm menjadi kedalaman penanaman elektroda 100 cm adalah 40,31 %. Berdasarkan Gambar 4.16, *trend* untuk tahanan pentanahan (R) terhadap kedalaman elektroda (x) mengikuti *trend* logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,957$ yakni $R = -13,6\ln(x) + 100,6$.

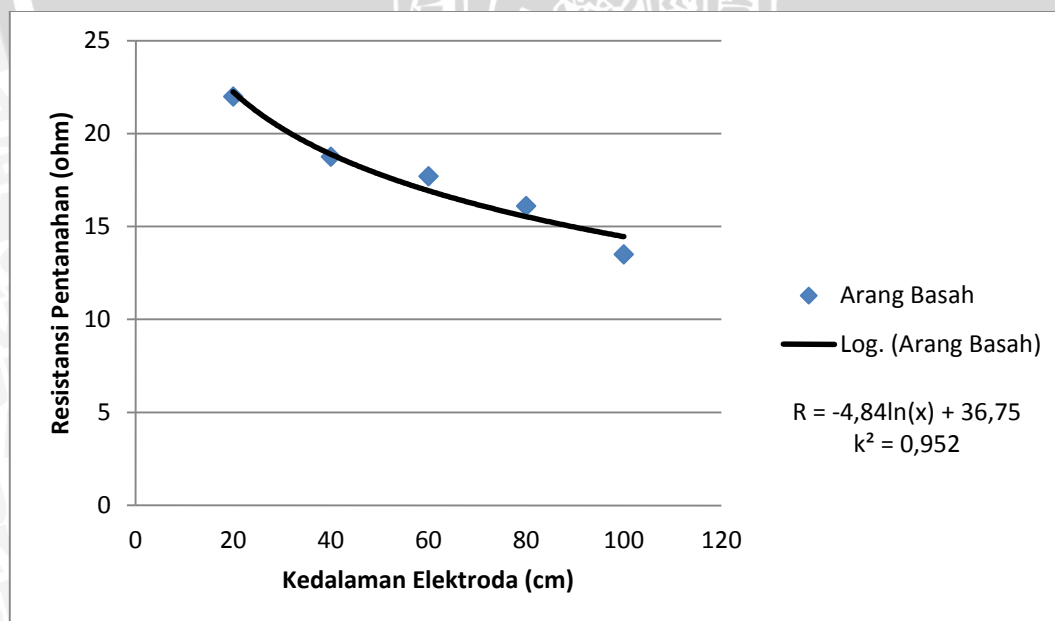
4.6.4. Pengukuran resistansi pentanahan elektroda model 2 menggunakan arang tempurung kelapa basah dengan variasi kedalaman penanaman elektroda

Pada waktu dilakukan *treatment*, ditambahkan ketebalan arang tempurung kelapa basah dari dasar dan samping tanah ke elektroda sebesar 5 cm dan 10 cm. Pengukuran resistansi elektroda *spiral* persegi panjang model 2 dengan menggunakan arang tempurung kelapa basah dilakukan pada lahan seluas 190 cm x 60 cm dengan kedalaman 105 cm, seperti terlihat pada Gambar 4.11. Hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Hasil pengukuran resistansi pentanahan elektroda model 2 menggunakan arang tempurung kelapa basah dengan variasi kedalaman penanaman elektroda

Kedalaman penanaman elektroda (cm)	Tahanan Pentanahan (ohm)
20	22
40	18,9
60	17,7
80	16,1
100	13,5

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.12, maka dapat dibuat grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda *spiral* persegi panjang model 2 terhadap resistansi pentanahan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17. Grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda terhadap resistansi pentanahan elektroda model 2 menggunakan arang tempurung kelapa basah

Dari hasil pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pentanahan yang paling besar terletak pada kedalaman penanaman elektroda 20 cm sebesar 22 ohm, sedangkan nilai resistansi pentanahan yang paling kecil terletak pada kedalaman penanaman elektroda 100 cm sebesar 13,5 ohm. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pentanahan dari kedalaman penanaman elektroda 20 cm menjadi kedalaman penanaman elektroda 100 cm adalah 38,64%. Berdasarkan Gambar 4.16, *trend* untuk tahanan pentanahan (R) terhadap kedalaman elektroda (x) mengikuti *trend* logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,952$ yakni $R = -4,84\ln(x) + 36,75$.

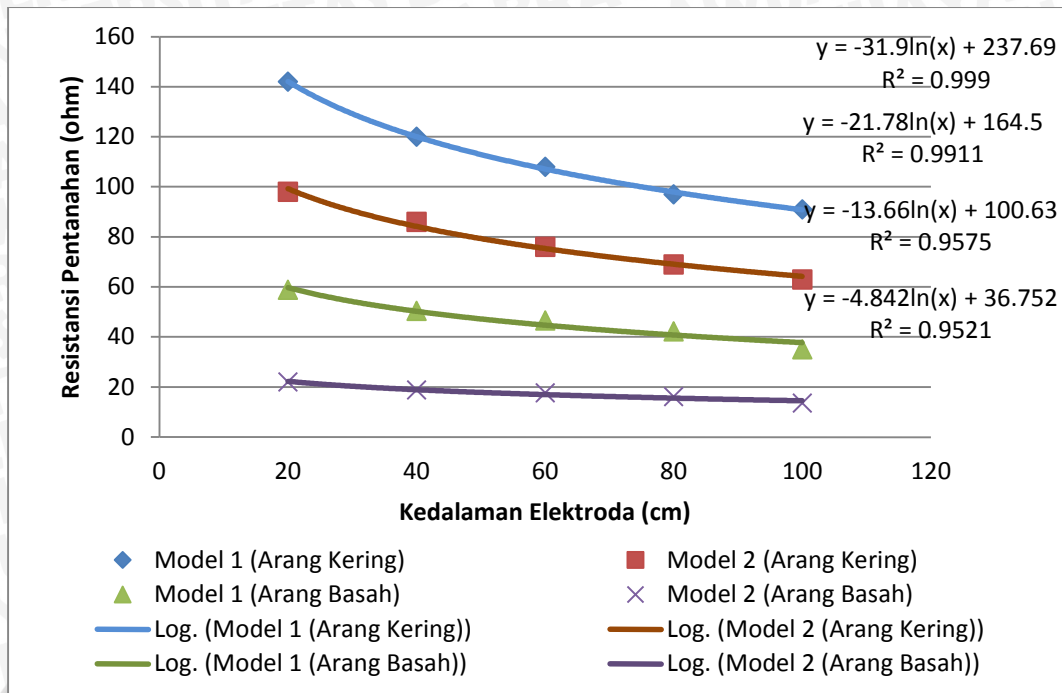
4.6.5. Karakteristik resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dan 2 menggunakan arang tempurung kelapa kering dan basah dengan variasi kedalaman penanaman elektroda

Pembahasan ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik nilai-nilai resistansi pentanahan menggunakan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dan 2 dengan variasi kedalaman penanaman elektroda dari 20 cm sampai 100 cm. Hasil pengukuran dengan berbagai variasi kedalaman penanaman elektroda akan diketahui karakteristiknya ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Hasil pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dan 2 menggunakan arang tempurung kelapa kering dan basah dengan variasi kedalaman penanaman elektroda

Kedalaman penanaman elektroda (cm)	Resistansi Pentanahan Elektroda <i>Spiral</i> Persegi Panjang			
	Arang Tempurung Kelapa Kering		Arang Tempurung Kelapa Basah	
	Model 1 (ohm)	Model 2 (ohm)	Model 1 (ohm)	Model 2 (ohm)
20	142	98	58,8	22
40	120	86	50,4	18,9
60	108	76	46,6	17,7
80	97	69	42,2	16,1
100	91	63	35,1	13,5

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.13, maka dapat dibuat grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda terhadap resistansi pentanahan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18. Grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda terhadap resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dan 2

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Gambar 4.18, maka terlihat bahwa kedalaman penanaman elektroda dapat menurunkan nilai resistansi pentanahan untuk semua variasi model elektroda. Dari hasil pengukuran ini pada kedalaman penanaman elektroda 20 cm menggunakan arang tempurung kelapa kering didapatkan nilai resistansi pentanahan sebesar 142 ohm untuk model 1 elektroda *spiral* persegi panjang yang merupakan nilai resistansi pentanahan paling tinggi. Pada kedalaman penanaman elektroda 100 cm didapatkan nilai resistansi pentanahan sebesar 13,5 ohm untuk variasi model 2 elektroda *spiral* persegi panjang menggunakan arang tempurung kelapa basah yang merupakan nilai resistansi pentanahan paling rendah.

Dari Tabel 4.18 dapat dilihat apabila kedalaman penanaman elektroda 20 cm pada semua variasi model elektroda *spiral* persegi panjang dijadikan acuan maka dapat dibuat tabel penurunan nilai resistansi pentanahan pada semua kedalaman penanaman elektroda dengan perhitungan sebagai berikut:

Untuk model 1 elektroda *spiral* persegi panjang penurunan resistansi pentanahannya,

$$\Delta R_{\text{arang kering}} (\text{ohm}) = R_{20} - R_{40}$$

$$\Delta R_{\text{arang kering}} (\text{ohm}) = 142 - 120$$

$$\Delta R_{\text{arang kering}} (\text{ohm}) = 22 \Omega$$

Sehingga,

$$\Delta R_{\text{arang kering}} (\%) = \frac{R_{20} - R_{40}}{R_{20}} \times 100\%$$

$$\Delta R_{\text{arang kering}} (\%) = \frac{142 - 120}{142} \times 100\%$$

$$\Delta R_{\text{arang kering}} (\%) = 15,49 \%$$

Dengan cara yang sama $\Delta R(\Omega)$ dan $\Delta R(\%)$ untuk semua model elektroda *spiral* persegi panjang pada setiap perubahan kedalaman penanaman elektroda dapat dihitung seperti Tabel 4.14.

Tabel 4.14. Penurunan nilai resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang model 1 dan 2 dengan variasi kedalaman penanaman elektroda

Kedalaman Elektroda (cm)	Penurunan Nilai Resistansi Pentanahan							
	Arang Tempurung Kelapa Kering				Arang Tempurung Kelapa Basah			
	Model 1		Model 2		Model 1		Model 2	
	ΔR (ohm)	ΔR (%)	ΔR (ohm)	ΔR (%)	ΔR (ohm)	ΔR (%)	ΔR (ohm)	ΔR (%)
Dari 20 ke 40	22	15,49	12	12,24	8,4	14,29	3,1	14,1
Dari 20 ke 60	34	23,94	22	22,45	12,2	20,75	4,3	19,55
Dari 20 ke 80	45	31,69	29	29,59	16,6	28,23	5,9	26,82
Dari 20 ke 100	51	35,92	35	35,71	23,7	40,31	8,5	38,63

Berdasarkan hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.14, terlihat bahwa semakin besar kedalaman penanaman elektroda maka semakin besar juga penurunan nilai resistansi pentanahannya. Serta dapat dilihat semakin besar lebar persegi panjang elektroda *spiral* persegi panjang untuk kedalaman penanaman elektroda yang sama maka penurunan nilai resistansi pentanahan semakin kecil, sedangkan semakin kecil lebar persegi panjang elektroda *spiral* persegi panjang maka penurunan nilai resistansi pentanahan semakin besar.

4.7 Karakteristik Resistansi Pentanahan Elektroda *Spiral* Persegi Panjang dengan variasi Lebar Persegi Panjang

Terdapat 2 model elektroda yang memiliki variasi pada besar lebar persegi panjangnya dengan panjang konduktor yang sama sebesar 5 meter. Model elektroda pertama memiliki lebar persegi panjang 20 cm dan panjang persegi panjang 60 cm,

seperti terlihat pada Gambar 3.1. Model elektroda kedua memiliki lebar persegi panjang 30 cm dan panjang persegi panjang 60 cm, seperti terlihat pada Gambar 3.2. Pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang dilakukan dengan variasi ketebalan penambahan yang berbeda-beda yaitu 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm, dan 100 cm yang ditanam pada kedalaman 100 cm.

Tabel 4.15. Hasil pengukuran resistansi pentanahan elektroda *spiral* persegi panjang dengan variasi lebar persegi panjang pada ketebalan penambahan tanah dan arang tempurung kelapa yang berbeda-beda

Elektroda	Nilai Resistansi Pentanahan pada kedalaman penanaman elektroda 100 cm (ohm)														
	Ketebalan Penambahan Tanah Lokasi					Ketebalan Penambahan Arang Tempurung Kelapa Kering					Ketebalan Penambahan Arang Tempurung Kelapa Basah				
	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm
Model 1	275	247	228	220	219	125	107	99	92	91	48,9	43,4	40,3	36,8	35,1
Model 2	222	204	187	181	180	85	75	69	64	63	16,9	15	14,1	13,7	13,5
Selisih	53	43	41	39	39	40	32	30	28	28	32	28,4	26,2	23,1	21,6

Berdasarkan hasil pengukuran resistansi pentanahan yang ditunjukkan pada Tabel 4.15, semakin besar lebar persegi panjang elektroda *spiral* persegi panjang untuk ketebalan penambahan yang sama maka nilai resistansi pentanahan semakin kecil, sedangkan semakin kecil lebar persegi panjang elektroda *spiral* persegi panjang maka nilai resistansi pentanahan semakin besar. Dari hasil pengukuran ini pada ketebalan penambahan tanah lokasi 20 cm didapatkan nilai resistansi pentanahan sebesar 275 ohm untuk model 1 elektroda *spiral* persegi panjang yang merupakan nilai resistansi pentanahan paling tinggi. Pada ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah 100 cm didapatkan nilai resistansi pentanahan sebesar 13,5 ohm untuk variasi model 2 elektroda *spiral* persegi panjang yang merupakan nilai resistansi pentanahan paling rendah.

Dari Tabel 4.14 juga dapat terlihat selisih nilai resistansi pentanahan antara model 1 dan 2 elektroda *spiral* persegi panjang sebesar 21,6 ohm untuk ketebalan penambahan arang tempurung kelapa basah 100 cm yang merupakan selisih nilai resistansi pentanahan paling rendah.

Halaman ini sengaja dikosongkan

