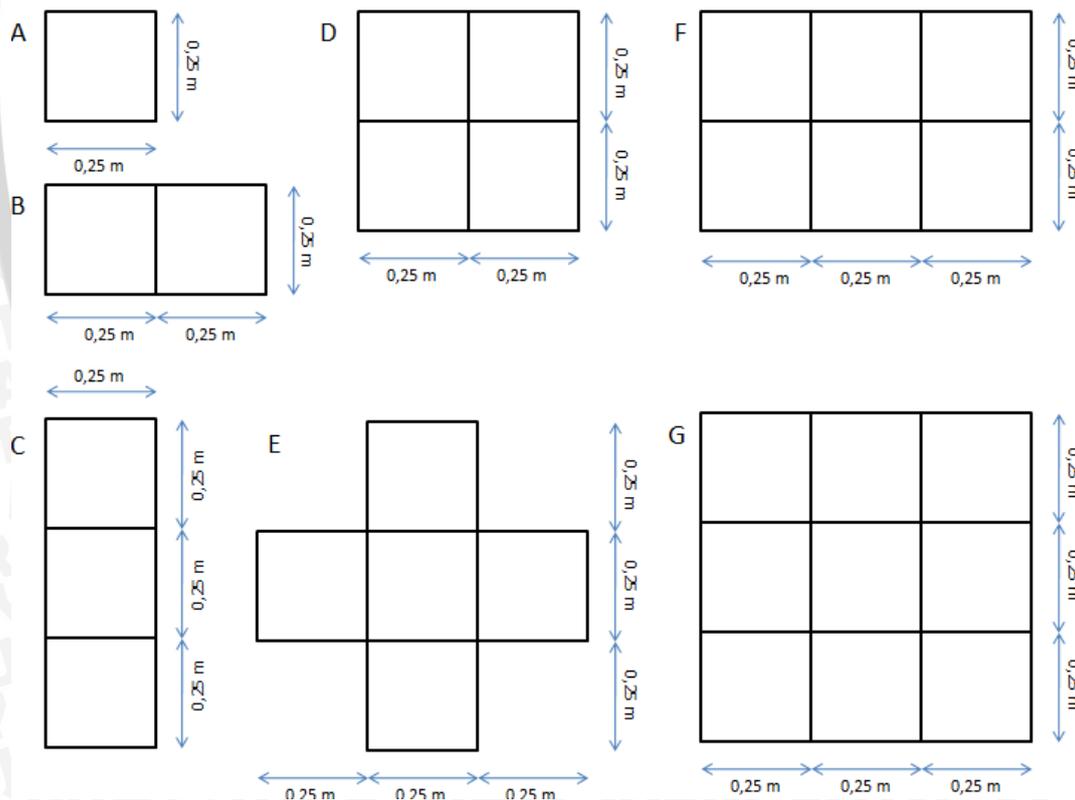


BAB IV

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. Data – data yang telah didapatkan akan digunakan untuk menentukan seberapa besar pengaruh pemvariasian jumlah *mesh* terhadap nilai resistansi pembumian pada tanah berpasir. Dalam bab ini dianalisis pengaruh variasi kedalaman penanaman *mesh*, pengaruh variasi panjang konduktor elektroda *mesh*, pengaruh variasi jumlah kisi elektroda *mesh*, dan pengaruh ketebalan pengisian tanah pada kedalaman 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian. Ada 7 model elektroda *mesh* sebagai objek penelitian seperti Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Bentuk variasi model *mesh*

Metode yang digunakan pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan variasi elektroda *mesh* adalah metode tiga titik yang rangkaiannya ditunjukkan pada Gambar 3.9. Pada pengukuran dengan menggunakan elektroda ini didapatkan nilai

resistansi pembumian yang terukur pada alat ukur “*Digital Earth Resistance Tester Model 4105 A*” pada masing – masing kedalaman dengan pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan supaya hasilnya lebih akurat.

Pengukuran dilakukan pada musim kemarau dan keadaan tanah pada saat pengukuran adalah kering. Sebagai bahan perbandingan juga diukur nilai resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda batang yang ditanam sedalam 1 m dengan diameter 15 mm, dari hasil pengukuran besar resistansi pembumian adalah 278 Ω .

4.1. Pengukuran Resistivitas Tanah

Besar nilai resistivitas tanah dihitung dengan menggunakan persamaan (2-16).

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

Dengan resistansi pembumian (R) dari hasil pengukuran sebesar 278 Ω , kedalaman (L_r) sebesar 1 m, dan diameter elektroda (d) sebesar 15 mm. Dengan demikian didapatkanlah resistivitas tanah sebesar :

$$\rho = \frac{2 \times 3,14 \times 1 \times 278}{\left(\ln \frac{8 \times 1}{0,015}\right) - 1}$$

$$\rho = \frac{1745,84}{6,279-1}$$

$$\rho = 330,705 \Omega m$$

Jadi nilai resistivitas tanah berpasir pada lokasi adalah 330.705 Ωm .

4.2. Pengukuran Pengaruh Kedalaman Penanaman Elektroda Mesh Terhadap Nilai Resistansi Pembumian

Pengukuran pengaruh kedalaman penanaman dilakukan dengan memvariasikan kedalaman penanaman yang berbeda-beda yaitu 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm, dan 100 cm terhadap model *mesh A* sampai G.

4.2.1. Pengukuran pengaruh kedalaman penanaman terhadap nilai resistansi pembumian menggunakan elektroda model *mesh A*

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh A* adalah model *mesh* dengan ukuran *mesh* 0,25 m x 0,25 m, panjang konduktor 1 m dan jumlah kisi 1 (satu) didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Pengaruh kedalaman penanaman elektroda *mesh* A terhadap nilai resistansi pembumian

Kedalaman (cm)	Nilai Resistansi Pembumian (Ω)			
	Pengukuran ke-			Rata-rata
	1	2	3	
20	1532	1531	1533	1532
40	1050	1051	1051	1050,67
60	740	740	740	740
80	450	451	449	450
100	207	208	207	207,33

dengan $x_1 = 20$;

$$y_1 = 1532 ;$$

$$\ln x_1 = \ln(20) = 2,99573 ;$$

$$\ln x_1 \cdot y_1 = \ln(20) \cdot 1532 = 4589,462 ;$$

$$\ln x_1^2 = \ln(2,99573)^2 = 8,974412 ;$$

Maka, perhitungan regresi logaritma pengaruh kedalaman penanaman elektroda *mesh* A terhadap nilai resistansi pembumian dapat dihitung seperti Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Perhitungan regresi logaritma pengaruh kedalaman penanaman elektroda *mesh* A terhadap nilai resistansi pembumian

i	x_1	y_1	$\ln x_1 \cdot y_1$	$\ln x_1$	$\ln x_1^2$	$b \cdot \ln x_1$
1	20	1532	4589,462	2,99573	8,974412	-2433,1
2	40	1050,67	3875,795	3,68888	13,60783	-2996,07
3	60	740	3029,815	4,09434	16,76366	-3325,39
4	80	450	1971,912	4,38203	19,20216	-3559,04
5	100	207,33	954,7899	4,60517	21,20759	-3740,27
Σ	300	3980	14421,77	19,7662	79,75565	-16053,9

Nilai rata-rata dari p dan q adalah

$$\bar{p} = \frac{\Sigma p}{n} = \frac{3980}{5} = 796$$

$$\bar{q} = \frac{\Sigma q}{n} = \frac{19,7662}{5} = 3,953$$

Dengan, n : jumlah data, maka nilai A dan B dapat dihitung dengan persamaan (2-36) dan (2-37) sebagai berikut :

$$B = \frac{n \Sigma q_1 \cdot p_1 - \Sigma q_1 \cdot \Sigma p_1}{n \Sigma q_1^2 - (\Sigma q_1)^2} = \frac{5 \times 14421,77 - 19,7662 \times 3980}{5 \times 79,75565 - (19,7662)^2} = -812,19$$

$$A = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n B \ln x_i \right) = \frac{1}{5} (3980 - (-16053,9)) = 4006,775$$

$$A = a \rightarrow a = 4006,775$$

$$B = b \rightarrow b = -812,19$$

sehingga persamaan kurvanya adalah

$$y = -812,19 \ln(x) + 4006,775$$

Untuk mengetahui derajat kesesuaian dari persamaan yang diperoleh, dihitung nilai koefisien korelasi dengan persamaan (2-38) sebagai berikut :

$$R = \sqrt{\frac{D_t^2 - D^2}{D_t^2}}$$

dengan,

$$g(x_1) = -812,19 \ln(x) + 4006,775$$

$$g(x_1) = -812,19 \cdot 2,99573 + 4006,775 = 1573,6707;$$

$$D_{t1}^2 = \{y_1 - \bar{y}\}^2$$

$$D_{t1}^2 = (1532 - 796)^2 = 541696$$

$$D_t^2 = \sum_{i=1}^n \{y_i - \bar{y}\}^2 = 1075937,18;$$

$$D_1^2 = \{y_1 - g(x_1)\}^2$$

$$D_1^2 = (1532 - 1573,6707)^2 = 1736,445$$

$$D^2 = \sum_{i=1}^n \{y_i - g(x_i)\}^2 = 10275,41$$

Maka, perhitungan derajat kesesuaian pengaruh kedalaman penanaman elektroda *mesh* A terhadap nilai resistansi pembumian dapat dihitung seperti Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Perhitungan derajat kesesuaian pengaruh kedalaman penanaman elektroda *mesh* A terhadap nilai resistansi pembumian

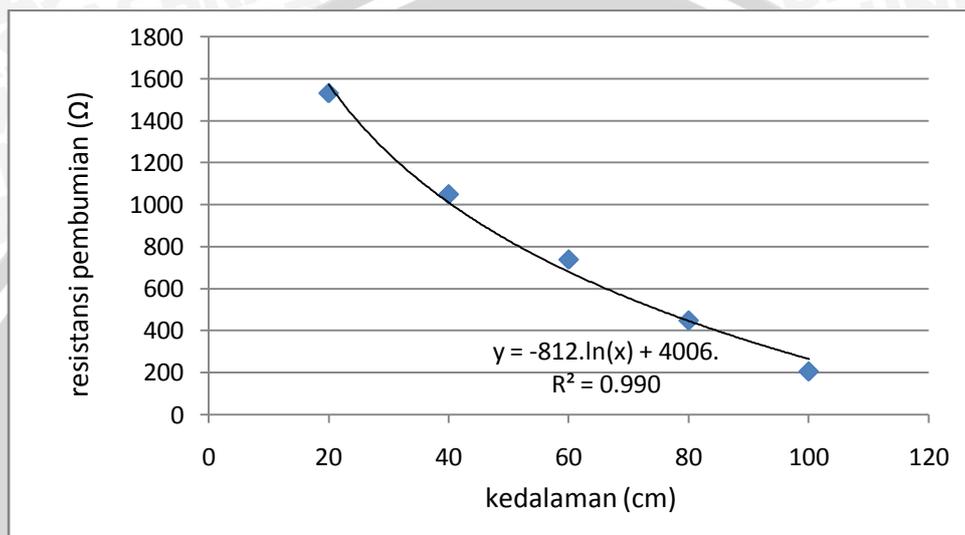
i	x_1	y_1	$g(x_1)$	D_{t1}^2	D^2
1	20	1532	1573,6707	541696	1736,445
2	40	1050,67	1010,7034	64856,8089	1597,329
3	60	740	681,38865	3136	3435,29
4	80	450	447,73612	119716	5,125134
5	100	207,33	266,50114	346532,369	3501,224
Σ	300	3980		1075937,18	10275,41

dengan derajat kesesuaian :

$$R = \sqrt{\frac{D_t^2 - D^2}{D_t^2}} = \sqrt{\frac{1075937,18 - 10275,41}{1075937,18}} = 0,9952$$

$$R^2 = 0,990$$

Dari Tabel 4.1 dapat dibuat Grafik hubungan antara kedalaman penanaman elektroda model *mesh* A terhadap nilai resistansi pembumian seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda *mesh* A terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.2 memperlihatkan bahwa semakin besar kedalaman yang digunakan pada penanaman elektroda model *mesh* A maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada kedalaman 20 cm sebesar 1532 Ω, sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada kedalaman 100 cm sebesar 207,33 Ω. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari kedalaman penanaman elektroda 20 cm sebesar 1532 Ω menjadi kedalaman penanaman elektroda 100 cm sebesar 207,33 Ω adalah 86,46 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap kedalaman penanaman elektroda (h) mengikuti trend logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,99$. Persamaan trend yang menghubungkan nilai resistansi pembumian (R) dan kedalaman penanaman (h) seperti terlihat pada Gambar 4.2 adalah

$$R = -812.\ln(h) + 4006 \quad (k^2 = 0,99)$$

$$1 = -812.\ln(h) + 4006$$

$$812 \ln(h) = 4006 - 1$$

$$\ln(h) = \frac{4006 - 1}{812}$$

$$\ln(h) = 4.932266$$

$$h = e^{4.932266}$$

$$h = 138,693 \text{ cm}$$

Jadi untuk memperoleh nilai resistansi pembumian sebesar 1Ω , maka akan dibutuhkan kedalaman penanaman elektroda *mesh* sedalam 138,693 cm pada model *mesh A*.

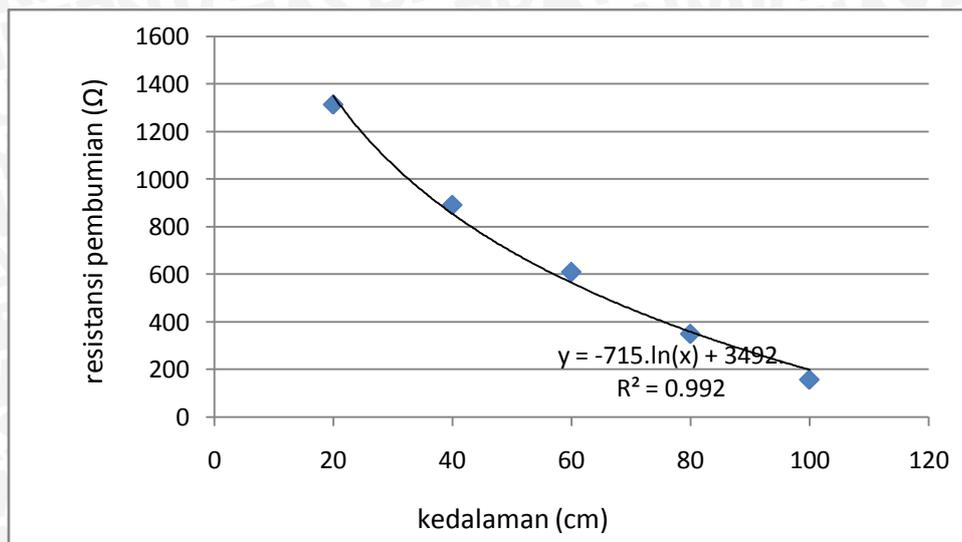
4.2.2. Pengukuran pengaruh kedalaman penanaman terhadap nilai resistansi pembumian menggunakan elektroda model *mesh B*

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh A* adalah model *mesh* dengan ukuran *mesh* 0,5 m x 0,25 m, panjang konduktor 1,75 m dan jumlah kisi 2 (dua) didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Pengaruh kedalaman penanaman elektroda *mesh B* terhadap nilai resistansi pembumian

Kedalaman (cm)	Nilai Resistansi Pembumian (Ω)			
	Pengukuran ke-			Rata-rata
	1	2	3	
20	1316	1315	1313	1314,67
40	892	893	892	892,3
60	610	611	611	610,67
80	350	350	351	350,33
100	158	157,9	157,7	157,87

Dari Tabel 4.4 dapat dibuat Grafik hubungan antara kedalaman penanaman elektroda model *mesh B* terhadap nilai resistansi pembumian seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda *mesh* B terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.3 memperlihatkan bahwa semakin besar kedalaman yang digunakan pada penanaman elektroda model *mesh* B maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada kedalaman 20 cm sebesar 1314,67 Ω, sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada kedalaman 100 cm sebesar 157,87 Ω. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari kedalaman penanaman elektroda 20 cm sebesar 1314,67 Ω menjadi kedalaman penanaman elektroda 100 cm sebesar 157,87 adalah 87,99 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap kedalaman penanaman elektroda (h) mengikuti trend logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,992$. Persamaan trend yang menghubungkan nilai resistansi pembumian (R) dan kedalaman penanaman (h) seperti terlihat pada Gambar 4.3 adalah

$$R = -715.\ln(h) + 3492 \quad (k^2 = 0,992)$$

$$1 = -715.\ln(h) + 3492$$

$$715 \ln(h) = 3492 - 1$$

$$\ln(h) = \frac{3492 - 1}{715}$$

$$\ln(h) = 4,882517$$

$$h = e^{4,882517}$$

$$h = 131,962 \text{ cm}$$

Jadi untuk memperoleh nilai resistansi pembumian sebesar 1 Ω, maka akan dibutuhkan kedalaman penanaman elektroda *mesh* sedalam 131,962 cm pada model *mesh* B.

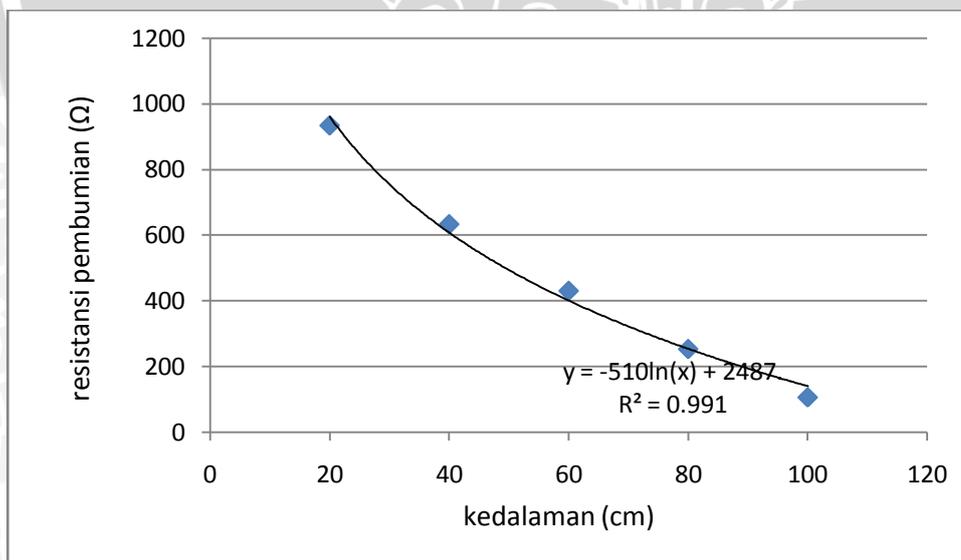
4.2.3. Pengukuran pengaruh kedalaman penanaman terhadap nilai resistansi pembumian menggunakan elektroda model *mesh* C

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh* C adalah model *mesh* dengan ukuran *mesh* 0,75 m x 0,25 m, panjang konduktor 2,5 m dan jumlah kisi 3 (tiga) didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Pengaruh kedalaman penanaman elektroda *mesh* C terhadap nilai resistansi pembumian

Kedalaman (cm)	Nilai Resistansi Pembumian (Ω)			
	Pengukuran ke-			Rata-rata
	1	2	3	
20	936	937	930	934,33
40	633	633	634	633,33
60	430	430	431	430,33
80	253	253	253	253
100	105,8	105,8	105,7	105,77

Dari Tabel 4.5 dapat dibuat Grafik hubungan antara kedalaman penanaman elektroda model *mesh* C terhadap nilai resistansi pembumian seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda *mesh* C terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.4 memperlihatkan bahwa semakin besar kedalaman yang digunakan pada penanaman elektroda model *mesh* C maka semakin rendah pula nilai

resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada kedalaman 20 cm sebesar 934,3 Ω , sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada kedalaman 100 cm sebesar 105,77 Ω . Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari kedalaman penanaman elektroda 20 cm sebesar 934,33 Ω menjadi kedalaman penanaman elektroda 100 cm sebesar 105,77 adalah 88,68 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap kedalaman penanaman elektroda (h) mengikuti trend logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,991$. Persamaan trend yang menghubungkan nilai resistansi pembumian (R) dan kedalaman penanaman (h) seperti terlihat pada Gambar 4.4 adalah

$$R = -510 \ln(h) + 2487 \quad (k^2 = 0,991)$$

$$1 = -510 \ln(h) + 2487$$

$$510 \ln(h) = 2487 - 1$$

$$\ln(h) = \frac{2487 - 1}{510}$$

$$\ln(h) = 4,87451$$

$$h = e^{4,87451}$$

$$h = 130,9095 \text{ cm}$$

Jadi untuk memperoleh nilai resistansi pembumian sebesar 1 Ω , maka akan dibutuhkan kedalaman penanaman elektroda *mesh* sedalam 130,9095 cm pada model *mesh C*.

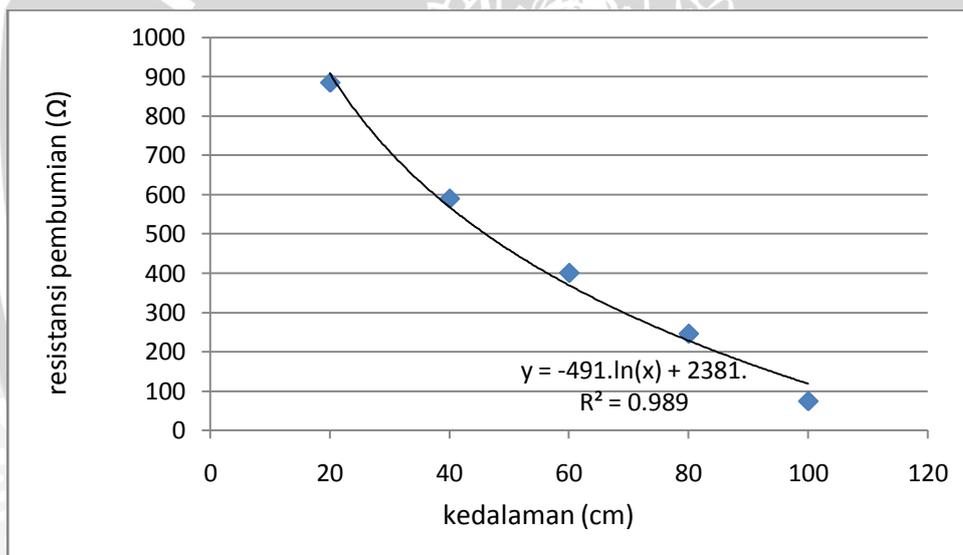
4.2.4. Pengukuran pengaruh kedalaman penanaman terhadap nilai resistansi pembumian menggunakan elektroda model *mesh D*

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh D* adalah model *mesh* dengan ukuran *mesh* 0,5 m x 0,5 m, panjang konduktor 3 m dan jumlah kisi 4 (empat) didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Pengaruh kedalaman penanaman elektroda *mesh* D terhadap nilai resistansi pembumian

Kedalaman (cm)	Nilai Resistansi Pembumian (Ω)			
	Pengukuran ke-			Rata-rata
	1	2	3	
20	884	885	886	885
40	590	589	589	589,33
60	400	400	400	400
80	245	245	245	245
100	73	73	73,2	73,07

Dari Tabel 4.6 dapat dibuat Grafik hubungan antara kedalaman penanaman elektroda model *mesh* D terhadap nilai resistansi pembumian seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda *mesh* D terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.5 memperlihatkan bahwa semakin besar kedalaman yang digunakan pada penanaman elektroda model *mesh* D maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada kedalaman 20 cm sebesar 885 Ω , sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada kedalaman 100 cm sebesar 73,07 Ω . Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari kedalaman penanaman elektroda 20 cm sebesar 885 Ω menjadi kedalaman penanaman elektroda 100

cm sebesar 73,07 adalah 91,74 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap kedalaman penanaman elektroda (h) mengikuti trend logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,989$. Persamaan trend yang menghubungkan nilai resistansi pembumian (R) dan kedalaman penanaman (h) seperti terlihat pada Gambar 4.5 adalah

$$R = -491 \cdot \ln(h) + 2381 \quad (k^2 = 0,989)$$

$$1 = -491 \cdot \ln(h) + 2381$$

$$491 \ln(h) = 2381 - 1$$

$$\ln(h) = \frac{2321-1}{491}$$

$$\ln(h) = 4,849287$$

$$h = e^{4,849287}$$

$$h = 127,6489 \text{ cm}$$

Jadi untuk memperoleh nilai resistansi pembumian sebesar 1 Ω , maka akan dibutuhkan kedalaman penanaman elektroda *mesh* sedalam 127,6489 cm pada model *mesh* D.

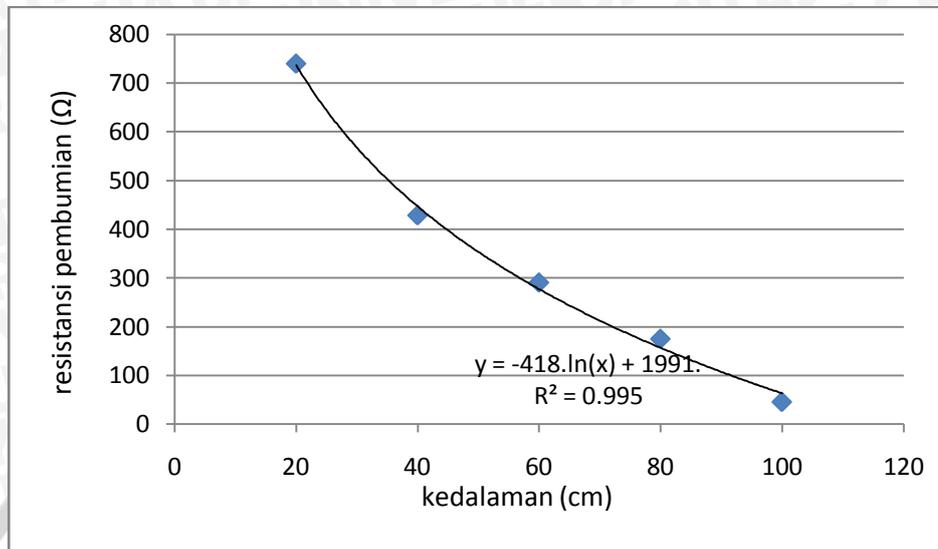
4.2.5. Pengukuran pengaruh kedalaman penanaman terhadap nilai resistansi pembumian menggunakan elektroda model *mesh* E

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh* E adalah model *mesh* dengan ukuran *mesh* (5 x (0,25 m x 0,25 m)), panjang konduktor 4 m dan jumlah kisi 5 (lima) didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Pengaruh kedalaman penanaman elektroda *mesh* E terhadap nilai resistansi pembumian

Kedalaman (cm)	Nilai Resistansi Pembumian (Ω)			
	Pengukuran ke-			Rata-rata
	1	2	3	
20	741	740	740	740,33
40	429	430	427	428,67
60	290	290	292	290,67
80	175	176	174	175
100	45,4	45,5	45,5	45,47

Dari Tabel 4.7 dapat dibuat Grafik hubungan antara kedalaman penanaman elektroda model *mesh* E terhadap nilai resistansi pembumian seperti ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda *mesh* E terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.6 memperlihatkan bahwa semakin besar kedalaman yang digunakan pada penanaman elektroda model *mesh* E maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada kedalaman 20 cm sebesar 740,33 Ω, sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada kedalaman 100 cm sebesar 45,47 Ω. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari kedalaman penanaman elektroda 20 cm sebesar 740,33 Ω menjadi kedalaman penanaman elektroda 100 cm sebesar 45,47 adalah 93,85 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap kedalaman penanaman elektroda (h) mengikuti trend logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,995$. Persamaan trend yang menghubungkan nilai resistansi pembumian (R) dan kedalaman penanaman (h) seperti terlihat pada Gambar 4.6 adalah

$$R = -418.\ln(h) + 1991 \quad (k^2 = 0,995)$$

$$1 = -418.\ln(h) + 1991$$

$$418 \ln(h) = 1991 - 1$$

$$\ln(h) = \frac{1991-1}{418}$$

$$\ln(h) = 4,760766$$

$$h = e^{4,760766}$$

$$h = 116,835 \text{ cm}$$

Jadi untuk memperoleh nilai resistansi pembumian sebesar 1Ω , maka akan dibutuhkan kedalaman penanaman elektroda *mesh* sedalam 116,835 cm pada model *mesh* E.

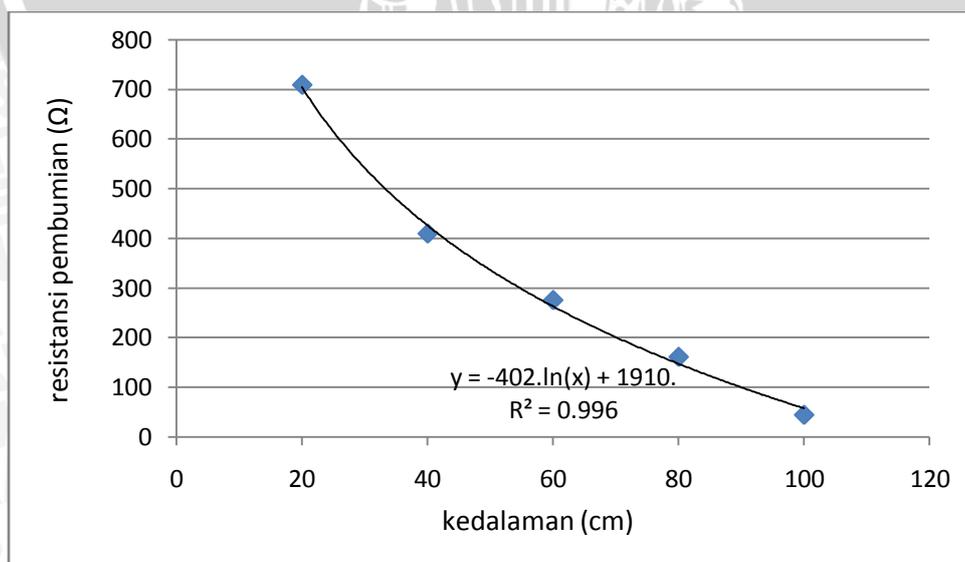
4.2.6. Pengukuran pengaruh kedalaman penanaman terhadap nilai resistansi pembumian menggunakan elektroda model *mesh* F

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh* F adalah model *mesh* dengan ukuran *mesh* 0,75 m x 0,5 m, panjang konduktor 4,25 m dan jumlah kisi 6 (enam) didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Pengaruh kedalaman penanaman elektroda *mesh* F terhadap nilai resistansi pembumian

Kedalaman (cm)	Nilai Resistansi Pembumian (Ω)			
	Pengukuran ke-			Rata-rata
	1	2	3	
20	709	708	709	708,33
40	408	410	409	409
60	275	276	274	275
80	160	162	160	160,33
100	43,9	44	43,8	43,9

Dari Tabel 4.8 dapat dibuat Grafik hubungan antara kedalaman penanaman elektroda model *mesh* F terhadap nilai resistansi pembumian seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda *mesh* F terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.7 memperlihatkan bahwa semakin besar kedalaman yang digunakan pada penanaman elektroda model *mesh* F maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada kedalaman 20 cm sebesar 708,33 Ω , sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada kedalaman 100 cm sebesar 43,9 Ω . Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari kedalaman penanaman elektroda 20 cm sebesar 708,33 Ω menjadi kedalaman penanaman elektroda 100 cm sebesar 43,9 adalah 93,8 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap kedalaman penanaman elektroda (h) mengikuti trend logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,996$. Persamaan trend yang menghubungkan nilai resistansi pembumian (R) dan kedalaman penanaman (h) seperti terlihat pada Gambar 4.7 adalah

$$R = -402 \cdot \ln(h) + 1910 \quad (k^2 = 0,996)$$

$$1 = -402 \cdot \ln(h) + 1910$$

$$402 \ln(h) = 1910 - 1$$

$$\ln(h) = \frac{1909 - 1}{402}$$

$$\ln(h) = 4,7488756$$

$$h = e^{4,7488756}$$

$$h = 115,4402 \text{ cm}$$

Jadi untuk memperoleh nilai resistansi pembumian sebesar 1 Ω , maka akan dibutuhkan kedalaman penanaman elektroda *mesh* sedalam 115,4402 cm pada model *mesh* F.

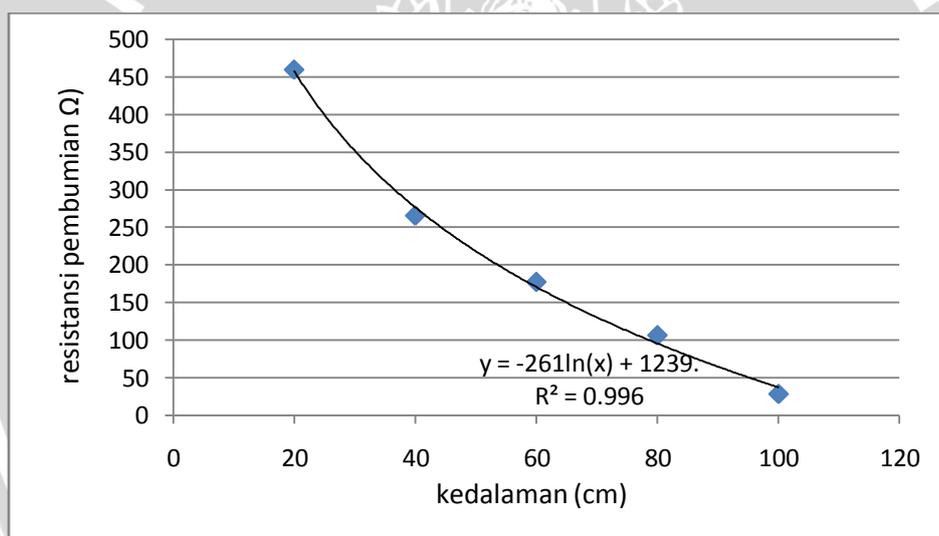
4.2.7. Pengukuran pengaruh kedalaman penanaman terhadap nilai resistansi pembumian menggunakan elektroda model *mesh* G

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh* G adalah model *mesh* dengan ukuran *mesh* 0,75 m x 0,75 m, panjang konduktor 6 m dan jumlah kisi 9 (sembilan) didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Pengaruh kedalaman penanaman elektroda *mesh* G terhadap nilai resistansi pembumian

Kedalaman (cm)	Nilai Resistansi Pembumian (Ω)			
	Pengukuran ke-			Rata-rata
	1	2	3	
20	460	461	459	460
40	265	265	267	265,67
60	177	178	177	177,33
80	106	106	107	106,33
100	28,2	28,1	28,1	28,13

Dari Tabel 4.9 dapat dibuat Grafik hubungan antara kedalaman penanaman elektroda model *mesh* G terhadap nilai resistansi pembumian seperti ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda *mesh* G terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.8 memperlihatkan bahwa semakin besar kedalaman yang digunakan pada penanaman elektroda model *mesh* G maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada kedalaman 20 cm sebesar 460 Ω , sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada kedalaman 100 cm sebesar 28,13 Ω . Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari kedalaman penanaman elektroda 20 cm sebesar 460 Ω menjadi kedalaman penanaman elektroda 100 cm sebesar 28,13 adalah 93,88 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap

kedalaman penanaman elektroda (h) mengikuti trend logaritma dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,996$. Persamaan trend yang menghubungkan nilai resistansi pembumian (R) dan kedalaman penanaman (h) seperti terlihat pada Gambar 4.8 adalah

$$R = -261\ln(h) + 1239 \quad (k^2 = 0,996)$$

$$1 = -261\ln(h) + 1239$$

$$261 \ln(h) = 1239 - 1$$

$$\ln(h) = \frac{1239-1}{261}$$

$$\ln(h) = 4,743295$$

$$h = e^{4,743295}$$

$$h = 114,8115 \text{ cm}$$

Jadi untuk memperoleh nilai resistansi pembumian sebesar 1Ω , maka akan dibutuhkan kedalaman penanaman elektroda *mesh* sedalam 114,8115 cm pada model *mesh* G.

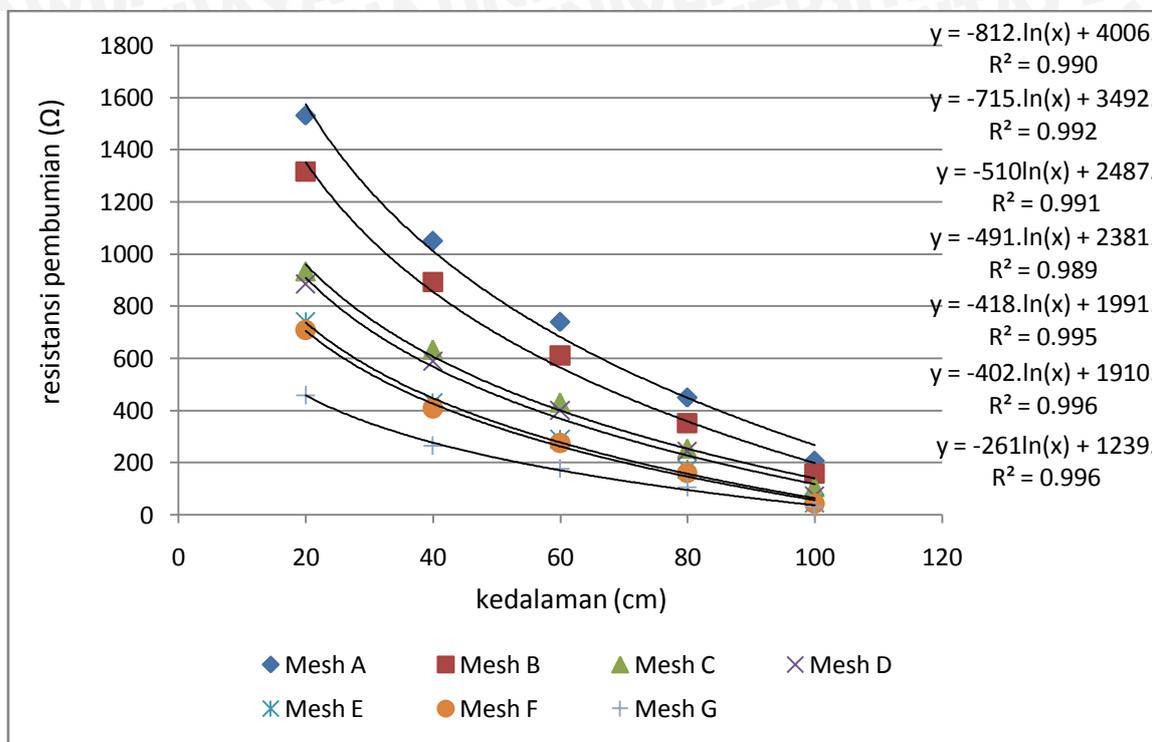
4.2.8. Karakteristik pengaruh kedalaman penanaman terhadap nilai resistansi pembumian menggunakan elektroda model *mesh* A sampai G

Pembahasan ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik nilai-nilai resistansi pembumian menggunakan elektroda *mesh* model A sampai G. dalam analisis ini melibatkan semua hasil pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda tersebut. Dan hasil pengukuran dengan berbagai variasi kedalaman penanaman yang berbeda-beda dan variasi model *mesh* elektroda dapat diketahui karakteristiknya. Pada Tabel 4.10 ditunjukkan hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan berbagai kedalaman penanaman dan variasi model *mesh*.

Tabel 4.10. Pengaruh kedalaman penanaman elektroda *mesh* terhadap nilai resistansi pembumian

Kedalaman penanaman elektroda (cm)	Resistansi Pembumian Model Elektroda (Ω)						
	A	B	C	D	E	F	G
20	1532	1314,67	934,3	885	740,3	708,3	460
40	1050,67	892,33	633,33	589,33	428,7	409	265,67
60	740	610,67	430,33	400	290,7	275	177,33
80	450	350,33	253	245	175	160,3	106,33
100	207,33	157,87	105,77	73,07	45,57	43,9	28,13

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 4.10 dapat dibentuk Grafik hubungan kedalaman penanaman elektroda *mesh* dengan resistansi pembumian untuk semua variasi kedalaman penanaman dan ukuran elektroda *mesh* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Grafik hubungan variasi kedalaman penanaman elektroda *mesh* A sampai G terhadap nilai resistansi pembumian

Berdasarkan Grafik pada Gambar 4.9 dapat diamati bahwa kedalaman penanaman elektroda mempengaruhi besarnya nilai resistansi pembumian. Semakin dalam penanaman elektroda yang ditanam maka nilai resistansi pembumian akan semakin kecil juga. Hal ini seperti terlihat pada Grafik hubungan antara kedalaman penanaman elektroda dengan nilai resistansi pembumian dengan karakteristik berbentuk kurva parabola dengan pendekatan logaritma dimana dapat diketahui bahwa nilai resistansi pembumian untuk semua variasi kedalaman penanaman elektroda *mesh* dengan variasi model *mesh*. Untuk nilai resistansi tertinggi diperoleh dari kedalaman penanaman sedalam 20 cm pada elektroda model *mesh* A dengan nilai resistansi pembumian sebesar 1532 Ω. Sedangkan untuk nilai resistansi pembumian yang paling rendah diperoleh dari dengan kedalaman penanaman sedalam 100 cm pada elektroda model *mesh* G yakni sebesar 28,13 Ω.

Dari Tabel 4.10 dapat dilihat apabila kedalaman penanaman 20 cm pada semua variasi elektroda *mesh* dijadikan acuan maka dapat dibuat tabel penurunan nilai resistansi

pembumian pada semua kedalaman penanaman elektroda dengan perhitungan sebagai berikut.

Untuk model *mesh* A penurunan resistansi pbumiannya,

$$\Delta R(\Omega) = R_{20} - R_{40}$$

$$\Delta R(\Omega) = 1532 - 1050,67$$

$$\Delta R(\Omega) = 481,33\Omega$$

Sehingga,

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

$$\Delta R(\%) = \frac{1532 - 1050,67}{1532} \times 100\%$$

$$\Delta R(\%) = 31,42\%$$

Dengan cara yang sama $\Delta R(\Omega)$ dan $\Delta R(\%)$ untuk model *mesh* B sampai G pada setiap perubahan kedalaman dapat dihitung seperti Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Penurunan nilai resistansi pbumian pada setiap kedalaman terhadap nilai resistansi pbumian

Kedalaman penanaman elektroda (cm)	Penurunan Nilai Resistansi Pbumian ΔR													
	A		B		C		D		E		F		G	
	Ω	%	Ω	%	Ω	%	Ω	%	Ω	%	Ω	%	Ω	%
Dari 20 ke 40	481,33	31,42	422,33	32,12	301	32,22	295,67	33,41	311,67	42,09	299,33	42,25	194,33	42,25
Dari 20 ke 60	792	51,69	704	53,55	504	53,94	485	54,80	449,67	60,74	433,33	61,18	282,67	61,45
Dari 20 ke 80	1082	70,63	964,33	73,52	681,33	72,92	640	72,32	565,33	76,36	547,67	77,12	353,67	76,88
Dari 20 ke 100	1324,67	86,47	1156,8	87,99	828,57	88,68	811,93	91,74	694,87	93,86	664,43	93,80	431,87	93,88

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4.11 dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya kedalaman maka semakin besar pula penurunan nilai resistansi pbumiannya.

4.3. Pengukuran Pengaruh Panjang Konduktor Elektroda dan Jumlah Kisi *Mesh* Terhadap Nilai Resistansi Pbumian

Pengukuran pengaruh panjang konduktor elektroda dan jumlah *mesh* dilakukan dengan memvariasikan panjang konduktor *mesh* dan jumlah kisinya pada kedalaman penanaman yang berbeda-beda juga yaitu *mesh* A = 100 cm dengan jumlah kisi *mesh* = 1 (satu), B = 175 cm dengan jumlah kisi *mesh* = 2 (dua), C = 250 cm dengan jumlah kisi

$mesh = 3$ (tiga), $D = 300$ cm dengan jumlah kisi $mesh = 4$ (empat), $E = 400$ cm dengan jumlah kisi $mesh = 5$ (lima), $F = 425$ cm dengan jumlah kisi $mesh = 6$ (enam), dan $G = 600$ cm dengan jumlah kisi $mesh = 9$ (sembilan). pada kedalaman 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm, dan 100 cm.

4.3.1. Pengukuran pengaruh panjang konduktor dan jumlah kisi elektroda *mesh* terhadap nilai resistansi pembumian pada kedalaman penanaman 20 cm

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh* A sampai G pada kedalaman penanaman elektroda *mesh* 20 cm didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Hasil pengukuran pengaruh panjang konduktor dan jumlah kisi elektroda *mesh* terhadap nilai resistansi pembumian pada kedalaman penanaman elektroda *mesh* 20 cm

Model <i>mesh</i>	Jumlah Kisi	Panjang Konduktor Elektroda <i>Mesh</i> (cm)	Nilai Resistansi Pembumian (Ω)
A	1	100	1532
B	2	175	1314,67
C	3	250	934,33
D	4	300	885
E	5	400	740,33
F	6	425	708,33
G	9	600	460

dengan $x_1 = 100$;

$$y_1 = 1532 ;$$

$$q_1 = x_1 = 100 ;$$

$$p_1 = \ln y = \ln(1532) = 733,4329 ;$$

$$q_1^2 = 10000$$

Maka, perhitungan regresi eksponensial pengaruh panjang konduktor terhadap nilai resistansi pembumian pada kedalaman penanaman elektroda *mesh* 20 cm dapat dihitung seperti Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Perhitungan regresi eksponensial pengaruh panjang konduktor terhadap nilai resistansi pembumian pada kedalaman penanaman elektroda *mesh* 20 cm

i	x_1	y_1	$q_1 = x_1$	$p_1 = \ln y$	$q_1 \cdot p_1$	q_1^2
1	100	1532	100	7,334329	733,4329	10000
2	175	1314,67	175	7,181341	1256,735	30625
3	250	934,33	250	6,83983	1709,957	62500
4	300	885	300	6,785588	2035,676	90000
5	400	740,33	400	6,607096	2642,838	160000
6	425	708,33	425	6,56291	2789,237	180625
7	600	460	600	6,131226	3678,736	360000
Σ	2250	6574,66	2250	47,44232	14846,61	893750

Nilai rata-rata dari y , p , dan q adalah

$$\bar{y} = \frac{\Sigma y}{n} = \frac{6574,66}{7} = 939,237$$

$$\bar{p} = \frac{\Sigma p}{n} = \frac{47,44232}{7} = 6,7775$$

$$\bar{q} = \frac{\Sigma q}{n} = \frac{2250}{7} = 321,4286$$

Dengan, n : jumlah data, maka nilai A dan B dapat dihitung dengan persamaan (2-28) dan (2-29) sebagai berikut :

$$B = \frac{n \Sigma q_1 \cdot p_1 - \Sigma q_1 \cdot \Sigma p_1}{n \Sigma q_1^2 - (\Sigma q_1)^2} = \frac{7 \times 14846,61 - 2250 \times 47,44232}{7 \times 893750 - (2250)^2} = -0,00236$$

$$A = \bar{p} - B \cdot \bar{q} = 6,7775 - ((-0,00236) \times 321,4286) = 7,5365$$

$$A = \ln a \rightarrow a = 1875,253$$

$$B = b \rightarrow b = -0,00236$$

sehingga persamaan kurvanya adalah

$$y = 1875,253e^{-0,002x}$$

Untuk mengetahui derajat kesesuaian dari persamaan yang diperoleh, dihitung nilai koefisien korelasi dengan persamaan (2-30) sebagai berikut :

$$R = \sqrt{\frac{D_t^2 - D^2}{D_t^2}}$$

dengan,

$$g(x_1) = 1875,253e^{-0,002x}$$

$$g(x_1) = 1875,253e^{-0,002 \cdot 100} = 1480,823 ;$$

$$Dt_1^2 = \{y_1 - \bar{y}\}^2$$

$$Dt_1^2 = (1532 - 939,237)^2 = 351367,8$$

$$D_t^2 = \sum_{i=1}^n \{y_1 - \bar{y}\}^2 = 817833,78 ;$$

$$D_1^2 = \{y_1 - g(x_1)\}^2$$

$$D_1^2 = (1532 - 1480,823)^2 = 2619,107$$

$$D^2 = \sum_{i=1}^n \{y_1 - g(x_1)\}^2 = 21174,1$$

Maka, perhitungan derajat kesesuaian pengaruh panjang konduktor terhadap nilai resistansi pembumian pada kedalaman penanaman elektroda *mesh* 20 cm dapat dihitung seperti Tabel 4.14.

Tabel 4.14. Perhitungan derajat kesesuaian pengaruh panjang konduktor terhadap nilai resistansi pembumian pada kedalaman penanaman elektroda *mesh* 20 cm

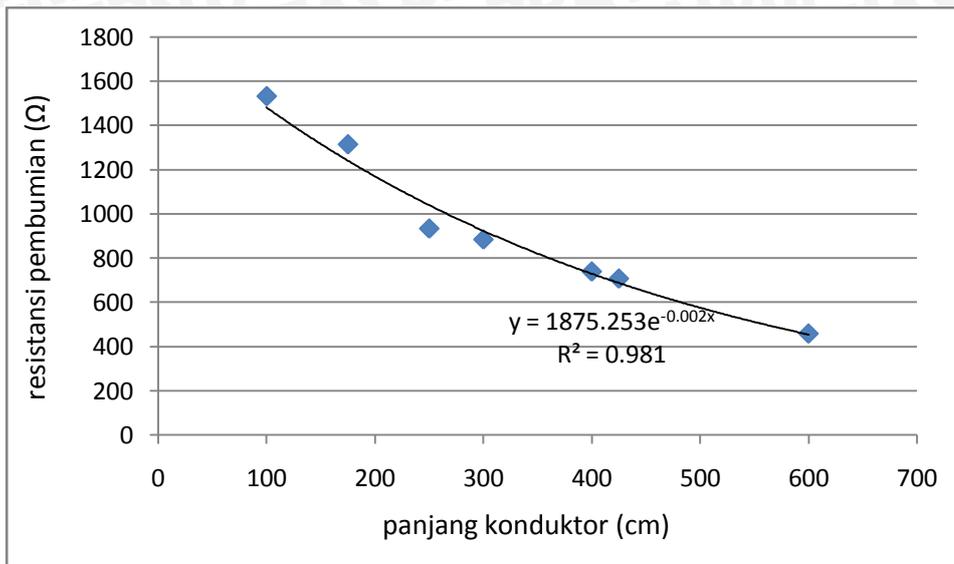
i	x_1	y_1	$g(x_1)$	Dt^2	D^2
1	100	1532	1480,823	351367,8	2619,107
2	175	1314,67	1240,472	140949,83	5505,296
3	250	934,33	1039,133	24,080051	10983,63
4	300	885	923,4082	2941,6677	1475,189
5	400	740,33	729,1872	39564,051	124,1618
6	425	708,33	687,3855	53318,109	438,6719
7	600	460	454,7049	229668,24	28,03762
Σ	2250	6574,66		817833,78	21174,1

dengan derajat kesesuaian :

$$R = \sqrt{\frac{D_t^2 - D^2}{D_t^2}} = \sqrt{\frac{817833,78 - 21174,1}{817833,78}} = 0,98697$$

$$R^2 = 0,981$$

Dari Tabel 4.12 dapat dibuat Grafik hubungan antara panjang konduktor dan jumlah kisi *mesh* pada kedalaman penanaman 20 cm terhadap nilai resistansi pembumian seperti ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Grafik hubungan panjang konduktor dan jumlah kisi pada kedalaman penanaman 20 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.10 memperlihatkan bahwa semakin panjang elektroda dan semakin banyak jumlah kisi pada *mesh* pada kedalaman 20 cm maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada elektroda model *mesh* A dengan panjang konduktor 100 cm dan jumlah kisi sebanyak 1 (satu) sebesar 1532 Ω, sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada *mesh* G dengan panjang konduktor 600 cm dan jumlah kisi sebanyak 9 (sembilan) sebesar 460 Ω. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari elektroda model *mesh* A dengan panjang konduktor 100 cm dan jumlah kisi sebanyak 1 (satu) sebesar 1532 Ω menjadi G dengan panjang konduktor 600 cm dan jumlah kisi sebanyak 9 (sembilan) sebesar 460 Ω adalah 69,97 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap panjang konduktor (L) mengikuti trend eksponensial dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,981$. Persamaan trend yang menghubungkan nilai resistansi pembumian (R) dan panjang konduktor (L) seperti terlihat pada Gambar 4.10 adalah

$$R = 1875.253e^{-0.002L} \quad (k^2 = 0,981)$$

$$1 = 1875.253e^{-0.002L}$$

$$\frac{1}{1875} = e^{-0.002L}$$

$$\ln\left(\frac{1}{1875}\right) = -0,002L$$

$$-7,5365 = -0,002L$$

$$L = 3768,249 \text{ cm}$$

Jadi untuk memperoleh nilai resistansi pembumian sebesar 1 Ω , maka akan dibutuhkan panjang elektroda *mesh* sebesar 3768,249 cm pada kedalaman 20 cm.

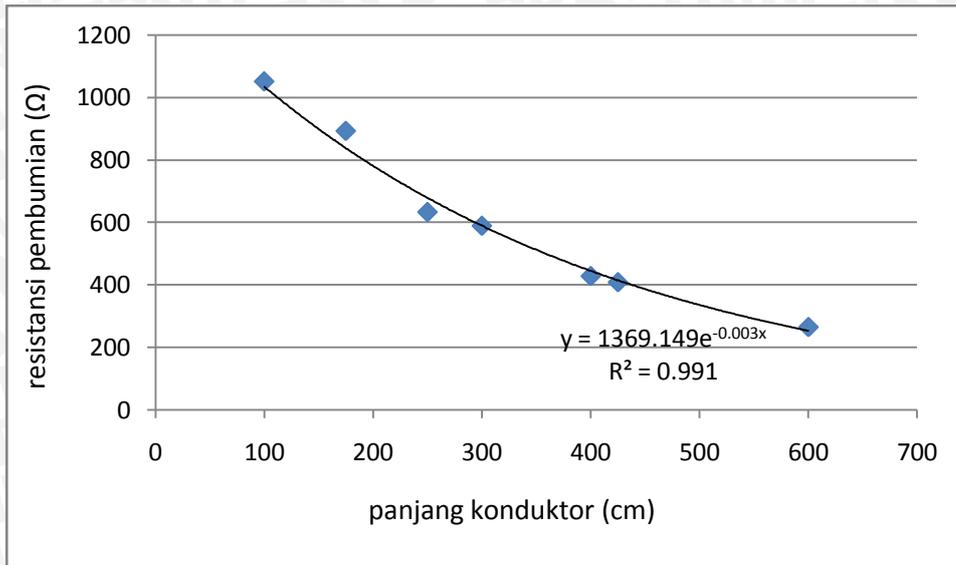
4.3.2. Pengukuran pengaruh panjang konduktor dan jumlah kisi elektroda *mesh* terhadap nilai resistansi pembumian pada kedalaman penanaman 40 cm

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh* A sampai G pada kedalaman penanaman elektroda *mesh* 40 cm didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15. Hasil pengukuran pengaruh panjang konduktor dan jumlah kisi elektroda *mesh* terhadap nilai resistansi pembumian pada kedalaman penanaman elektroda *mesh* 40 cm

Model <i>mesh</i>	Jumlah Kisi	Panjang Konduktor Elektroda <i>Mesh</i> (cm)	Nilai Resistansi Pembumian (Ω)
A	1	100	1050,67
B	2	175	892,33
C	3	250	633,33
D	4	300	589,33
E	5	400	428,67
F	6	425	409
G	9	600	265,67

Dari Tabel 4.15 dapat dibuat Grafik hubungan antara panjang konduktor dan jumlah kisi *mesh* pada kedalaman penanaman 40 cm terhadap nilai resistansi pembumian seperti ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Grafik hubungan panjang konduktor dan jumlah kisi pada kedalaman penanaman 40 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.11 memperlihatkan bahwa semakin panjang elektroda dan semakin banyak jumlah kisi pada *mesh* pada kedalaman 40 cm maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada elektroda model *mesh* A dengan panjang konduktor 100 cm dan jumlah kisi sebanyak 1 (satu) sebesar 1050,67 Ω, sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada *mesh* G dengan panjang konduktor 600 cm dan jumlah kisi sebanyak 9 (sembilan) sebesar 265,67 Ω. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari elektroda model *mesh* A dengan panjang konduktor 100 cm dan jumlah kisi sebanyak 1 (satu) sebesar 1050,67 Ω menjadi G dengan panjang konduktor 600 cm dan jumlah kisi sebanyak 9 (sembilan) sebesar 265,67 Ω adalah 74,71 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap panjang konduktor (L) mengikuti trend eksponensial dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,991$. Persamaan trend yang menghubungkan nilai resistansi pembumian (R) dan panjang konduktor (L) seperti terlihat pada Gambar 4.11 adalah

$$R = 1369.149e^{-0.003L} \quad (k^2 = 0,991)$$

$$1 = 1369.149e^{-0.003L}$$

$$\frac{1}{1369.149} = e^{-0.003L}$$

$$\ln\left(\frac{1}{1369.149}\right) = -0,003L$$

$$-7,22194 = -0,003L$$

$$L = 2407.315 \text{ cm}$$

Jadi untuk memperoleh nilai resistansi pembumian sebesar 1Ω , maka akan dibutuhkan panjang elektroda *mesh* sebesar 2407,315 cm pada kedalaman 40 cm.

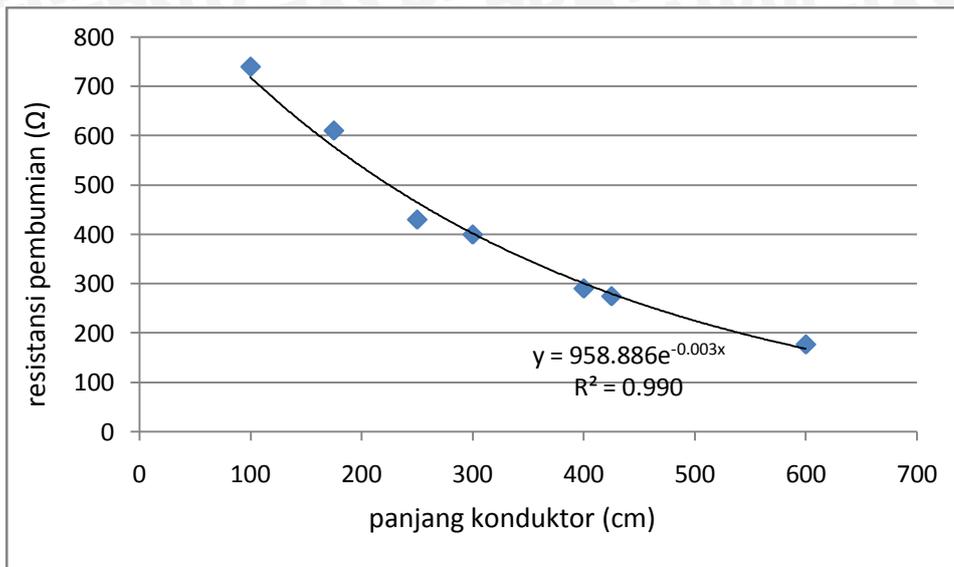
4.3.3. Pengukuran pengaruh panjang konduktor dan jumlah kisi elektroda *mesh* terhadap nilai resistansi pembumian pada kedalaman penanaman 60 cm

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh* A sampai G pada kedalaman penanaman elektroda *mesh* 60 cm didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16. Hasil pengukuran pengaruh panjang konduktor dan jumlah kisi elektroda *mesh* terhadap nilai resistansi pembumian pada kedalaman penanaman elektroda *mesh* 60 cm

Model <i>mesh</i>	Jumlah Kisi	Panjang Konduktor Elektroda <i>Mesh</i> (cm)	Nilai Resistansi Pembumian (Ω)
A	1	100	740
B	2	175	610,67
C	3	250	430,3
D	4	300	400
E	5	400	290,67
F	6	425	275
G	9	600	177,33

Dari Tabel 4.16 dapat dibuat Grafik hubungan antara panjang konduktor dan jumlah kisi *mesh* pada kedalaman penanaman 60 cm terhadap nilai resistansi pembumian seperti ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Grafik hubungan panjang konduktor dan jumlah kisi pada kedalaman penanaman 60 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.12 memperlihatkan bahwa semakin panjang elektroda dan semakin banyak jumlah kisi pada *mesh* pada kedalaman 60 cm maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada elektroda model *mesh* A dengan panjang konduktor 100 cm dan jumlah kisi sebanyak 1 (satu) sebesar 740 Ω , sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada *mesh* G dengan panjang konduktor 600 cm dan jumlah kisi sebanyak 9 (sembilan) sebesar 177,33 Ω . Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari elektroda model *mesh* A dengan panjang konduktor 100 cm dan jumlah kisi sebanyak 1 (satu) sebesar 740 Ω menjadi G dengan panjang konduktor 600 cm dan jumlah kisi sebanyak 9 (sembilan) sebesar 177,33 Ω adalah 76,03 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap panjang konduktor (L) mengikuti trend eksponensial dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,99$. Persamaan trend yang menghubungkan nilai resistansi pembumian (R) dan panjang konduktor (L) seperti terlihat pada Gambar 4.12 adalah

$$R = 958.886e^{-0.003L} \quad (k^2 = 0,99)$$

$$1 = 958.886e^{-0.003L}$$

$$\frac{1}{958.886} = e^{-0.003L}$$

$$\ln\left(\frac{1}{958.886}\right) = -0,003L$$

$$-6,86577 = -0,003L$$

$$L = 2288,591 \text{ cm}$$

Jadi untuk memperoleh nilai resistansi pembumian sebesar 1Ω , maka akan dibutuhkan panjang elektroda *mesh* sebesar 2288,591 cm pada kedalaman 60 cm.

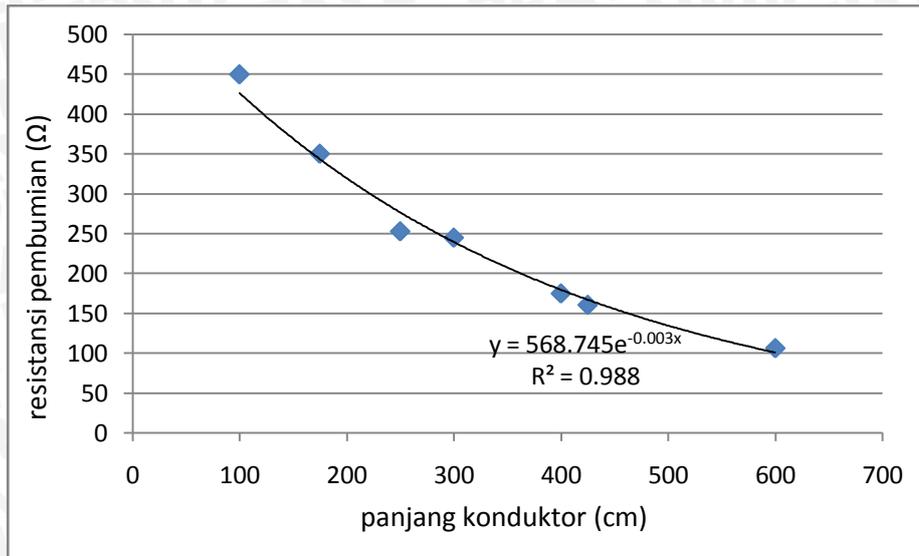
4.3.4. Pengukuran pengaruh panjang konduktor dan jumlah kisi elektroda *mesh* terhadap nilai resistansi pembumian pada kedalaman penanaman 80 cm

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh* A sampai G pada kedalaman penanaman elektroda *mesh* 80 cm didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17. Hasil pengukuran pengaruh panjang konduktor dan jumlah kisi elektroda *mesh* terhadap nilai resistansi pembumian pada kedalaman penanaman elektroda *mesh* 80 cm

Model <i>mesh</i>	Jumlah Kisi	Panjang Konduktor Elektroda <i>Mesh</i> (cm)	Nilai Resistansi Pembumian (Ω)
A	1	100	450
B	2	175	350,33
C	3	250	253
D	4	300	245
E	5	400	175
F	6	425	160,67
G	9	600	106,33

Dari Tabel 4.17 dapat dibuat Grafik hubungan antara panjang konduktor dan jumlah kisi *mesh* pada kedalaman penanaman 80 cm terhadap nilai resistansi pembumian seperti ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13. Grafik hubungan panjang konduktor dan jumlah kisi pada kedalaman penanaman 80 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.13 memperlihatkan bahwa semakin panjang elektroda dan semakin banyak jumlah kisi pada *mesh* pada kedalaman 80 cm maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada elektroda model *mesh* A dengan panjang konduktor 100 cm dan jumlah kisi sebanyak 1 (satu) sebesar 450 Ω, sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada *mesh* G dengan panjang konduktor 600 cm dan jumlah kisi sebanyak 9 (sembilan) sebesar 106,33 Ω. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari elektroda model *mesh* A dengan panjang konduktor 100 cm dan jumlah kisi sebanyak 1 (satu) sebesar 450 Ω menjadi G dengan panjang konduktor 600 cm dan jumlah kisi sebanyak 9 (sembilan) sebesar 106,33 Ω adalah 76,37 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap panjang konduktor (L) mengikuti trend eksponensial dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,988$. Persamaan trend yang menghubungkan nilai resistansi pembumian (R) dan panjang konduktor (L) seperti terlihat pada Gambar 4.13 adalah

$$R = 568.745e^{-0.003L} \quad (k^2 = 0,988)$$

$$1 = 568.745e^{-0.003L}$$

$$\frac{1}{568.745} = e^{-0.003L}$$

$$\ln\left(\frac{1}{568.745}\right) = -0,003L$$

$$-6,34343 = -0,003L$$

$$L = 2114,447 \text{ cm}$$

Jadi untuk memperoleh nilai resistansi pembumian sebesar 1Ω , maka akan dibutuhkan panjang elektroda *mesh* sebesar 2114,447 cm pada kedalaman 80 cm.

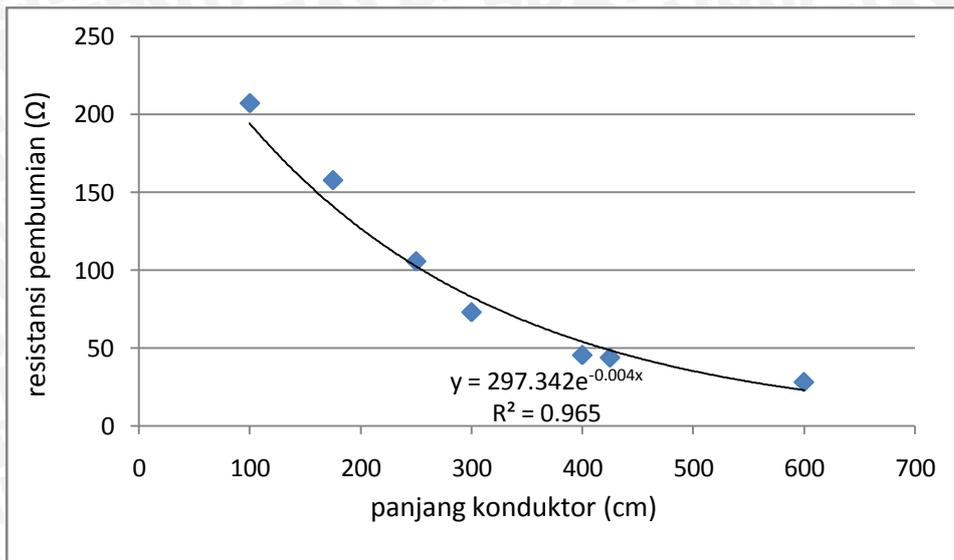
4.3.5. Pengukuran pengaruh panjang konduktor dan jumlah kisi elektroda *mesh* terhadap nilai resistansi pembumian pada kedalaman penanaman 100 cm

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh* A sampai G pada kedalaman penanaman elektroda *mesh* 100 cm didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18. Hasil pengukuran pengaruh panjang konduktor dan jumlah kisi elektroda *mesh* terhadap nilai resistansi pembumian pada kedalaman penanaman elektroda *mesh* 100 cm

Model <i>mesh</i>	Jumlah Kisi	Panjang Konduktor Elektroda <i>Mesh</i> (cm)	Nilai Resistansi Pembumian (Ω)
A	1	100	207,33
B	2	175	157,87
C	3	250	105,77
D	4	300	73,07
E	5	400	45,47
F	6	425	43,9
G	9	600	28,13

Dari Tabel 4.18. dapat dibuat Grafik hubungan antara panjang konduktor dan jumlah kisi *mesh* pada kedalaman penanaman 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian seperti ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14. Grafik hubungan panjang konduktor dan jumlah kisi pada kedalaman penanaman 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.14 memperlihatkan bahwa semakin panjang elektroda dan semakin banyak jumlah kisi pada *mesh* pada kedalaman 100 cm maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada elektroda model *mesh* A dengan panjang konduktor 100 cm dan jumlah kisi sebanyak 1 (satu) sebesar 207,33 Ω, sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada *mesh* G dengan panjang konduktor 600 cm dan jumlah kisi sebanyak 9 (sembilan) sebesar 28,13 Ω. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari elektroda model *mesh* A dengan panjang konduktor 100 cm dan jumlah kisi sebanyak 1 (satu) sebesar 207,33 Ω menjadi G dengan panjang konduktor 600 cm dan jumlah kisi sebanyak 9 (sembilan) sebesar 28,13 Ω adalah 86,43 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap panjang konduktor (L) mengikuti trend eksponensial dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,965$. Persamaan trend yang menghubungkan nilai resistansi pembumian (R) dan panjang konduktor (L) seperti terlihat pada Gambar 4.14 adalah

$$R = 297.342 e^{-0.004L} \quad (k^2 = 0,965)$$

$$1 = 297.342 e^{-0.004L}$$

$$\frac{1}{297.342} = e^{-0.004L}$$

$$\ln\left(\frac{1}{297.342}\right) = -0,004L$$

$$-6,34343 = -0,004L$$

$$L = 1423,721 \text{ cm}$$

Jadi untuk memperoleh nilai resistansi pembumian sebesar 1 Ω , maka akan dibutuhkan panjang elektroda *mesh* sebesar 1423,721 cm pada kedalaman 100 cm.

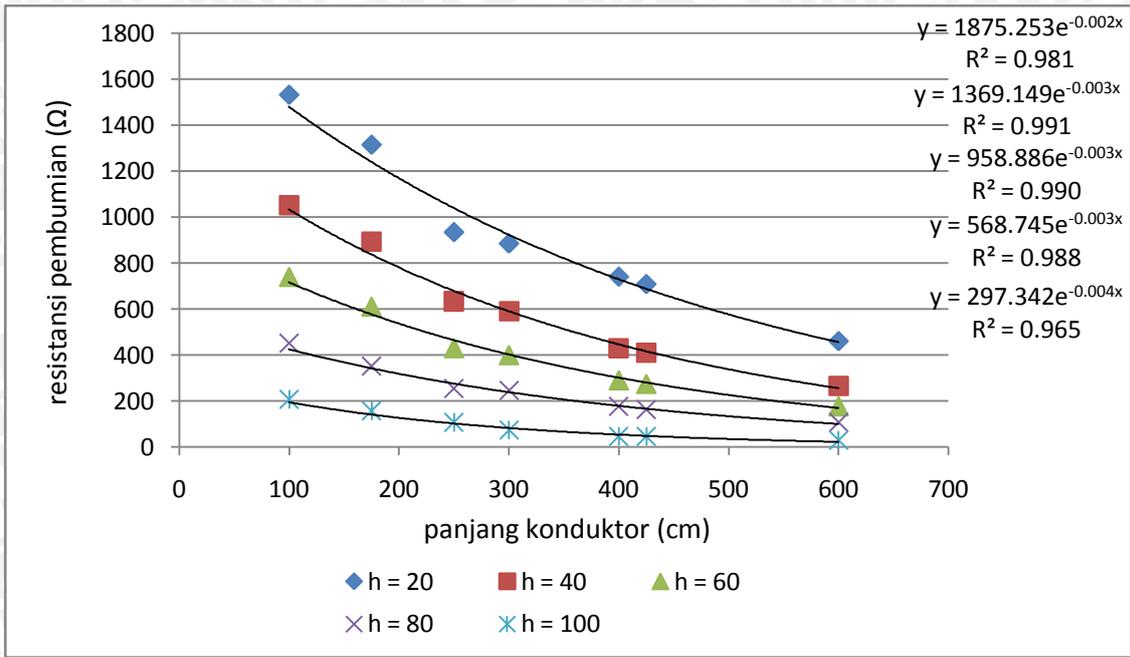
4.3.6. Karakteristik pengaruh panjang konduktor elektroda dan jumlah kisi *mesh* terhadap nilai resistansi pembumian

Pembahasan ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik nilai-nilai resistansi pembumian menggunakan elektroda *mesh* model A sampai G. Dalam analisis ini melibatkan semua hasil pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda tersebut. Dan hasil pengukuran dengan berbagai variasi model *mesh* yang berbeda-beda dan variasi kedalaman penanaman elektroda dapat diketahui karakteristiknya. Pada Tabel 4.19 ditunjukkan hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan variasi model *mesh* dan variasi kedalaman penanaman.

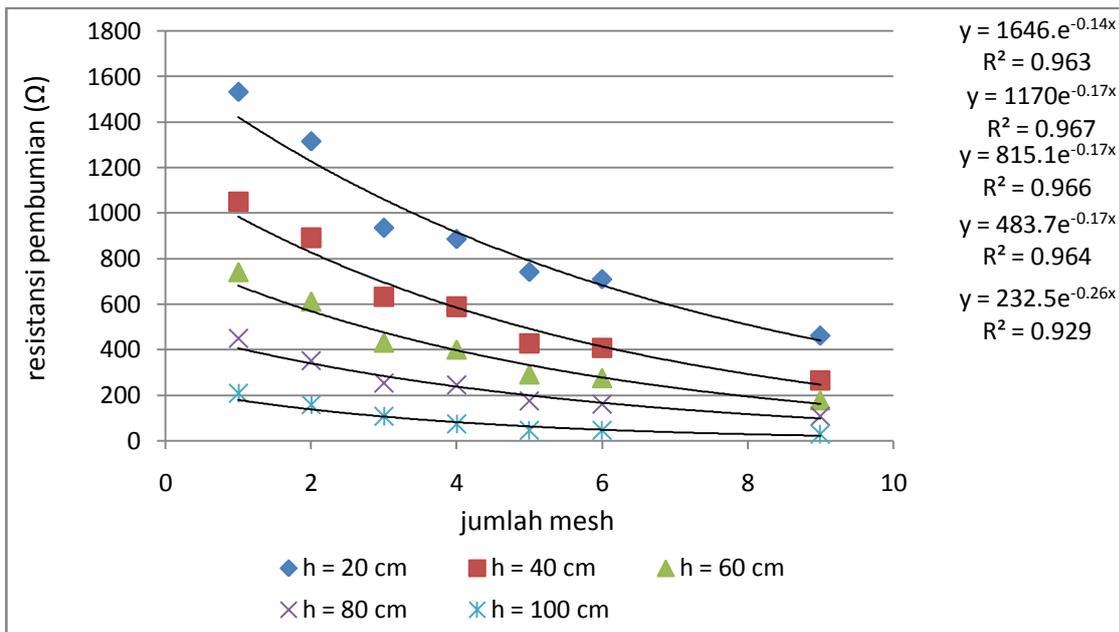
Tabel 4.19. Pengaruh panjang konduktor elektroda dan jumlah kisi *mesh* terhadap nilai resistansi pembumian

Model <i>mesh</i>	Jumlah Kisi	Panjang Konduktor Elektroda <i>Mesh</i> (cm)	Nilai Resistansi Pembumian pada kedalaman (Ω)				
			h = 20 cm	h = 40 cm	h = 60 cm	h = 80 cm	h = 100 cm
A	1	100	1532	1050,67	740	450	207,33
B	2	175	1314,67	892,33	610,67	350,33	157,87
C	3	250	934,33	633,33	430,33	253	105,77
D	4	300	885	589,33	400	245	73,07
E	5	400	740,33	428,67	290,67	175	45,47
F	6	425	708,33	409	275	160,67	43,9
G	9	600	460	265,67	177,33	105	28,13

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 4.19 dapat dibentuk Grafik hubungan panjang konduktor dan jumlah kisi *mesh* dengan resistansi pembumian untuk semua variasi ukuran dan kelalaman elektroda *mesh* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.16.



Gambar 4.15. Grafik hubungan variasi panjang elektroda *mesh* A sampai G pada kedalaman penanaman 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm, dan 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian



Gambar 4.16. Grafik hubungan variasi jumlah kisi *mesh* A sampai G pada kedalaman penanaman 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm, dan 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.16 dapat diamati bahwa panjang konduktor elektroda dan jumlah kisi *mesh* mempengaruhi besarnya nilai resistansi pembumian. Semakin panjang konduktor elektroda dan jumlah kisi *mesh* yang dipakai maka nilai resistansi pembumian akan semakin kecil juga. Hal ini seperti terlihat pada

Grafik hubungan antara panjang konduktor elektroda *mesh* dan jumlah kisi *mesh* dengan nilai resistansi pembumian dengan karakteristik berbentuk kurva parabola dengan pendekatan eksponensial dimana dapat diketahui bahwa nilai resistansi pembumian untuk semua variasi ukuran *mesh* dengan ketebalan penanaman kedalaman elektroda. Untuk nilai resistansi tertinggi diperoleh pada panjang konduktor 100 cm (satu kisi) dengan penanaman sedalam 20 cm yakni sebesar 1532 Ω . Sedangkan untuk nilai resistansi pembumian yang paling rendah diperoleh dari panjang konduktor 600 cm (sembilan kisi) dengan kedalaman sedalam 100 cm yakni sebesar 28,13 Ω .

Dari Tabel 4.19 dapat dilihat apabila kedalaman elektroda model *mesh* A dengan panjang konduktor 100 cm dan jumlah kisi 1 (satu) pada semua variasi kedalaman penanaman dijadikan acuan maka dapat dibuat tabel penurunan nilai resistansi pembumian pada semua model elektroda *mesh* dengan perhitungan sebagai berikut.

Untuk model *mesh* A penurunan resistansi pembumiannya,

$$\Delta R(\Omega) = R_{100} - R_{175}$$

$$\Delta R(\Omega) = 1532 - 1314,67$$

$$\Delta R(\Omega) = 217,33 \Omega$$

Sehingga,

$$\Delta R(\%) = \frac{R_{100} - R_{175}}{R_{100}} \times 100\%$$

$$\Delta R(\%) = \frac{1532 - 1314,67}{1532} \times 100\%$$

$$\Delta R(\%) = 14,19\%$$

Dengan cara yang sama $\Delta R(\Omega)$ dan $\Delta R(\%)$ untuk kedalaman penanaman 20 cm sampai 100 cm pada setiap perubahan model *mesh* dapat dihitung seperti Tabel 4.20.

Tabel 4.20. Penurunan nilai resistansi pembumian pada setiap model *mesh* terhadap nilai resistansi pembumian

Panjang Konduktor Elektroda <i>Mesh</i> (cm)	Jumlah Kisi	Penurunan Nilai Resistansi Pembumian ΔR									
		h = 20 cm		h = 40 cm		h = 60 cm		h = 80 cm		h = 100 cm	
		Ω	%	Ω	%	Ω	%	Ω	%	Ω	%
Dari 100 ke 175	1 ke 2	217,33	14,19	158,33	15,07	129,33	17,48	99,67	22,15	49,47	23,86
Dari 100 ke 250	1 ke 3	597,67	39,01	417,33	39,72	309,67	41,85	197	43,78	101,57	48,99
Dari 100 ke 300	1 ke 4	647	42,23	461,33	43,91	340	45,95	205	45,56	134,27	64,76
Dari 100 ke 400	1 ke 5	791,67	51,68	622	59,20	449,33	60,72	275	61,11	161,87	78,07
Dari 100 ke 425	1 ke 6	823,67	53,76	641,67	61,07	465	62,84	289,33	64,29	163,43	78,83
Dari 100 ke 600	1 ke 9	1072	69,97	785	74,71	562,67	76,04	343,67	76,37	179,2	86,43

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4.20 dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya panjang konduktor dan jumlah *mesh* maka semakin besar pula penurunan nilai resistansi pembumiannya.

4.4. Pengukuran Pengaruh Ketebalan Pengisian Tanah Pada Kedalaman Penanaman *Mesh* 100 cm Terhadap Nilai Resistansi Pembumian

Pengukuran pengaruh ketebalan pengisian tanah dilakukan dengan variasi ketebalan pengisian tanah sedikit demi sedikit dari 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm, dan 100 cm (lubang terisi penuh dengan tanah).

4.4.1. Pengukuran pengaruh ketebalan pengisian tanah *mesh* A pada kedalaman penanaman *mesh* 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh* A dengan ukuran *mesh* 0,25 m x 0,25 m pada ketebalan pengisian tanah 20 cm sampai 100 cm didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21. Pengaruh ketebalan pengisian tanah model *mesh* A pada kedalaman 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Ketebalan Pengisian Tanah (cm)	Resistansi Pembumian Model Elektroda <i>Mesh</i> (Ω)			
	Pengukuran ke-			Rata-rata
	1	2	3	
20	260	261	260	260,33
40	231	231	229	230,33
60	215	215	215	215
80	210	210	209	209,67
100	207	208	207	207,33

dengan $x_1 = 20$;

$$y_1 = 260,33 ;$$

$$q_1 = \log x = 1,30103 ;$$

$$p_1 = \log y = \log(260,33) = 2,415524 ;$$

$$q_1 \cdot p_1 = 1,30103 \times 2,415524 = 3,142669$$

$$q_1^2 = 1,69267905$$

Maka, perhitungan regresi berpangkat pengaruh ketebalan pengisian tanah model *mesh* A pada kedalaman 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian dapat dihitung seperti Tabel 4.22.

Tabel 4.22. Perhitungan regresi berpangkat pengaruh ketebalan pengisian tanah model *mesh* A pada kedalaman 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

i	x_1	y_1	$q_1 = \log x$	$p_1 = \log y$	$q_1 \cdot p_1$	q_1^2
1	20	260,33	1,30103	2,415524	3,142669	1,69267905
2	40	230,33	1,60206	2,362351	3,784627	2,566596216
3	60	215	1,778151	2,332438	4,147428	3,161821869
4	80	209,67	1,90309	2,321536	4,418092	3,621751499
5	100	207,33	2	2,316599	4,633199	4
Σ	300	1122,66	8,58433	11,74845	20,1261	15,04284863

Nilai rata-rata dari y , p , dan q adalah

$$\bar{y} = \frac{\Sigma y}{n} = \frac{1122,66}{5} = 224,532$$

$$\bar{p} = \frac{\Sigma p}{n} = \frac{11,74845}{5} = 2,3497$$

$$\bar{q} = \frac{\Sigma q}{n} = \frac{8,58433}{5} = 1,7169$$

Dengan, n : jumlah data, maka nilai A dan B dapat dihitung dengan persamaan (2-20) dan (2-21) sebagai berikut:

$$B = \frac{n \sum q_1 \cdot p_1 - \sum q_1 \cdot \sum p_1}{n \sum q_1^2 - (\sum q_1)^2} = \frac{5 \times 20,1261 - 8,58433 \times 11,74845}{5 \times 15,04284863 - (8,58433)^2} = -0,14598$$

$$A = \bar{p} - B \cdot \bar{q} = 2,3497 - ((-0,14604) \times 1,7169) = 2,600337$$

$$A = \log a \rightarrow a = 398,41582$$

$$B = b \rightarrow b = -0,14598$$

sehingga persamaan kurvanya adalah

$$y = 398,4x^{-0,14}$$

Untuk mengetahui derajat kesesuaian dari persamaan yang diperoleh, dihitung nilai koefisien korelasi dengan persamaan (2-22) sebagai berikut:

$$R = \sqrt{\frac{D_t^2 - D^2}{D_t^2}}$$

dengan,

$$g(x_1) = 398,4x^{-0,14}$$

$$g(x_1) = 398,4 \cdot 20^{-0,14} = 257,2809;$$

$$D_{t1}^2 = \{y_1 - \bar{y}\}^2$$

$$D_{t1}^2 = (260,33 - 224,532)^2 = 1281,4968$$

$$D_t^2 = \sum_{i=1}^n \{y_1 - \bar{y}\}^2 = 1922,7605;$$

$$D_1^2 = \{y_1 - g(x_1)\}^2$$

$$D_1^2 = (260,33 - 257,2809)^2 = 9,29688$$

$$D^2 = \sum_{i=1}^n \{y_1 - g(x_1)\}^2 = 46,98092$$

Maka, perhitungan derajat kesesuaian ketebalan pengisian tanah model *mesh* A pada kedalaman 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian dapat dihitung seperti Tabel 4.23.

Tabel 4.23. Perhitungan derajat kesesuaian pengaruh ketebalan pengisian tanah model *mesh* A pada kedalaman 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

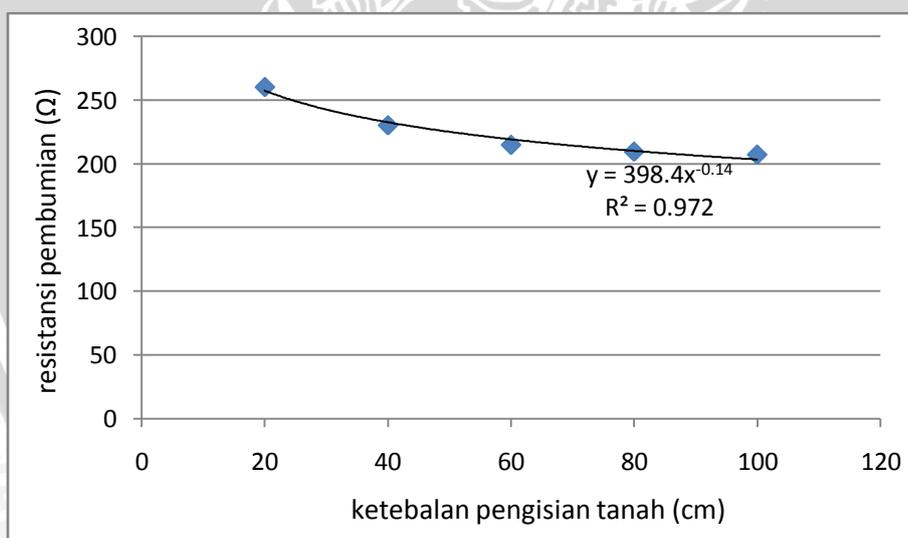
i	x_1	y_1	$g(x_1)$	D_t^2	D^2
1	20	260,33	257,2809	1281,4968	9,29688
2	40	230,33	232,521	33,616804	4,800409
3	60	215	219,1572	90,859024	17,28222
4	80	209,67	210,1439	220,87904	0,22455
5	100	207,33	203,4087	295,9088	15,37686
Σ	300	1122,66		1922,7605	46,98092

dengan derajat kesesuaian :

$$R = \sqrt{\frac{D_t^2 - D^2}{D_t^2}} = \sqrt{\frac{1922,7605 - 46,98092}{1922,7605}} = 0,9877$$

$$R^2 = 0,97$$

Dari Tabel 4.21 dapat dibuat Grafik hubungan antara ketebalan pengisian tanah terhadap nilai resistansi pembumian pada model *mesh* A seperti ditunjukkan pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17. Grafik hubungan ketebalan pengisian tanah pada model *mesh* A terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.17 memperlihatkan bahwa semakin tebal pengisian tanah pada model *mesh* A maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada ketebalan pengisian tanah 20 cm sebesar 260,33 Ω , sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada ketebalan pengisian tanah 100 cm sebesar

207,33 Ω . Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari ketebalan pengisian tanah 20 cm sebesar 260,33 Ω menjadi ketebalan pengisian tanah 100 cm sebesar 207,33 Ω adalah 20,36 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap ketebalan pengisian tanah (x) mengikuti trend power dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,972$ yakni $R = 398,4x^{-0,14}$.

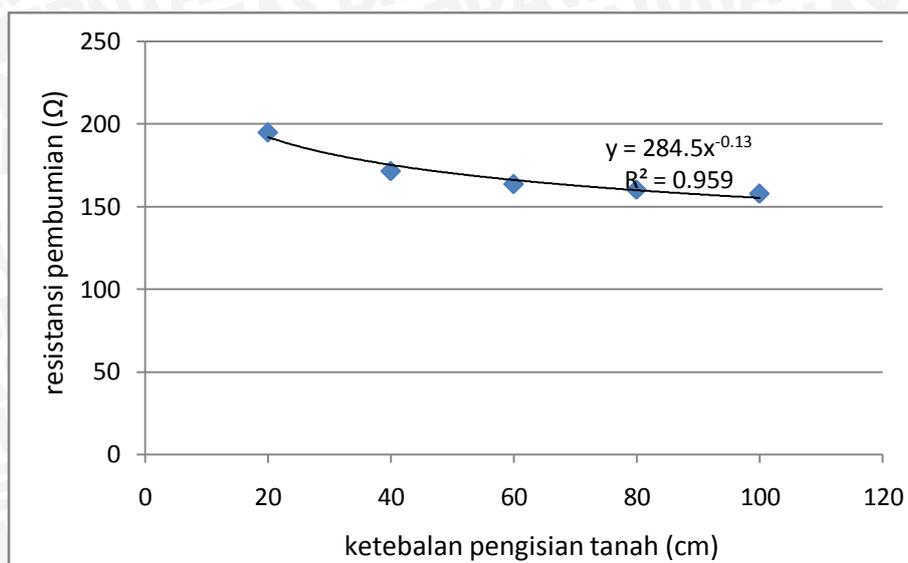
4.4.2. Pengukuran pengaruh ketebalan pengisian tanah *mesh* B pada kedalaman penanaman *mesh* 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh* B dengan ukuran *mesh* 0,5 m x 0,25 m pada ketebalan pengisian tanah 20 cm sampai 100 cm didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24. Pengaruh ketebalan pengisian tanah model *mesh* B pada kedalaman 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Ketebalan pengisian tanah (cm)	Resistansi Pembumian Model Elektroda <i>Mesh</i> (Ω)			
	Pengukuran ke-			Rata-rata
	1	2	3	
20	195,8	195,8	193,2	194,97
40	172,3	171,6	170,7	171,53
60	163,9	163,7	136,4	163,67
80	160,6	160,3	159,9	160,27
100	158	157,9	157,9	157,87

Dari Tabel 4.24. dapat dibuat Grafik hubungan antara ketebalan pengisian tanah terhadap nilai resistansi pembumian pada model *mesh* B seperti ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18. Grafik hubungan ketebalan pengisian tanah pada model mesh B terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.18 memperlihatkan bahwa semakin tebal pengisian tanah pada model mesh B maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada ketebalan pengisian tanah 20 cm sebesar 194,97 Ω , sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada ketebalan pengisian tanah 100 cm sebesar 157,87 Ω . Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari ketebalan pengisian tanah 20 cm sebesar 194,97 Ω menjadi ketebalan pengisian tanah 100 cm sebesar 157,87 Ω adalah 19,02 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap ketebalan pengisian tanah (x) mengikuti trend power dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,959$ yakni $R = 284.5x^{-0.13}$.

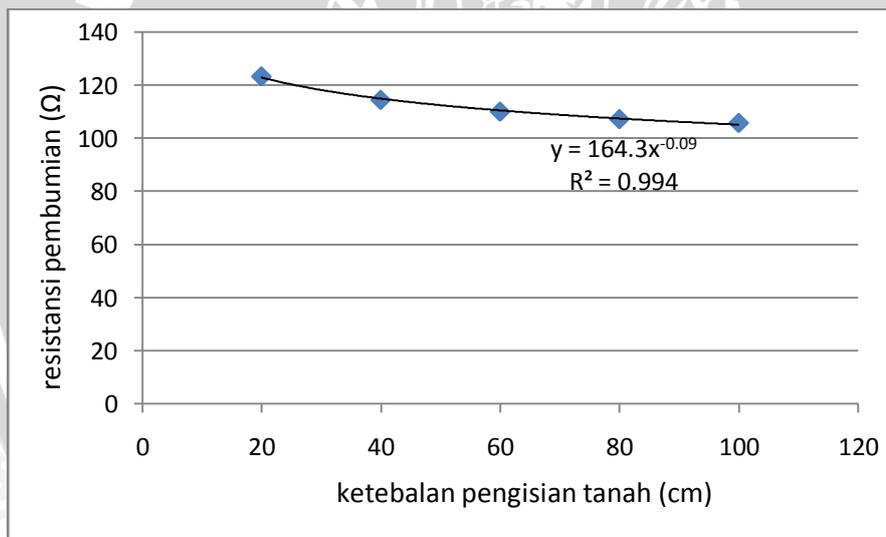
4.4.3. Pengukuran pengaruh ketebalan pengisian tanah *mesh C* pada kedalaman penanaman *mesh* 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh C* dengan ukuran *mesh* 0,75 m x 0,25 m pada ketebalan pengisian tanah 20 cm sampai 100 cm didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25. Pengaruh ketebalan pengisian tanah model *mesh* C pada kedalaman 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Ketebalan pengisian tanah (cm)	Resistansi Pembumian Model Elektroda <i>Mesh</i> (Ω)			
	Pengukuran ke-			Rata-rata
	1	2	3	
20	123,8	123,8	122,8	123,33
40	115,1	114,4	113,9	114,47
60	110,3	110,1	109,7	110,03
80	107,3	107,3	107	107,2
100	105,8	105,8	105,7	105,77

Dari Tabel 4.25 dapat dibuat Grafik hubungan antara ketebalan pengisian tanah terhadap nilai resistansi pembumian pada model *mesh* C seperti ditunjukkan pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19. Grafik hubungan ketebalan pengisian tanah pada model *mesh* C terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.19 memperlihatkan bahwa semakin tebal pengisian tanah pada model *mesh* C maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada ketebalan pengisian tanah 20 cm sebesar 123,33 Ω , sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada ketebalan pengisian tanah 100 cm sebesar 105,77 Ω . Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari ketebalan pengisian tanah 20 cm sebesar 123,33 Ω menjadi ketebalan pengisian tanah 100 cm

sebesar 105,77 Ω adalah 14,24 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap ketebalan pengisian tanah (x) mengikuti trend power dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,994$ yakni $R = 164.3x^{-0.09}$.

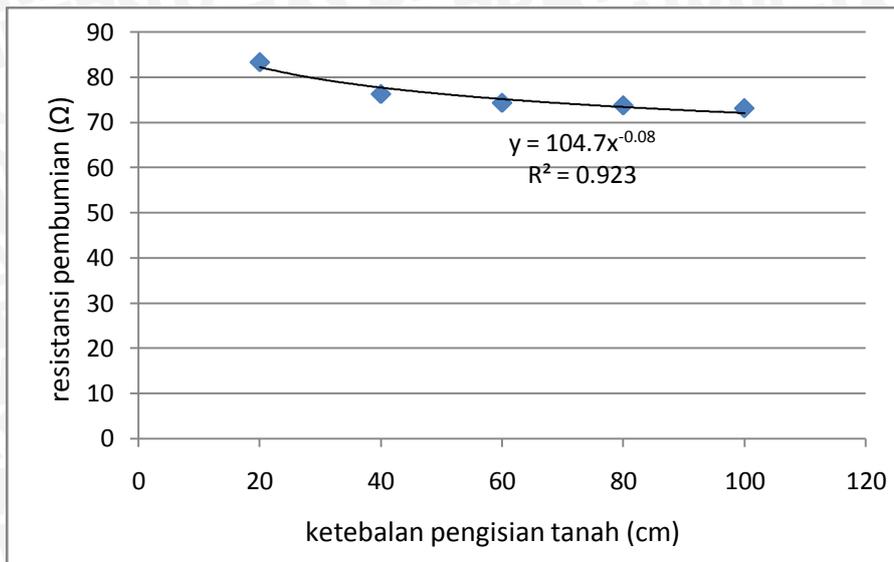
4.4.4. Pengukuran pengaruh ketebalan pengisian tanah *mesh* D pada kedalaman penanaman *mesh* 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh* D dengan ukuran *mesh* 0,5 m x 0,5 m pada ketebalan pengisian tanah 20 cm sampai 100 cm didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26. Pengaruh ketebalan pengisian tanah model *mesh* D terhadap nilai resistansi pembumian pada kedalaman 100 cm

Ketebalan pengisian tanah (cm)	Resistansi Pembumian Model Elektroda <i>Mesh</i> (Ω)			
	Pengukuran ke-			Rata-rata
	1	2	3	
20	83,4	83,3	83,3	83,33
40	76,3	76,4	76	76,23
60	74,3	74,3	74,2	74,27
80	73,6	73,7	73,8	73,7
100	73	73	73,2	73,07

Dari Tabel 4.26 dapat dibuat Grafik hubungan antara ketebalan pengisian tanah terhadap nilai resistansi pembumian pada model *mesh* D seperti ditunjukkan pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20. Grafik hubungan ketebalan pengisian tanah pada model *mesh* D terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.20 memperlihatkan bahwa semakin tebal pengisian tanah pada model *mesh* D maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada ketebalan pengisian tanah 20 cm sebesar 83,33 Ω, sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada ketebalan pengisian tanah 100 cm sebesar 73,07 Ω. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari ketebalan pengisian tanah 20 cm sebesar 83,33 Ω menjadi ketebalan pengisian tanah 100 cm sebesar 73,07 Ω adalah 12,32 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap ketebalan pengisian tanah (x) mengikuti trend power dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,994$ yakni $R = 104,7x^{-0,08}$.

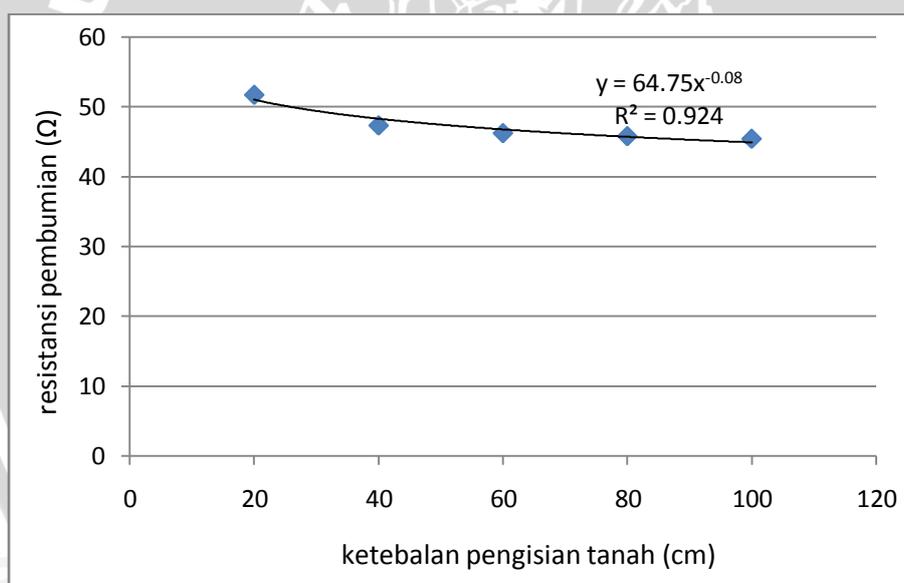
4.4.5. Pengukuran pengaruh ketebalan pengisian tanah *mesh* E pada kedalaman penanaman *mesh* 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh* E dengan ukuran *mesh* 5 x (0,25 m x 0,25 m) pada ketebalan pengisian tanah 20 cm sampai 100 cm didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27. Pengaruh ketebalan pengisian tanah model *mesh* E pada kedalaman 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Ketebalan pengisian tanah (cm)	Resistansi Pembumian Model Elektroda <i>Mesh</i> (Ω)			
	Pengukuran ke-			Rata-rata
	1	2	3	
20	51,7	51,7	51,8	51,73
40	47,1	47,3	47,7	47,37
60	46,2	46,3	46,3	46,27
80	45,9	45,7	45,9	45,83
100	45,4	45,5	45,5	45,47

Dari Tabel 4.27 dapat dibuat Grafik hubungan antara ketebalan pengisian tanah terhadap nilai resistansi pembumian pada model *mesh* E seperti ditunjukkan pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21. Grafik hubungan ketebalan pengisian tanah pada model *mesh* E terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.21 memperlihatkan bahwa semakin tebal pengisian tanah pada model *mesh* E maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada ketebalan pengisian tanah 20 cm sebesar 51,73 Ω , sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada ketebalan pengisian tanah 100 cm sebesar 45,47 Ω . Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari ketebalan pengisian

tanah 20 cm sebesar $51,73 \Omega$ menjadi ketebalan pengisian tanah 100 cm sebesar $45,47 \Omega$ adalah 12,11 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap ketebalan pengisian tanah (x) mengikuti trend power dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,924$ yakni $R = 64.75x^{-0.08}$.

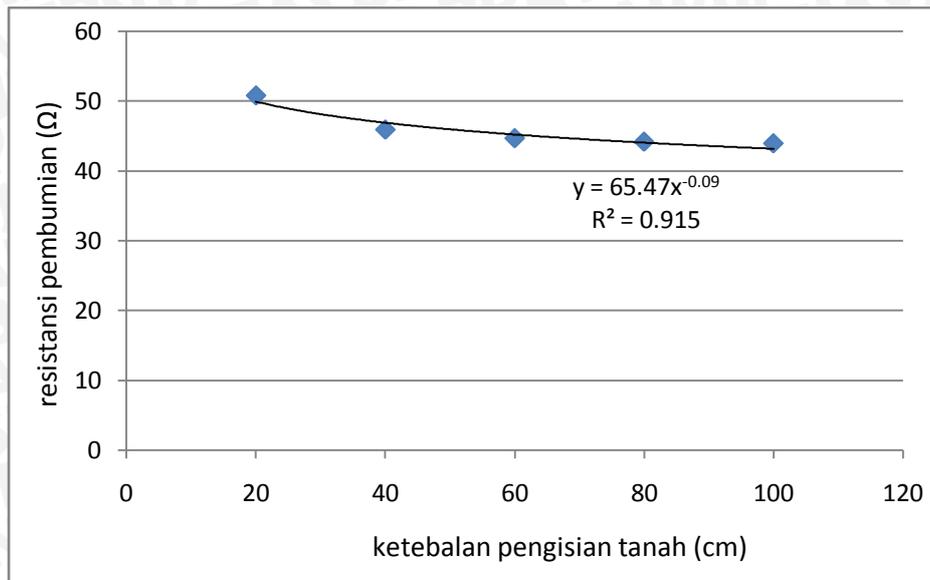
4.4.6. Pengukuran pengaruh ketebalan pengisian tanah *mesh* F pada kedalaman penanaman *mesh* 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh* F dengan ukuran *mesh* 0,75 m x 0,5 m pada ketebalan pengisian tanah 20 cm sampai 100 cm didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28. Pengaruh ketebalan pengisian tanah model *mesh* F pada kedalaman 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Ketebalan pengisian tanah (cm)	Resistansi Pembumian Model Elektroda <i>Mesh</i> (Ω)			
	Pengukuran ke-			Rata-rata
	1	2	3	
20	50,9	50,5	50,9	50,77
40	45,9	45,8	45,9	45,87
60	44,7	44,6	44,6	44,63
80	44,1	44,1	44,2	44,13
100	43,9	44	43,8	43,9

Dari Tabel 4.28 dapat dibuat Grafik hubungan antara ketebalan pengisian tanah terhadap nilai resistansi pembumian pada model *mesh* F seperti ditunjukkan pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22. Grafik hubungan ketebalan pengisian tanah pada model *mesh* F terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.22 memperlihatkan bahwa semakin tebal pengisian tanah pada model *mesh* F maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada ketebalan pengisian tanah 20 cm sebesar 50,77 Ω, sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada ketebalan pengisian tanah 100 cm sebesar 43,9 Ω. Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari ketebalan pengisian tanah 20 cm sebesar 50,77 Ω menjadi ketebalan pengisian tanah 100 cm sebesar 43,9 Ω adalah 13,53 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap ketebalan pengisian tanah (x) mengikuti trend power dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,915$ yakni $R = 65.47x^{-0.09}$

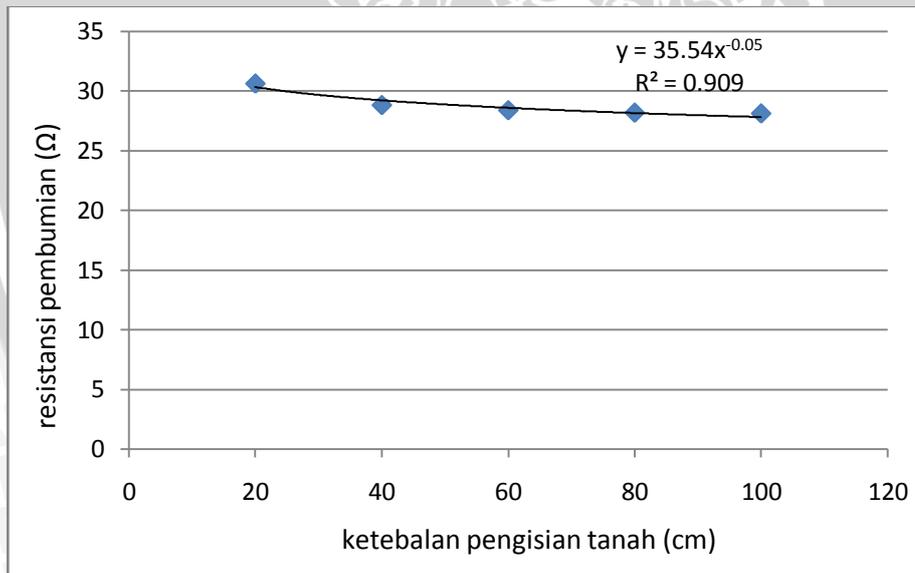
4.4.7. Pengukuran pengaruh ketebalan pengisian tanah *mesh* G pada kedalaman penanaman *mesh* 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Pada pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda model *mesh* G dengan ukuran *mesh* 0,75 m x 0,75 m pada ketebalan pengisian tanah 20 cm sampai 100 cm didapatkan hasilnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29. Pengaruh ketebalan pengisian tanah model *mesh* G pada kedalaman 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Ketebalan pengisian tanah (cm)	Resistansi Pembumian Model Elektroda <i>Mesh</i> (Ω)			
	Pengukuran ke-			Rata-rata
	1	2	3	
20	30,7	30,7	30,5	30,63
40	28,8	28,9	28,8	28,83
60	28,4	28,4	28,4	28,4
80	28,2	28,2	28,2	28,2
100	28,2	28,1	28,1	28,13

Dari Tabel 4.29 dapat dibuat Grafik hubungan antara ketebalan pengisian tanah terhadap nilai resistansi pembumian pada model *mesh* G seperti ditunjukkan pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23. Grafik hubungan ketebalan pengisian tanah pada model *mesh* G terhadap nilai resistansi pembumian

Grafik pada Gambar 4.23 memperlihatkan bahwa semakin tebal pengisian tanah pada model *mesh* G maka semakin rendah pula nilai resistansi pembumian yang terukur. Dan pada pengukuran ini didapatkan nilai resistansi pembumian yang paling besar terletak pada ketebalan pengisian tanah 20 cm sebesar 30,63 Ω , sedangkan nilai resistansi pembumian yang paling kecil terletak pada ketebalan pengisian tanah 100 cm sebesar

28,13 Ω . Dengan demikian penurunan nilai resistansi pembumian dari ketebalan pengisian tanah 20 cm sebesar 30,63 Ω menjadi ketebalan pengisian tanah 100 cm sebesar 28,13 Ω adalah 8,16 %. Trend untuk resistansi pembumian (R) terhadap ketebalan pengisian tanah (x) mengikuti trend power dengan kekuatan hubungan $k^2 = 0,909$ yakni $R = 35.54x^{-0.05}$.

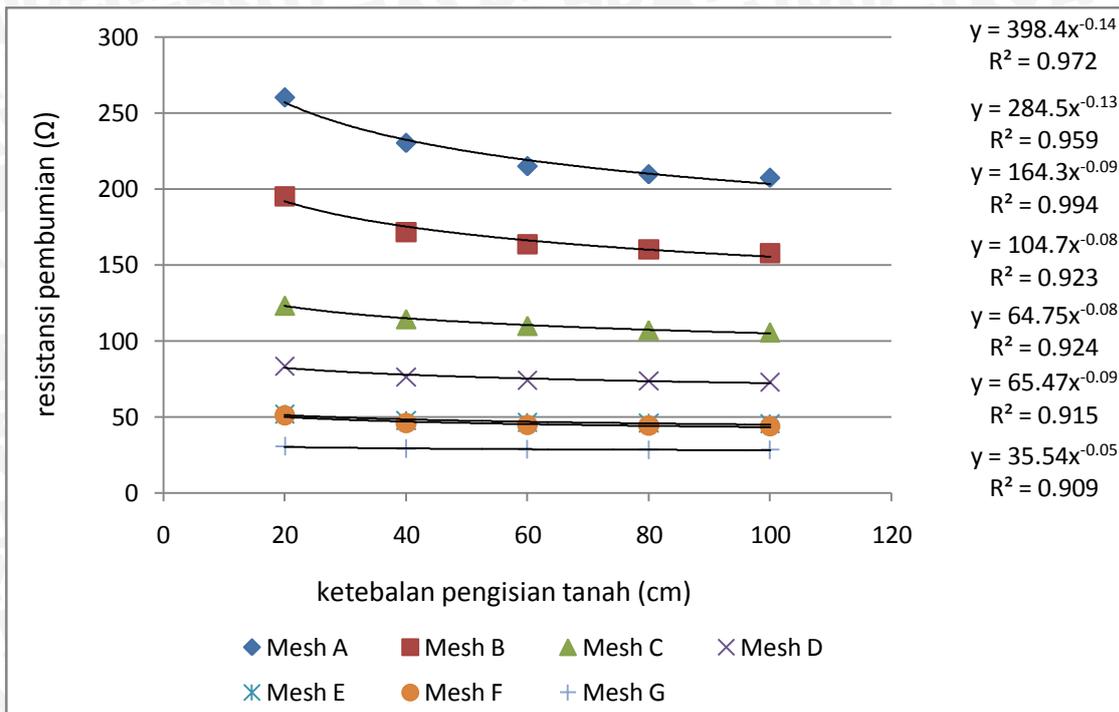
4.4.8. Karakteristik pengaruh ketebalan pengisian tanah pada kedalaman penanaman *mesh* 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Pembahasan ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik nilai-nilai resistansi pembumian menggunakan elektroda *mesh* model A sampai G dengan variasi ketebalan pengisian tanah dari 20 cm sampai 100 cm (lubang terisi penuh dengan tanah). Dalam analisis ini melibatkan semua hasil pengukuran resistansi pembumian dengan menggunakan elektroda tersebut. Dan hasil pengukuran dengan berbagai variasi ketebalan pengisian tanah dan variasi model *mesh* yang berbeda-beda akan diketahui karakteristiknya ditunjukkan pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30. Pengaruh ketebalan pengisian tanah pada kedalaman penanaman *mesh* 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian

Ketebalan pengisian tanah (cm)	Resistansi Pembumian Model Elektroda <i>Mesh</i> (Ω)						
	A	B	C	D	E	F	G
20	260,33	194,97	123,33	83,33	51,73	50,77	30,63
40	230,33	171,53	114,47	76,23	47,37	45,87	28,83
60	215	163,67	110,03	74,27	46,27	44,63	28,4
80	209,67	160,27	107,2	73,7	45,83	44,13	28,2
100	207,33	157,87	105,77	73,07	45,47	43,9	28,13

Dari Tabel 4.30 dapat dibuat Grafik hubungan antara ketebalan pengisian tanah terhadap nilai resistansi pembumian pada model *mesh* A sampai G seperti ditunjukkan pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24. Grafik hubungan ketebalan pengisian tanah pada kedalaman 100 cm terhadap nilai resistansi pembumian elektroda *mesh*

Berdasarkan Gambar 4.24 dapat diketahui bahwa nilai resistansi pembumian untuk semua variasi model akan semakin kecil seiring dengan ketebalan pengisian tanah. Dari hasil pengukuran terlihat bahwa dengan elektroda model *mesh* A dan ketebalan pengisian tanah 20 cm memiliki nilai resistansi paling tinggi dengan nilai resistansi sebesar 260,33 Ω , sedangkan nilai resistansi paling rendah pada elektroda model *mesh* G dengan ketebalan pengisian tanah 100 cm yakni sebesar 28,13 Ω .

Dari Gambar 4.24 juga dapat dilihat bahwa nilai resistansi pembumian pada semua variasi ukuran mesh mulai ketebalan pengisian tanah 60 cm sampai 100 cm tidak mengalami perubahan yang cukup besar terhadap nilai resistansi pembumiannya pada ketebalan hal ini berarti nilai resistansi pembumian mengalami titik jenuh. Dan pada ketebalan pengisian tanah itu disebut ketebalan pengisian tanah efektif. Serta dapat dilihat semakin banyak jumlah konduktor dan jumlah kisi mesh maka penurunan nilai resistansi pembumian semakin kecil, sedangkan semakin sedikit panjang konduktor dan jumlah kisi mesh maka penurunan nilai resistansi pembumian semakin besar.

Dari Tabel 4.30 dapat dilihat apabila ketebalan pengisian tanah 20 cm pada semua variasi model *mesh* dijadikan acuan maka dapat dibuat tabel penurunan nilai resistansi pembumian pada semua ketebalan pengisian tanah dengan perhitungan sebagai berikut.

Untuk model *mesh* A penurunan resistansi pembumiannya,

$$\Delta R(\Omega) = R_{20} - R_{40}$$

$$\Delta R(\Omega) = 260,33 - 230,33$$

$$\Delta R(\Omega) = 29,99 \Omega$$

Sehingga,

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

$$\Delta R(\%) = \frac{260,33 - 230,33}{260,33} \times 100\%$$

$$\Delta R(\%) = 11,52\%$$

Dengan cara yang sama $\Delta R(\Omega)$ dan $\Delta R(\%)$ untuk *mesh* A sampai G pada setiap perubahan ketebalan pengisian tanah dapat dihitung seperti Tabel 4.31.

Tabel 4.31. Penurunan nilai resistansi pembumian pada setiap ketebalan pengisian tanah terhadap nilai resistansi pembumian

Ketebalan pengisian tanah (cm)	Penurunan Nilai Resistansi Pembumian ΔR													
	A		B		C		D		E		F		G	
	Ω	%	Ω	%	Ω	%	Ω	%	Ω	%	Ω	%	Ω	%
Dari 20 ke 40	29,99	11,52	23,43	12,02	8,87	7,19	7,1	8,52	4,37	8,44	4,9	9,65	1,8	5,88
Dari 20 ke 60	45,33	17,41	31,3	16,05	13,3	10,78	3,07	10,88	5,47	10,57	6,13	12,08	2,23	7,29
Dari 20 ke 80	50,67	19,46	34,7	17,79	16,13	13,08	9,63	11,56	5,9	11,40	6,63	13,06	2,43	7,94
Dari 20 ke 100	52,99	20,36	37,1	19,03	17,57	14,24	10,27	12,32	6,27	12,11	6,87	13,53	2,5	8,16

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4.31 dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya ketebalan pengisian tanah maka semakin besar pula penurunan nilai resistansi pembumiannya.