

BAB IV

ANALISA HASIL PENGUJIAN

4.1 HASIL PERHITUNGAN

Prinsip pengukuran tahanan pentanahan sama dengan cara pengukuran tahanan pada sistem elektronik yang lain. Metode ini menggunakan rumus dasar hambatan (R) yaitu tegangan (V) dibagi dengan arus (I). Dengan memberikan nilai tegangan konstan 0,2 Volt dari alat ukur dan arus berkisar dari 0,1 mA sampai dengan 10 mA maka akan diperoleh suatu nilai hambatan.

Hasil pengukuran hambatan akan di masukkan ke rumus dari persamaan (2.6) $\rho_a = \frac{2\pi LR}{\ln\left(\frac{BL}{d}\right) - 1}$ maka akan diperoleh nilai hambatan jenis pentanahan pada sistem tanah murni dan campuran.

Dengan mengganti nilai kedalaman elektroda pentanahan L sesuai dengan pengujian yaitu sebesar 0,5m dan diameter elektroda pentanahan d sebesar 0,01m, dan nilai R diperoleh dari pengukuran, maka akan diperoleh persamaan

$$\rho_{tanah} = \frac{3,14 R}{4,991} \quad (4.1)$$

Dari hasil pengujian, diperoleh nilai hambatan tanah seperti terlihat pada lampiran, dengan menggunakan persamaan (2.8) dan memberikan masing-masing nilai $n=1$, $a=0,05m$, $h=0,1m$, sedangkan ρ_a dan ρ_1 diperoleh dari pengujian maka diperoleh nilai K

$$K = \frac{\left(\frac{\rho_a}{\rho_1} - 1\right)}{32} \quad (4.2)$$

Dengan memperoleh nilai K maka dapat diperoleh nilai hambatan jenis tanah campuran pasir dan batu dengan menggunakan persamaan (2.7) sehingga menjadi persamaan

$$\rho_2 = \frac{-\rho_1(1 + K)}{K - 1} \quad (4.3)$$

4.1.1. Pengujian kelembaban pada tanah murni dan campuran

Berdasarkan hasil pengujian, menggunakan rumus (2.6) untuk kelembaban 25% diperoleh hasil nilai rata-rata hambatan tanah murni adalah sebesar 1179,87 ohm maka nilai hambatan jenisnya adalah sebesar 742,294 ohm-m, sedangkan pada tanah campuran sebesar 2000 ohm maka hambatan jenisnya sebesar 1258,264 ohm-m. Menggunakan persamaan (4.3) diperoleh nilai tahanan jenis tanah dan batu adalah 1840 ohm-m. Hasil pengujian dan perhitungan pada masing-masing kelembaban selengkapnya ditampilkan ada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil perhitungan tahanan jenis pasir dan batu terhadap kelembaban

Kelembaban	ρ tanah murni (ohm-m)	ρ tanah campuran pasir dan batu (ohm-m)	ρ pasir-batu (ohm-m)
25%	742,294	1258,264	1840
50%	667,968	1137,679	1664
70%	597,507	1039,156	1514
90%	475,666	875,293	1264
100%	399,331	759,237	1091
Rata-rata	576,553	1013,925	1474

4.1.2. Pengujian suhu pada tanah murni dan campuran

Dari hasil pengujian pada suhu 26°C diperoleh nilai rata-rata hambatan adalah sebesar 513,667 ohm pada tanah murni dan 976,8 ohm pada tanah campuran. Dengan menggunakan rumus (2.6) diperoleh hasil ρ tanah murni adalah sebesar 323,164 ohm m dan tanah campuran sebesar 614,536 ohm m. Sedangkan dengan menggunakan rumus persamaan (4.3) akan diperoleh nilai tahanan jenis tanah dan batu sebesar 882.6718 ohm-m.

Data selengkapnya pada pengujian suhu terdapat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil perhitungan tahanan jenis pasir dan batu terhadap suhu

Suhu (°C)	ρ tanah murni (ohm-m)	ρ tanah campuran (ohm-m)	ρ pasir-batu (ohm-m)
26	323,164	614,536	882.6718
23	216,086	569,7	779.702
18	136,152	519,495	709.5126
13	77,622	472,939	819.7422
Rata-rata	188,256	544,167	797.9071

4.1.3. Pengujian kadar garam pada tanah murni dan campuran

Pengujian dengan penambahan garam 100 gram pada persamaan (2.6) diperoleh nilai rata-rata hambatan adalah sebesar 81,744 ohm pada tanah murni dan 92,133 ohm pada tanah campuran. Hambatan jenis pada tanah murni adalah sebesar 51,425 ohm m dan tanah campuran sebesar 57,963 ohm m. Dengan menggunakan persamaan (4.3) maka diperoleh nilai tahanan jenis pasir dan batu adalah sebesar 141.9021 ohm-m. Hasil pengujian selengkapnya pada tabel 4.3

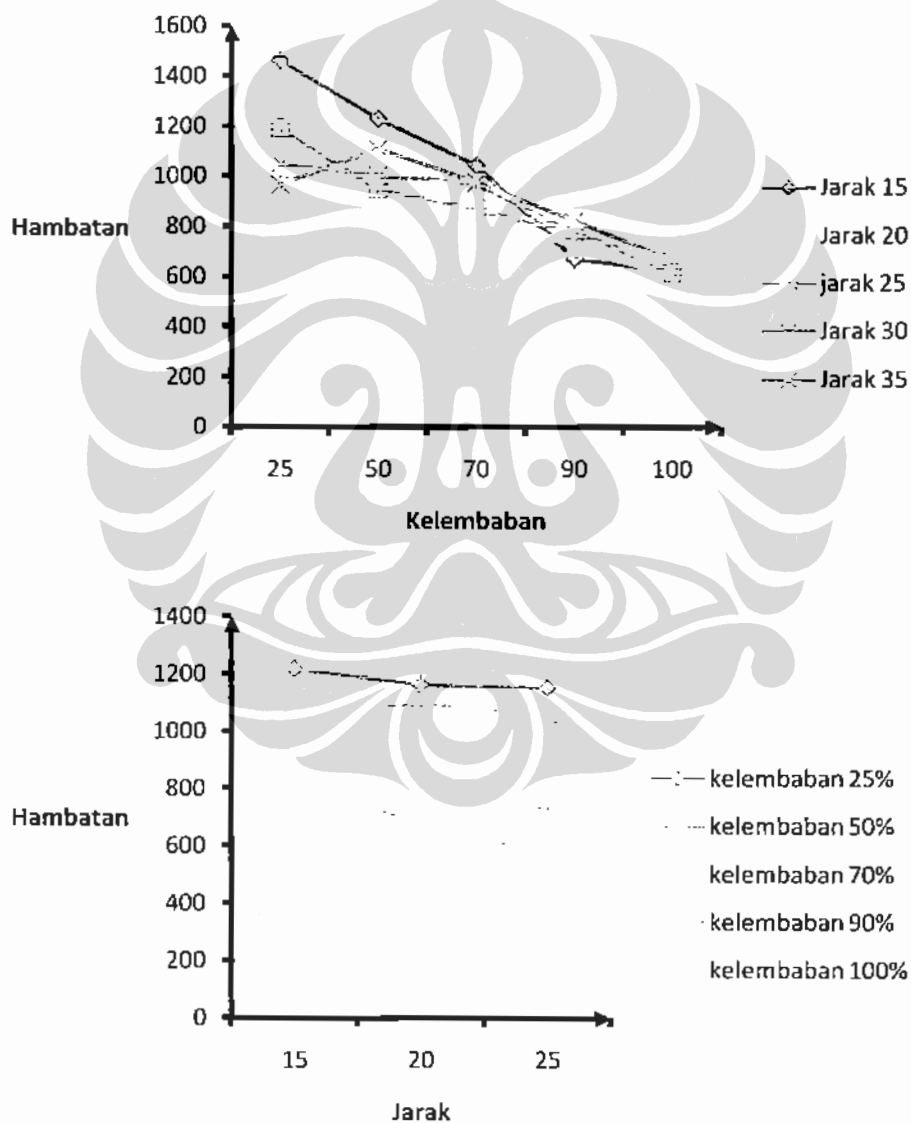
Tabel 4.3 Hasil perhitungan tahanan jenis pasir dan batu terhadap penambahan garam

Garam (gram)	ρ tanah murni (ohm-m)	ρ tanah campuran (ohm-m)	ρ pasir-batu (ohm-m)
100	51,425	57,963	141.9021
200	25,889	49,843	111.8184
300	13,949	44,5	85.68671
400	8,707	37,999	22.78305
Rata-rata	26,286	47,576	90.54757

4.2 ANALISA

4.2.1. Pengujian kelembaban pada tanah murni dan campuran

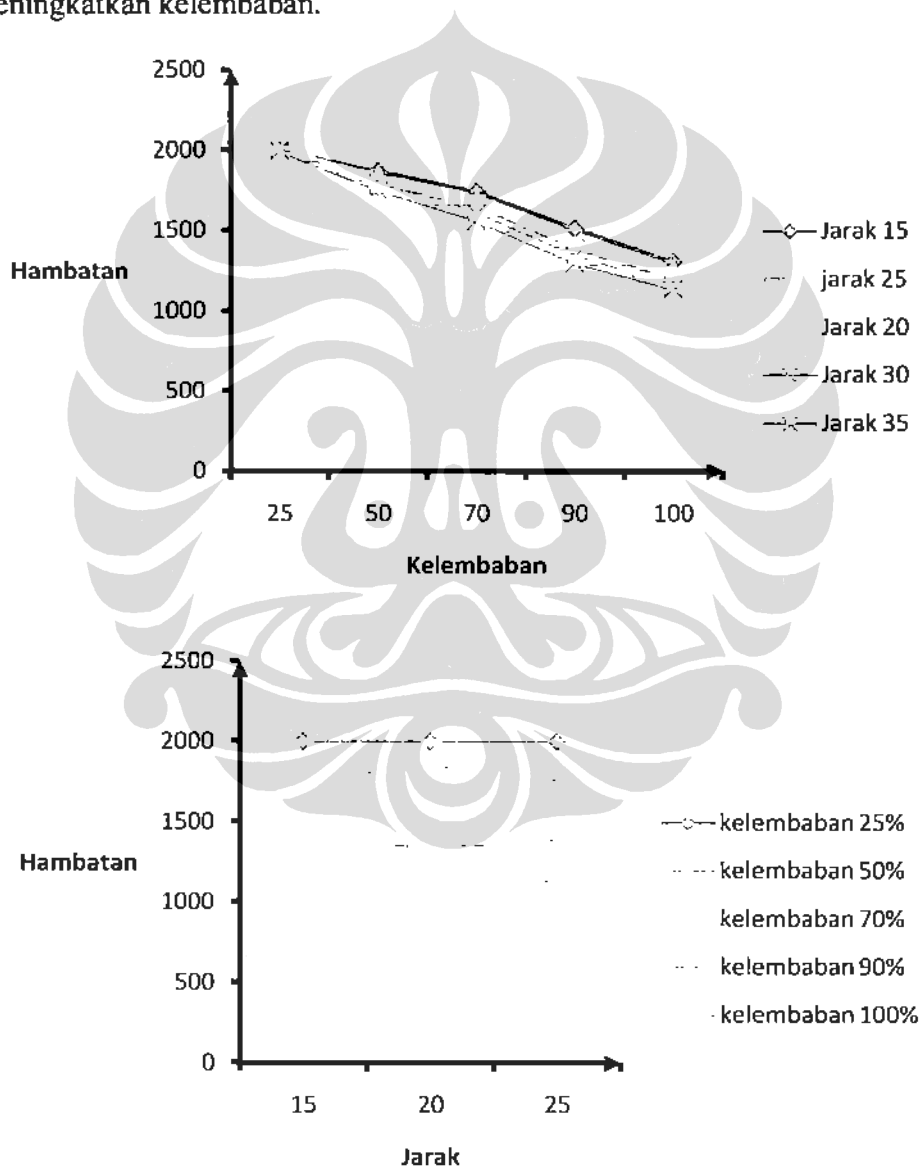
Pengujian pengaruh kelembaban terhadap hambatan pada tanah murni memberikan hasil bahwa semakin tinggi tingkat kelembaban tanah maka hambatan tanah akan menurun, sesuai dengan sifat air yang lebih rapat dibanding udara sehingga air akan mengisi kekosongan celah-celah udara pada tanah.



Gambar 4.1 Pengaruh kelembaban dan jarak terhadap hambatan pada tanah murni

Kurva penurunan hambatan tanah menunjukkan penurunan rata-rata sebesar 46% yang hampir sama banyak pada setiap jarak, pada jarak 15 dan 35 cm terjadi perbedaan pengukuran tahanan tanah karena pada pengukuran 35cm terdapat penambahan air yang banyak mengisi celah pada tanah.

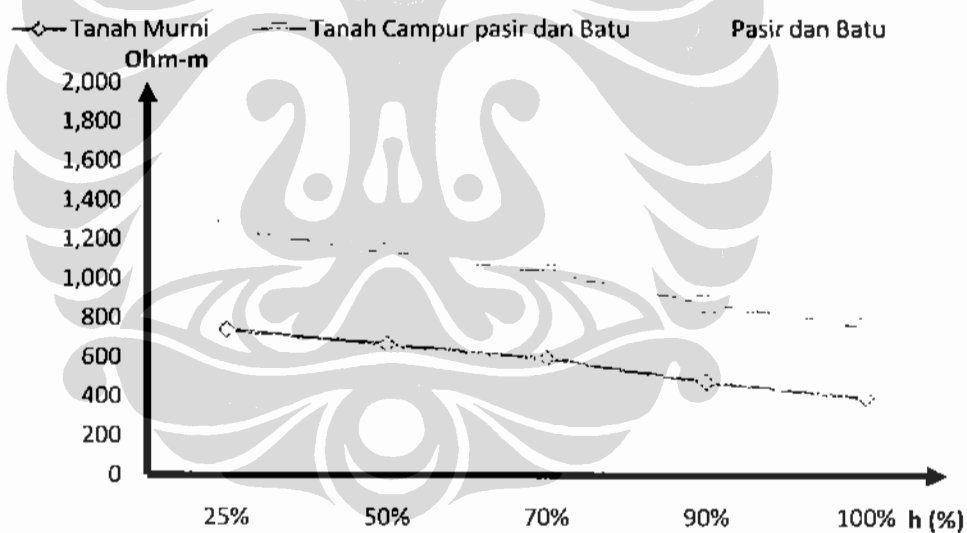
Pada pengujian di tanah bercampur pasir dan batu, memiliki grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.2 dimana terjadi penurunan hambatan tanah dengan kelembaban yang meningkat. Penurunan rata-rata sebesar 39% diperoleh dengan meningkatkan kelembaban.



Gambar 4.2 Pengaruh kelembaban dan jarak terhadap hambatan pada tanah campuran pasir dan batu

Pada saat kelembaban awal, pengukuran jarak 15 dan 35 cm mendapatkan hasil yang sangat besar, hal tersebut disebabkan oleh sifat pasir dan batu yang memiliki hambatan besar sehingga volume tanah antar elektroda sangat sedikit, sedangkan pada jarak 35 cm volume tanah menjadi besar. Sehingga terjadi penurunan hambatan yang besar

Pengujian pada tanah berpasir dan berbatu menunjukkan bahwa semakin tinggi kelembaban pada sistem pentanahan berpengaruh untuk menurunkan tahanan pentanahan pada sistem. Pada kelembaban tinggi, air akan mengisi pori-pori yang ada dalam tanah, seperti yang diketahui bahwa rapat sehingga tanah akan menjadi rapat dan hambatannya akan mengecil. Gambar 4.3 menunjukkan grafik perhitungan tahanan jenis pasir dan batu



Gambar 4.3 Grafik perhitungan tahanan jenis pasir dan batu berbanding dengan kelembaban

Pada gambar 4.3 ini diperoleh nilai bahwa tahanan jenis rata-rata dari tanah campuran pasir dan batu dapat turun secara drastis akibat dari bertambahnya kelembaban tanah. nilai hambatan pada kelembaban 100% dapat mendekati tanah pada kelembaban 25%. Pada tanah campuran, pasir dan batu akan mengikat dan

menahan air cukup banyak hingga tanah tetap lembab. Sehingga untuk menurunkan nilai tahanan tanah pada tanah yang berpasir dan berbatu dapat digunakan cara membasahi tanah secara berkala, karena pasir dan batu yang basah dan lembab akan membantu menurunkan tahanan tanah cukup banyak.

Persamaan perkiraan tahanan tanah terhadap perubahan kelembaban tanah dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$y = f(x) \quad (4.4)$$

persamaan linear $y = ax + b \quad (4.5)$

Berdasarkan tabel dengan menggunakan program *Microsoft Office Excel 2007* diperoleh rumus perkiraan pertambahan kelembaban yaitu

Untuk Tanah Murni : $y = -87.823x + 840.02 \quad (4.6)$

Untuk Tanah campuran pasir dan batu : $y = -126.04x + 1392.1 \quad (4.7)$

Untuk Pasir dan Batu : $y = -189.78x + 2043.6 \quad (4.8)$

Dimana $y =$ hambatan jenis tanah (ohm-m)

$x =$ kelembaban tanah (%)

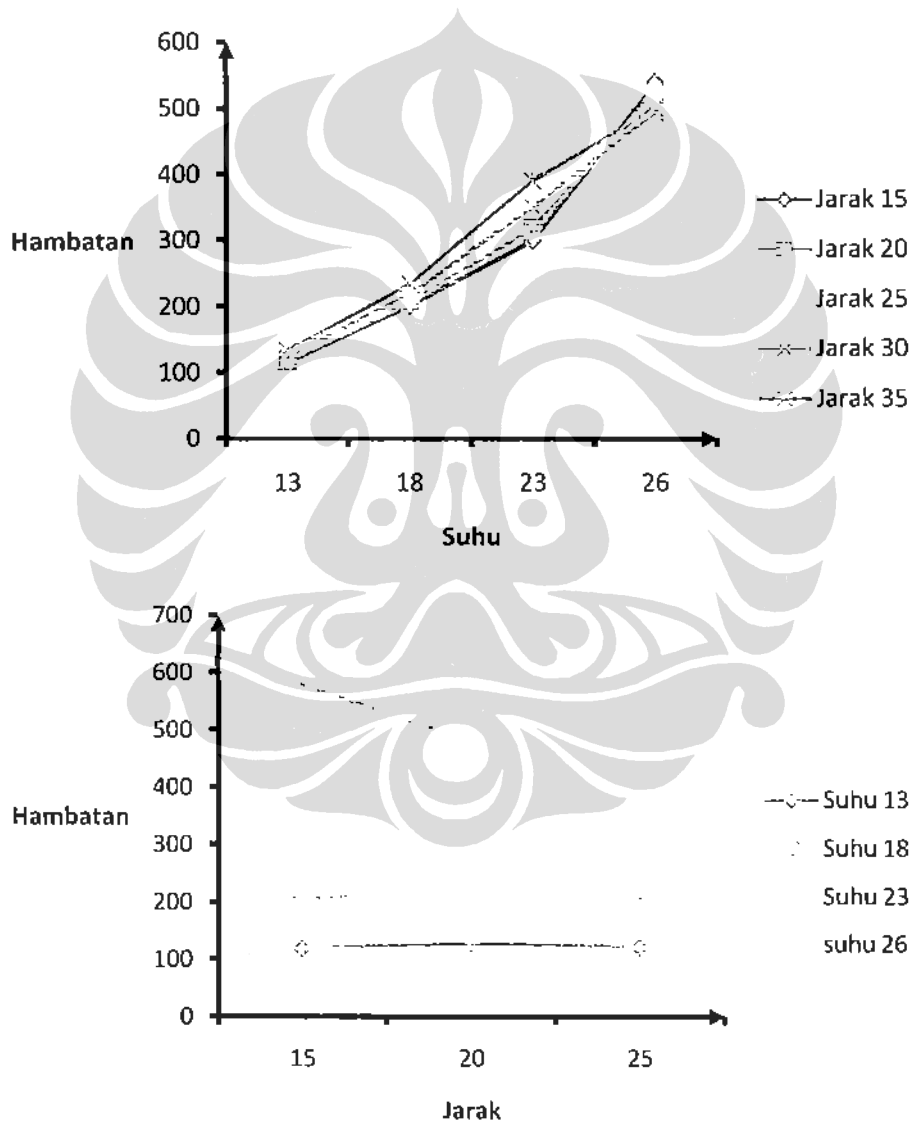
Dengan mempergunakan rumus tersebut dapat diperkirakan error dari pengukuran terhadap rumus kelembaban seperti dalam tabel berikut

Tabel 4.4 Hasil perhitungan error kelembaban

Kelembaban	Tanah Murni		Tanah campuran pasir dan batu		Pasir dan batu	
	Pengukuran	Perhitungan error	Pengukuran	Perhitungan error	Pengukuran	Perhitungan error
25%	742,294	4,66 %	1258,264	3,4 %	1840	6,8 %
50%	667,968	6,8 %	1137,679	12,4 %	1664	4,5 %
70%	597,507	11,7 %	1039,156	13,2 %	1514	6,7 %
90%	475,666	20,6 %	875,293	5,7 %	1264	8,6 %
100%	399,331	12,7 %	759,237	10,3 %	1091	14,6 %
Rata-rata		11,3 %		9 %		8,25%

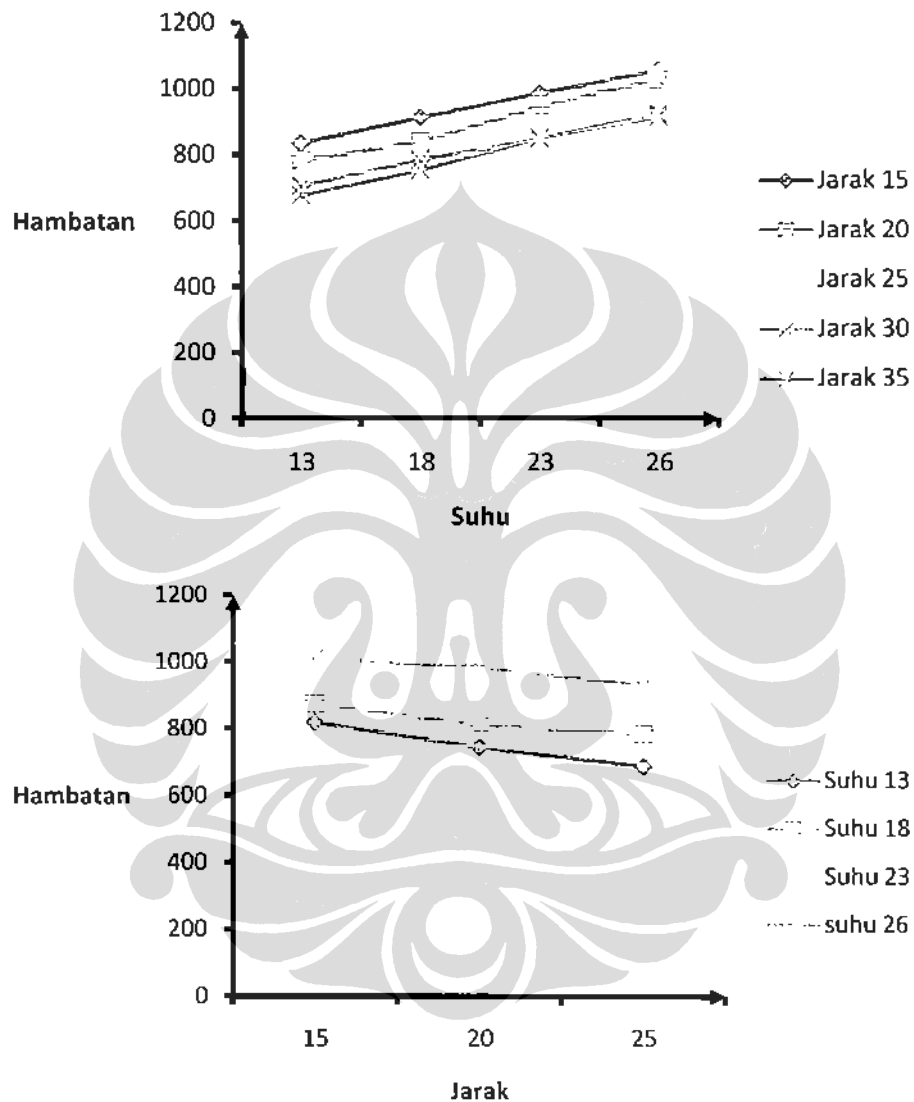
4.2.2. Pengujian suhu pada tanah murni dan campuran

Pengaruh penurunan suhu terhadap hambatan pada tanah murni pada dasarnya bahwa semakin rendah suhu tanah maka tahanan tanah akan naik, namun pada hasil pengujian hal tersebut berbeda dengan dimana terjadi penurunan tahanan tanah yang cukup besar pada saat terjadi penurunan suhu seperti terlihat pada gambar 4.4. penurunan tahanan tanah dengan penurunan suhu diperoleh sebesar rata-rata 75%.



Gambar 4.4 Pengaruh suhu dan jarak terhadap hambatan pada tanah murni

Pada kurva dapat dilihat bahwa pada suhu 26°C nilai hambatan sangat tinggi karena tanah masih kering dan belum diberikan campuran apapun, penurunan drastis terjadi pada suhu 13°C akibat dari penambahan air. Pada grafik perbandingan dengan jarak tidak terdapat perbedaan yang banyak antara jarak 15-35 cm.

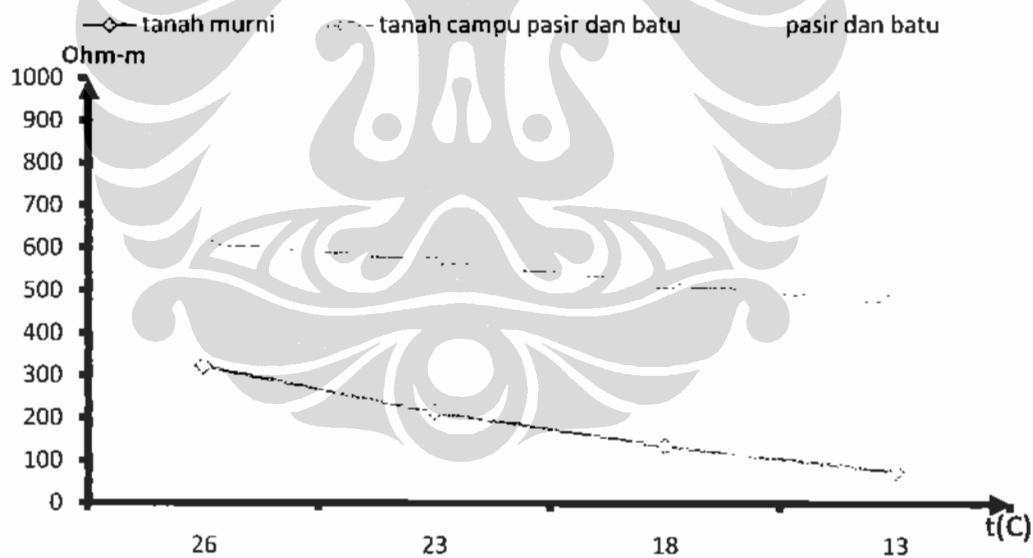


Gambar 4.5 Pengaruh suhu dan jarak terhadap hambatan pada tanah campuran pasir dan batu

pada tanah campuran pasir dan batu, penurunan suhu tidak berpengaruh banyak terhadap penurunan hambatan. Penurunan tahanan rata-rata sebesar 23%, semua menunjukkan grafik yang tidak berbeda jauh. Penurunan tahanan tanah terjadi

sama dengan pengujian tanah murni karena proses pendinginan yang menggunakan air es sehingga kelembaban akan naik. Namun pada jarak yang semakin jauh terjadi penurunan hambatan tanah pada setiap suhu. Hal tersebut dikarenakan volume tanah yang bertambah banyak seiring dengan bertambahnya jarak, volume tanah elektroda pentanahan dengan elektroda pengukuran semakin banyak.

Pada gambar 4.6 menunjukkan grafik perhitungan hambatan jenis pasir dan batu, berdasarkan perhitungan grafik pasir dan batu menunjukkan sesuai dengan teori yang seharusnya dimana suhu yang rendah pada sistem pentanahan akan menghasilkan tahanan tanah yang tinggi. Berbeda dengan tanah murni dan tanah campuran pasir dan batu, penurunan suhu terjadi namun pada saat yang sama air akan mengisi kekosongan pada tanah, sehingga kelembaban tanah akan meningkat drastis. Hal tersebut mengakibatkan nilai tahanan tanah akan menunjukkan penurunan



Gambar 4.6 Grafik perhitungan tahanan jenis pasir dan batu berbanding dengan suhu

Pada hasil perhitungan gambar 4.6 dapat dilihat penurunan suhu pada tanah murni berpengaruh sangat besar pada perubahan hambatan jenis tanah. Sedangkan pada tanah campuran tidak menimbulkan perubahan tahanan tanah yang

signifikan, perubahan penurunan tahanan jenis dapat disebabkan kelembaban yang meningkat.

Berdasarkan hasil pengujian dan berdasarkan grafik yang diperoleh dapat di rumuskan persamaan perkiraan tahanan tanah terhadap perubahan suhu dengan menggunakan program bantuan *Microsoft Office Excel 2007* sehingga diperoleh Untuk Tanah Murni, rumus yang paling mendekati hasil dan grafik adalah logaritma

$$y = -176.5\ln(x) + 328.46 \quad (4.9)$$

Sedangkan untuk Tanah Campur pasir dan batu pendekatan yang digunakan adalah linearisasi sehingga diperoleh

$$y = -47.5x + 662.92 \quad (4.10)$$

dan untuk Pasir dan batu menggunakan plynomial tingkat 2 sehingga rumus pendekatannya adalah

$$y = 53.3x^2 - 292.4x + 1129.2 \quad (4.11)$$

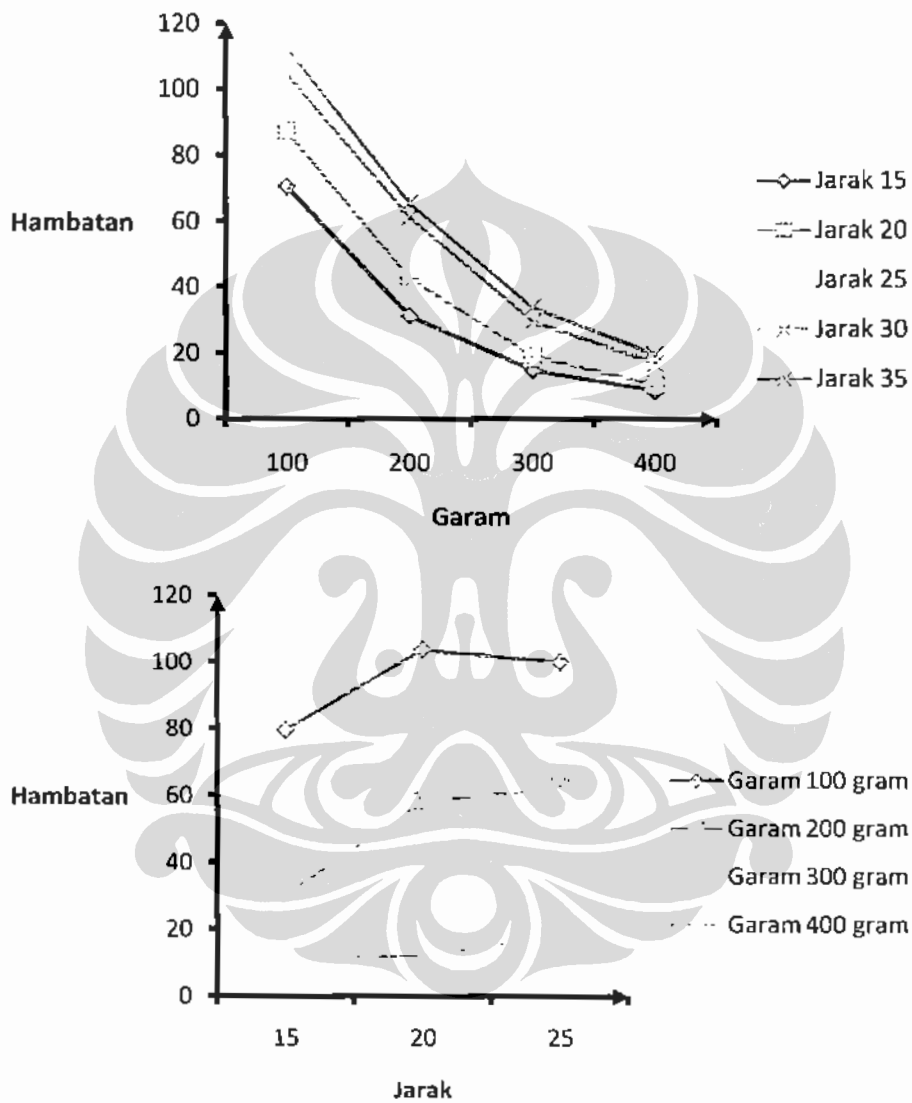
Dengan mempergunakan rumus tersebut dapat diperkirakan eroor dari pengukuran terhadap rumus kelembaban seperti dalam tabel berikut

Tabel 4.5 Hasil perhitungan error suhu temperatur

Suhu (°C)	Tanah Murni		Tanah campuran pasir dan batu		Pasir dan batu	
	Pengukuran	Perhitungan error	Pengukuran	Perhitungan error	Pengukuran	Perhitungan error
26	323,164	3,4 %	614,536	5,7 %	882.6718	5,4%
23	216,086	13,2 %	569,7	12,4 %	779.702	4,7 %
18	136,152	6,7 %	519,495	8,6 %	709.5126	8,8%
13	77,622	6,8 %	472,939	4,5 %	819.7422	9,7%
	Rata-rata	7,5 %		7,8 %		7,15%

4.2.3. Pengujian kadar garam pada tanah murni dan campuran

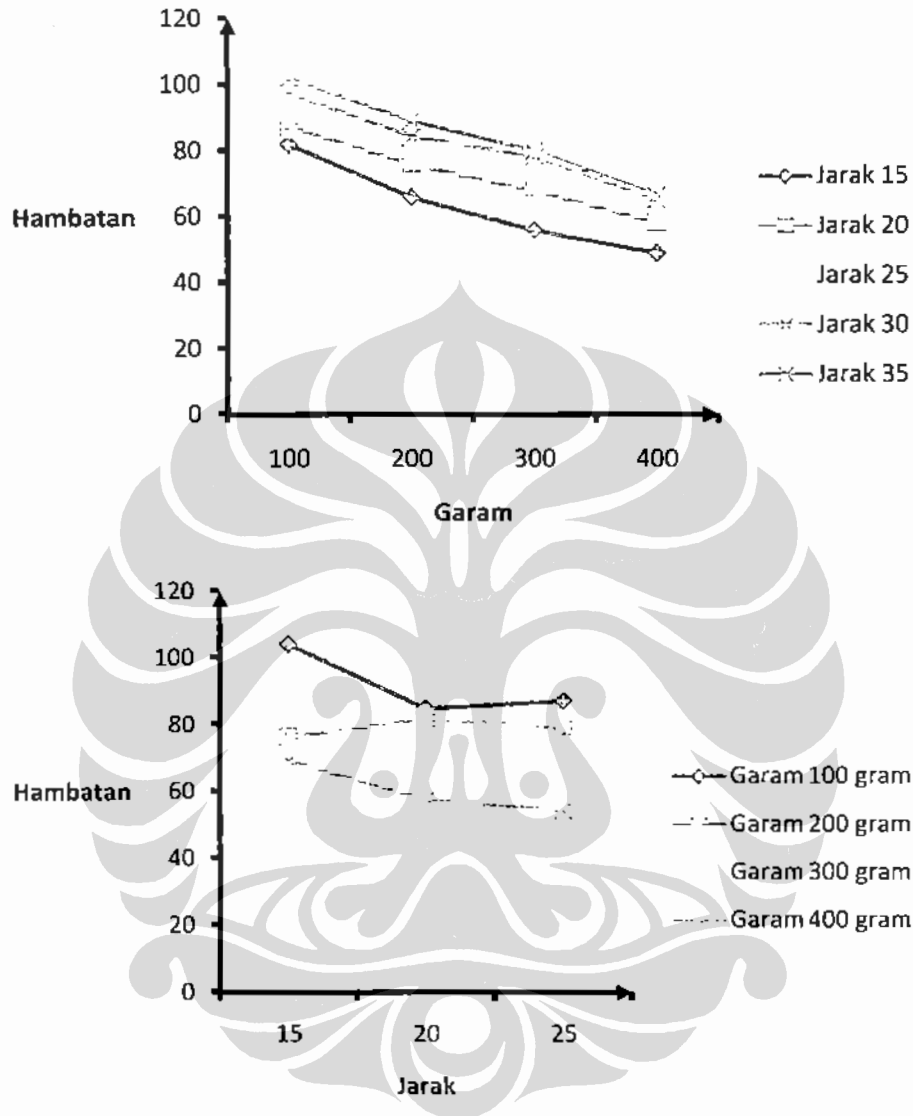
Pada pengujian ini diperoleh hasil penurunan tahanan tanah yang sangat banyak pada tanah murni. Hal ini karena sifat garam yang mengikat tanah sehingga komposisi tanah menjadi berubah dan lebih menjadi liat dan lengket dengan elektroda pentanahan.



Gambar 4.7 Pengaruh berat garam dan jarak terhadap hambatan pada tanah murni

Penurunan tahanan tanah terjadi sebesar rata-rata 48% dari nilai semula pada pertambahan berat garam 400 gram. namun pada penambahan jarak elektroda terjadi kenaikan tahanan tanah, hal ini disebabkan oleh sifat larutan garam yang

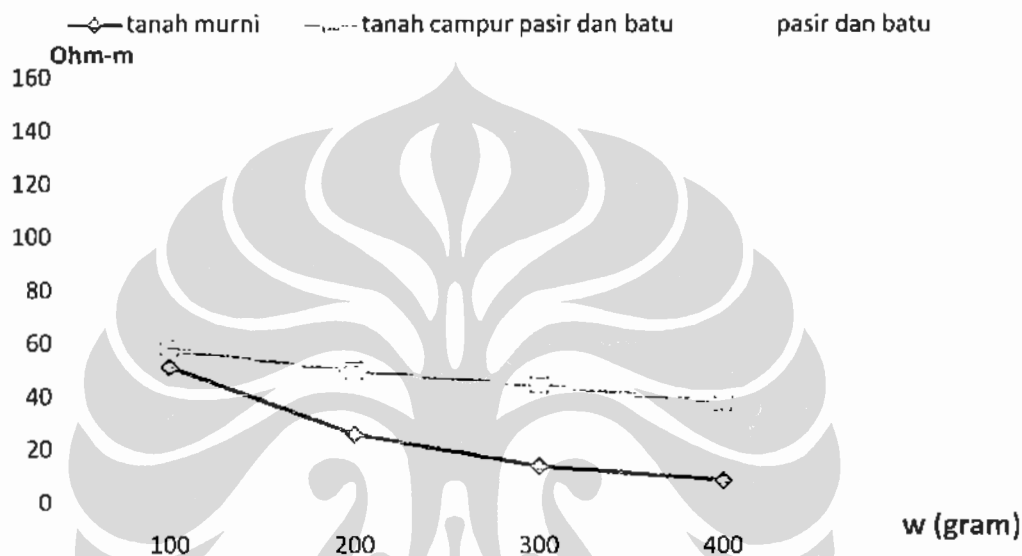
dapat menjadi butiran garam lagi sehingga sulit menembus pori-pori tanah, jadi larutan air saja yang meresap ke dalam pori-pori tanah sehingga efek penambahan garam kurang efektif.



Gambar 4.8 Pengaruh berat garam dan jarak terhadap hambatan pada tanah campuran pasir dan batu

Pada pengujian tanah campuran pasir dan batu, diperoleh nilai hambatan tanah yang menurun disetiap penambahan berat garam, namun penurunan nilainya hanya sebesar 17% dari nilai semula. Sedangkan pada penambahan jarak terjadi hal yang sama dengan pengujian tanah murni karena sifat larutan garam yang tidak meresap seluruhnya ke tanah.

Dari pengukuran kadar garam pada tanah murni diperoleh penurunan tahanan tanah yang signifikan, pada tanah campuran pasir dan batu juga diperoleh hasil yang dapat mendekati nilai pada tanah murni. Berdasarkan perhitungan, pada gambar (4.9) menunjukkan grafik perhitungan pasir dan batu, diperoleh bahwa nilai hambatan jenis pasir dan batu menurun drastis pada setiap penambahan berat garam. Penambahan garam berpengaruh drastis menurunkan tahanan jenis tanah baik pada tanah murni maupun pada tanah campuran pasir dan batu



Gambar 4.9 Grafik perhitungan tahanan jenis pasir dan batu berbanding dengan Penambahan berat garam

Berdasarkan perhitungan dan grafik, persamaan perkiraan tahanan tanah terhadap perubahan berat garam dapat dirumuskan dengan menggunakan bantuan program *Microsoft Office Excel 2007* didapatkan persamaan yang paling mendekati adalah persamaan polinomial tingkat 2

Untuk Tanah Murni diperoleh

$$y = 5.0735x^2 - 39.377x + 85.383 \quad (4.12)$$

Untuk Tanah campur pasir dan batu

$$y = 0.4048x^2 - 8.5473x + 65.909 \quad (4.13)$$

Untuk pasir dan batu

$$y = -8.205x^2 + 2.6762x + 145.39 \quad (4.14)$$

Dengan mempergunakan rumus tersebut dapat diperkirakan error dari pengukuran terhadap rumus kadar garam seperti dalam tabel berikut

Tabel 4.6 Hasil perhitungan error berat garam

Garam (gram)	Tanah Murni		Tanah campuran pasir dan batu		Pasir dan batu	
	Pengukuran	Perhitungan error	Pengukuran	Perhitungan error	Pengukuran	Perhitungan error
100	51,425	5,7 %	57,963	12,4 %	141.9021	12,5 %
200	25,889	12,8 %	49,843	11,4 %	111.8184	13,7 %
300	13,949	13,9 %	44,5	13,5 %	85.68671	21,8 %
400	8,707	11,1 %	37,999	15,7 %	22.78305	27 %
Rata-rata		10,8 %		13,25 %		18,75%