BAB IV
HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Data Pengukuran

Setelah melalui proses perancangan, bab ini akan memaparkan hasil pengujian alat geolistrik dengan media yang akan di uji adalah tanah lempung, pasir dan air. Pengujian ketepatan pengukuran alat geolistrik menggunakan mikrokontroller akan dibandingkan dengan alat geolistrik yang menggunakan dua buah multimeter dimana satu multimeter digital untuk mengukur tegangan dan satunya lagi untuk mengukur arus. Sebelum melakukan pengukuran maka alat geolistrik dengan menggunakan mikrokontroller dikalibrasi untuk ketepatan pengukuran serta untuk mengetahui presentase kesalahan (*error*).

Tabel IV-1 Persentase error Arus

ARUS		
No	**Mikrokontroller**	**Multimeter digital**
1	0.244	0.258
2	0.444	0.421
3	0.977	0.993
4	0.799	0.801
5	1.221	1.302
total	3.685	3.775
rata-rata	0.737	0.755
error	± 0.0244	
Persentase (%)	2.44 %	

Tabel IV-2 Persentase error tegangan

TEGANGAN		
No	**Mikrokontroller**	**Multimeter digital**
1	5.09	5.09
2	8.83	8.82
3	3.32	3.33
4	6.51	6.51
5	6.15	6.14
total	29.35	29.89
rata-rata	5.87	5.978
error	± 0.0183	
Persentase (%)	1.83 %	

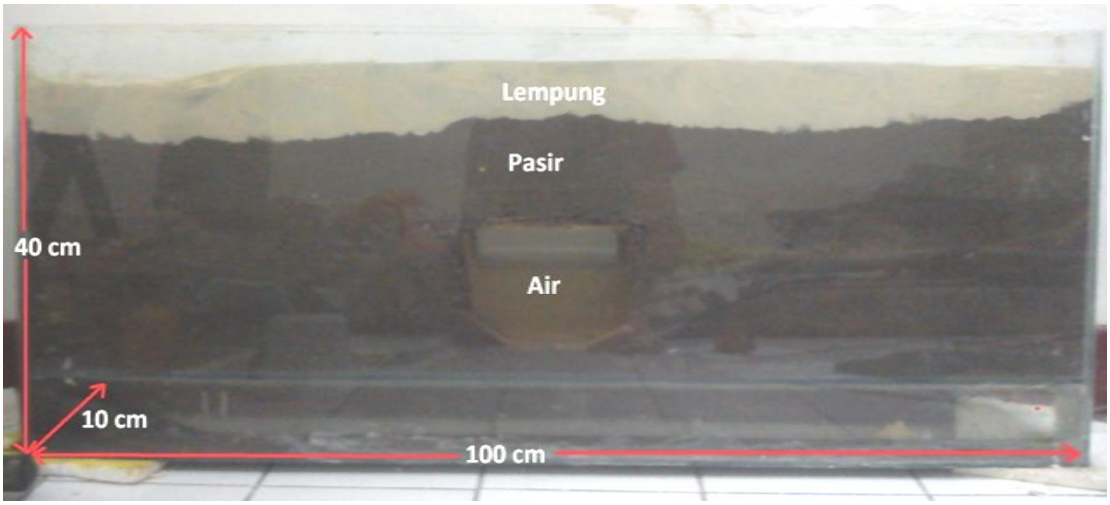
Dari hasil kalibrasi menunjukan perbedaan pengukuran antara multimeter digital dengan mikrokontroller sebesar 1.83 % untuk pengukuran tegangan dan 2.44 % untuk pengukuran arus. Dapat disimpulkan bahwa hasil kalibrasi cukup baik karena tingkat *error* masih di bawah 5 %. Sehingga alat ukur menggunakan mikrokontroller bisa digunakan dengan baik.

4.1.1 Pengukuran menggunakan multimeter digital



Gambar IV-1 Geolistrik menggunakan multimeter digital

Gambar di atas merupakan alat geolistrik yang menggunakan dua buah multimeter dimana untuk multimeter pengukur tegangan tidak ada tambahan konfigurasi rangkaian, sedangkan untuk multimeter pengukur arus, probe positif dihubungkan pada *supply* 12V kutub positif dan kutub negatif menjadi *supply* untuk menginjeksi pada objek permukaan tanah.



Gambar IV-2 Susunan lapisan tanah pada pengujian

Berdasarkan gambar IV-2 susunan lapisan tanah di desain dengan ketebalan untuk tanah lempung (5 cm), pasir (12 cm) dan air (10 cm).

Tabel pengukuran dibawah ini menggunakan 2 lapis tanah yaitu lapis pertama atau lapisan paling atas adalah lempung dan lapisan dalam adalah pasir serta di dalam lapisan kedua terdapat ruang yang berisi air. Metode yang digunakan adalah metode geolistrik *resistivity* dengan konfigurasi *Wenner*. Dengan rumus yang digunakan yaitu :

$$K = \mathbf{2\pi}\left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}\right)\right]^{-1} \quad \textbf{(IV-I)}$$

$$R = \frac{V}{I} \quad \textbf{(IV-II)}$$

$$Rho = k \times R \quad \textbf{(IV-III)}$$

Tabel IV-3 Hasil pengukuran menggunakan multimeter digital

NO	C1 (m)	P1 (m)	P2 (m)	C2 (m)	K (konstanta)	V (mV)	I (mA)	R (Ω)	Rho (Ω.m)
1	0.02	0.006667	0.006667	0.02	0.083733	1129	2.8	403.2143	33.76248
2	0.03	0.01	0.01	0.03	0.1256	1027	2.85	360.3509	45.26007
3	0.04	0.013333	0.013333	0.04	0.167467	897	2.45	366.1224	61.31331
4	0.05	0.016667	0.016667	0.05	0.209333	811	2.1	386.1905	80.84254
5	0.06	0.02	0.02	0.06	0.2512	837	1.67	501.1976	125.9008
6	0.07	0.023333	0.023333	0.07	0.293067	647	1.53	422.8758	123.9308
7	0.08	0.026667	0.026667	0.08	0.334933	548	1.54	355.8442	119.1841
8	0.09	0.03	0.03	0.09	0.3768	822	1.72	477.907	180.0753
9	0.1	0.033333	0.033333	0.1	0.418667	717	1.86	385.4839	161.3892
10	0.11	0.036667	0.036667	0.11	0.460533	630	1.87	336.8984	155.1529
11	0.12	0.04	0.04	0.12	0.5024	830	1.77	468.9266	235.5887
12	0.13	0.043333	0.043333	0.13	0.544267	577	1.56	369.8718	201.3089
13	0.14	0.046667	0.046667	0.14	0.586133	548	1.55	353.5484	207.2265
14	0.15	0.05	0.05	0.15	0.628	589	1.23	478.8618	300.7252
15	0.16	0.053333	0.053333	0.16	0.669867	524	1.42	369.0141	247.1902
16	0.17	0.056667	0.056667	0.17	0.711733	236	0.708	333.3333	237.2444
17	0.18	0.06	0.06	0.18	0.7536	681	1.244	547.4277	412.5415
18	0.19	0.063333	0.063333	0.19	0.795467	655	1.32	496.2121	394.7202
19	0.2	0.066667	0.066667	0.2	0.837333	497	1.165	426.6094	357.2143
20	0.21	0.07	0.07	0.21	0.8792	666	1.146	581.1518	510.9487
21	0.22	0.073333	0.073333	0.22	0.921067	678	1.334	508.2459	468.1283
22	0.23	0.076667	0.076667	0.23	0.962933	460	0.938	490.4051	472.2274
23	0.24	0.08	0.08	0.24	1.0048	785	1.183	663.5672	666.7523
24	0.25	0.083333	0.083333	0.25	1.046667	715	1.131	632.1839	661.6858

Keterangan :

C1 = Jarak elektroda terhadap elektroda P1 (meter).

C2= Jarak elektroda terhadap elektroda P2 (meter).

P1= Jarak elektroda terhadap elektroda C1 dibagi 3 (meter).

P2= Jarak elektroda terhadap elektroda C2 dibagi 3 (meter).

K = Faktor geometri.

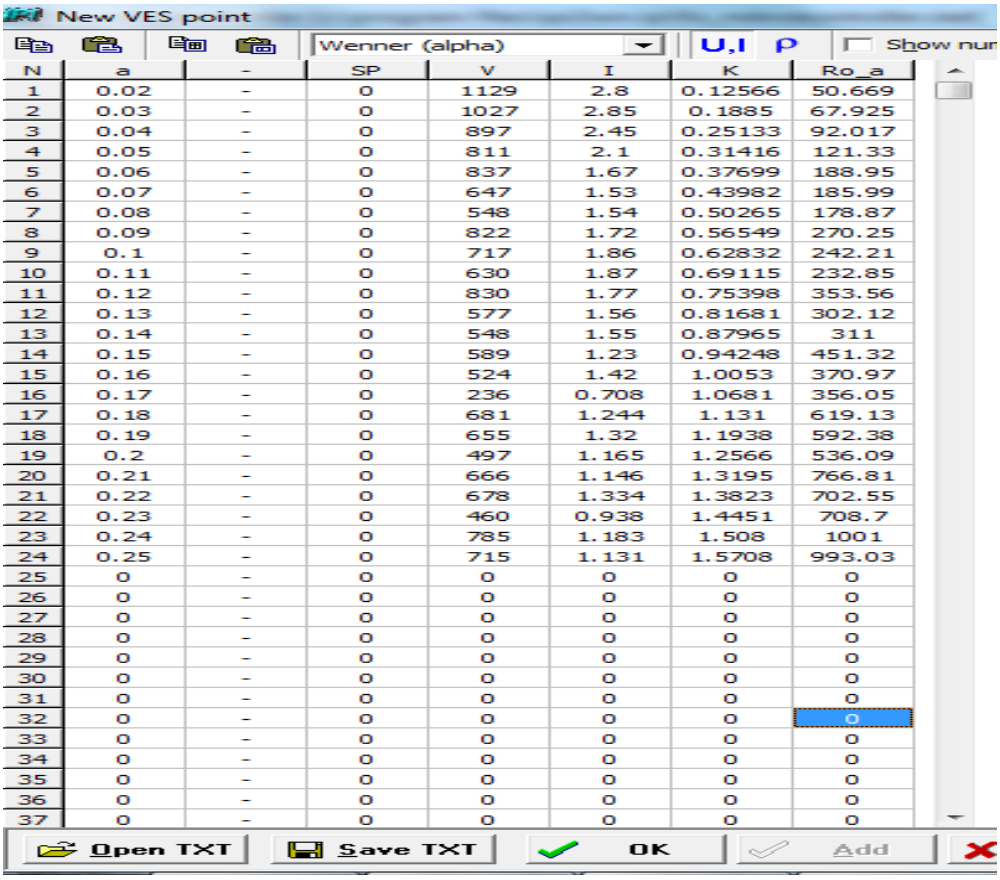
V= Tegangan (volt).

A= Arus (ampere).

Rho = Tahanan jenis (Ohm.meter).

Pada tabel di atas proses perhitungan untuk mendapatkan tahanan jenis dari data pengukuran yang telah didapatkan kemudian proses menggunakan Ms.Excel. Dengan titik pengukuran awal dihasilkan ρ = 33.76248 Ω.m hasil tersebut dapat dibandingkan dengan data acuan pada gambar II-3 dimana untuk batuan jenis ini adalah termasuk dalam jenis *clays* (lempung) dan titik pengukuran akhir dihasilkan ρ = 661.6858 Ω.m tersebut dapat dibandingkan dengan data acuan pada gambar II-1 dimana untuk batuan dengan nilai *resistivity* ini adalah mineral jenis *surface water* (air permukaan).

Kemudian data pengukuran yang didapat yaitu data tegangan juga data arus diproses menggunakan *software* IPI2Win.

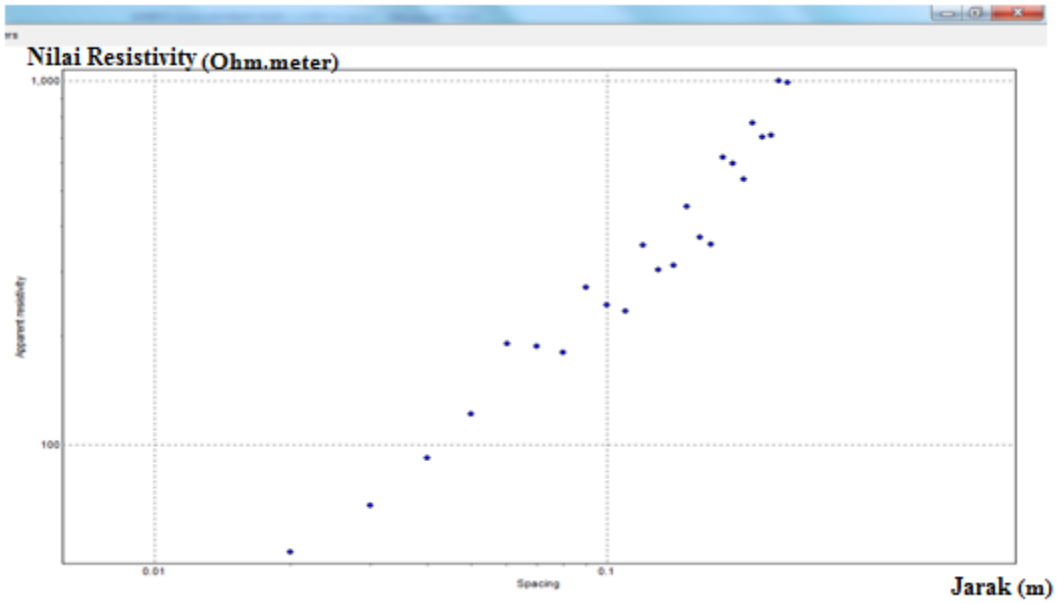


N	a	-	SP	V	I	K	Ro_a
1	0.02	-	0	1129	2.8	0.12566	50.669
2	0.03	-	0	1027	2.85	0.1885	67.925
3	0.04	-	0	897	2.45	0.25133	92.017
4	0.05	-	0	811	2.1	0.31416	121.33
5	0.06	-	0	837	1.67	0.37699	188.95
6	0.07	-	0	647	1.53	0.43982	185.99
7	0.08	-	0	548	1.54	0.50265	178.87
8	0.09	-	0	822	1.72	0.56549	270.25
9	0.1	-	0	717	1.86	0.62832	242.21
10	0.11	-	0	630	1.87	0.69115	232.85
11	0.12	-	0	830	1.77	0.75398	353.56
12	0.13	-	0	577	1.56	0.81681	302.12
13	0.14	-	0	548	1.55	0.87965	311
14	0.15	-	0	589	1.23	0.94248	451.32
15	0.16	-	0	524	1.42	1.0053	370.97
16	0.17	-	0	236	0.708	1.0681	356.05
17	0.18	-	0	681	1.244	1.131	619.13
18	0.19	-	0	655	1.32	1.1938	592.38
19	0.2	-	0	497	1.165	1.2566	536.09
20	0.21	-	0	666	1.146	1.3195	766.81
21	0.22	-	0	678	1.334	1.3823	702.55
22	0.23	-	0	460	0.938	1.4451	708.7
23	0.24	-	0	785	1.183	1.508	1001
24	0.25	-	0	715	1.131	1.5708	993.03
25	0	-	0	0	0	0	0
26	0	-	0	0	0	0	0
27	0	-	0	0	0	0	0
28	0	-	0	0	0	0	0
29	0	-	0	0	0	0	0
30	0	-	0	0	0	0	0
31	0	-	0	0	0	0	0
32	0	-	0	0	0	0	0
33	0	-	0	0	0	0	0
34	0	-	0	0	0	0	0
35	0	-	0	0	0	0	0
36	0	-	0	0	0	0	0
37	0	-	0	0	0	0	0

Gambar IV-3 Hasil proses data IPI2Win menggunakan alat multimeter

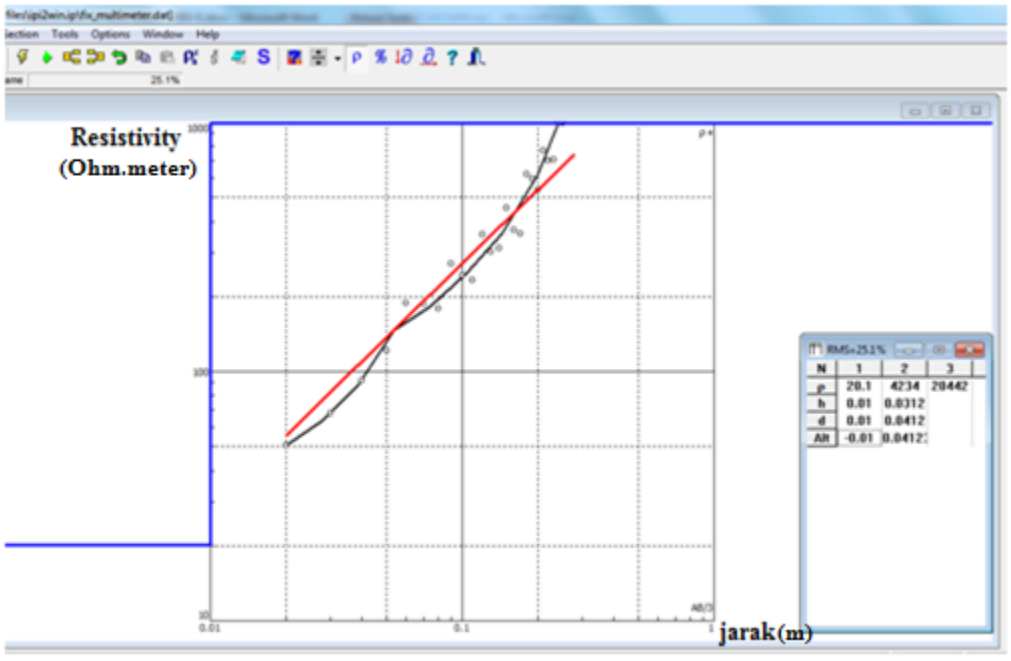
Pada gambar di atas adalah proses perhitungan menggunakan aplikasi yang memang untuk eksplorasi geolistrik yaitu IPI2Win. Hasil perhitungan disini diperoleh hasil dengan titik pengukuran awal dihasilkan ρ = 50.669 Ω.m hasil tersebut dapat dibandingkan dengan data acuan pada gambar II-3 dimana untuk batuan jenis ini adalah termasuk dalam jenis *clays* (lempung) dan titik pengukuran akhir dihasilkan ρ = 993.03 Ω.m tersebut dapat dibandingkan dengan data acuan pada gambar II-1 dimana untuk batuan dengan nilai *resistivity* ini adalah mineral jenis *surface water* (air permukaan).

Pada gambar IV-3 ketika hasil *resistivity* diperoleh maka dilanjutkan dengan sebaran-sebaran titik pengukuran menjadi sebuah grafik. Kemudian dari hasil grafik tersebut dapat diperoleh persentase *error* pengukuran yang didapat.



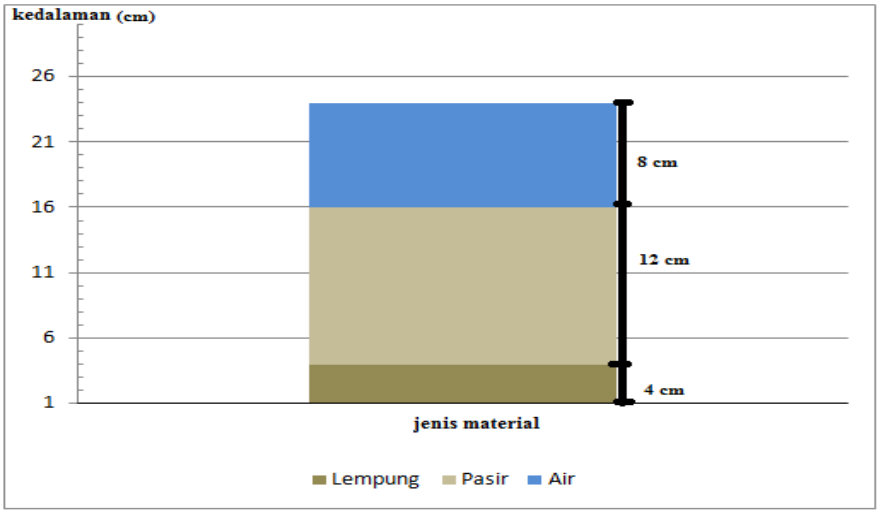
Gambar IV-4 Grafik titik pengukuran IPI2Win menggunakan alat multimeter

Berdasarkan gambar IV-4 menunjukan titik sebaran pengujian, hasil ini didapatkan setelah data masukan telah selesai diproses.



Gambar IV-5 Grafik pengukuran dan koreksi error menggunakan alat multimeter

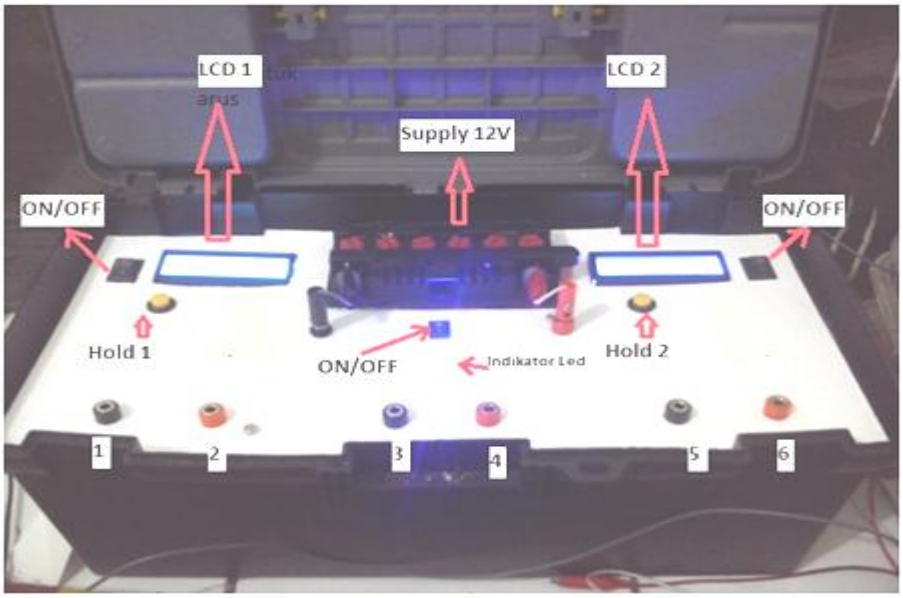
Pada gambar IV-5 dapat diketahui bahwa *error* yang di hasilkan program IPI2Win adalah 25.1%. Garis warna merah pada kurva merupakan garis data model sedangkan garis kurva warna hitam merupakan data hasil pengukuran.



Gambar IV-6 Grafik lapisan bawah permukaan menggunakan alat multimeter

Pada gambar IV-5 yaitu tabel hasil koreksi *error* di gambarkan menjadi sebuah grafik lapisan bawah permukaan seperti pada gambar IV-6 dimana lapisan pertama adalah lempung, lapisan kedua adalah pasir, dan lapisan ketiga adalah air.

4.1.2 Pengukuran menggunakan mikrokontroller



Gambar IV-7 Alat geolistrik menggunakan mikrokontroller

Gambar IV-7 merupakan alat geolistrik menggunakan mikrokontroller, adapaun keterangan gambar di atas yaitu :

1. LCD 1 : menampilkan nilai pengukuran arus.
2. LCD 2 : menampilkan nilai pengukuran tegangan.
3. ON/OFF : saklar untuk menyalurkan atau memutuskan *supply* pada sistem.
4. *HOLD* 1 : untuk menahan data pengukuran arus yang tampil pada lcd.
5. *HOLD* 2 : untuk menahan data pengukuran tegangan yang tampil pada lcd.
6. Angka 1 dan 2 : merupakan probe positif juga probe negatif untuk mengukur arus.
7. Angka 3 dan 4 : merupakan probe positif juga probe negatif untuk injeksi arus pada objek permukaan tanah. Dengan konfigurasi probe arus positif di hubungkan pada probe negatif *supply* 12V kemudian probe negatif dari *supply* akan digunakan sebagai injeksi arus pada permukaan tanah.
8. Angka 5 dan 6 : merupakan probe positif juga probe negatif untuk mengukur tegangan.

Tabel IV-4 Hasil pengukuran menggunakan mikrokontroller

NO	C1 (m)	P1 (m)	P2 (m)	C2 (m)	K (konstanta)	V (mV)	I (mA)	R (Ω)	Rho (Ω.m)
1	0.02	0.006667	0.006667	0.02	0.083733	984.62	2.353	418.453	35.03847
2	0.03	0.01	0.01	0.03	0.1256	903.32	2.242	402.9081	50.60526
3	0.04	0.013333	0.013333	0.04	0.167467	849.09	2.065	411.1816	68.85921
4	0.05	0.016667	0.016667	0.05	0.209333	803.96	1.909	421.142	88.15905
5	0.06	0.02	0.02	0.06	0.2512	659.42	1.532	430.4308	108.1242
6	0.07	0.023333	0.023333	0.07	0.293067	560.06	1.421	394.1309	115.5066
7	0.08	0.026667	0.026667	0.08	0.334933	469.83	1.421	330.6334	110.7401
8	0.09	0.03	0.03	0.09	0.3768	632.32	1.554	406.8983	153.3193
9	0.1	0.033333	0.033333	0.1	0.418667	596.19	1.643	362.8667	151.9202
10	0.11	0.036667	0.036667	0.11	0.460533	614.26	1.709	359.4266	165.5279
11	0.12	0.04	0.04	0.12	0.5024	650.39	1.621	401.2276	201.5768
12	0.13	0.043333	0.043333	0.13	0.544267	541.99	1.487	364.4855	198.3773
13	0.14	0.046667	0.046667	0.14	0.586133	541.99	1.51	358.9338	210.3831
14	0.15	0.05	0.05	0.15	0.628	487.79	1.221	399.5004	250.8863
15	0.16	0.053333	0.053333	0.16	0.669867	523.93	1.354	386.9498	259.2048
16	0.17	0.056667	0.056667	0.17	0.711733	469.73	1.243	377.9002	268.9642
17	0.18	0.06	0.06	0.18	0.7536	650.39	1.332	488.2808	367.9684
18	0.19	0.063333	0.063333	0.19	0.795467	578.09	1.288	448.8276	357.0274

19	0.2	0.066667	0.066667	0.2	0.837333	560.06	1.199	467.1059	391.1234
20	0.21	0.07	0.07	0.21	0.8792	731.69	1.332	549.3168	482.9593
21	0.22	0.073333	0.073333	0.22	0.921067	587.16	1.132	518.6926	477.7504
22	0.23	0.076667	0.076667	0.23	0.962933	469.73	0.91	516.1868	497.0535
23	0.24	0.08	0.08	0.24	1.0048	523.93	0.844	620.7701	623.7498
24	0.25	0.083333	0.083333	0.25	1.046667	632.32	1.066	593.1707	620.852

Keterangan :

C1 =Jarak elektroda terhadap elektroda P1 (meter).

C2= Jarak elektroda terhadap elektroda P2 (meter).

P1=Jarak elektroda terhadap elektroda C1 dibagi 3 (meter).

P2=Jarak elektroda terhadap elektroda C2 dibagi 3 (meter).

K = Faktor geometri.

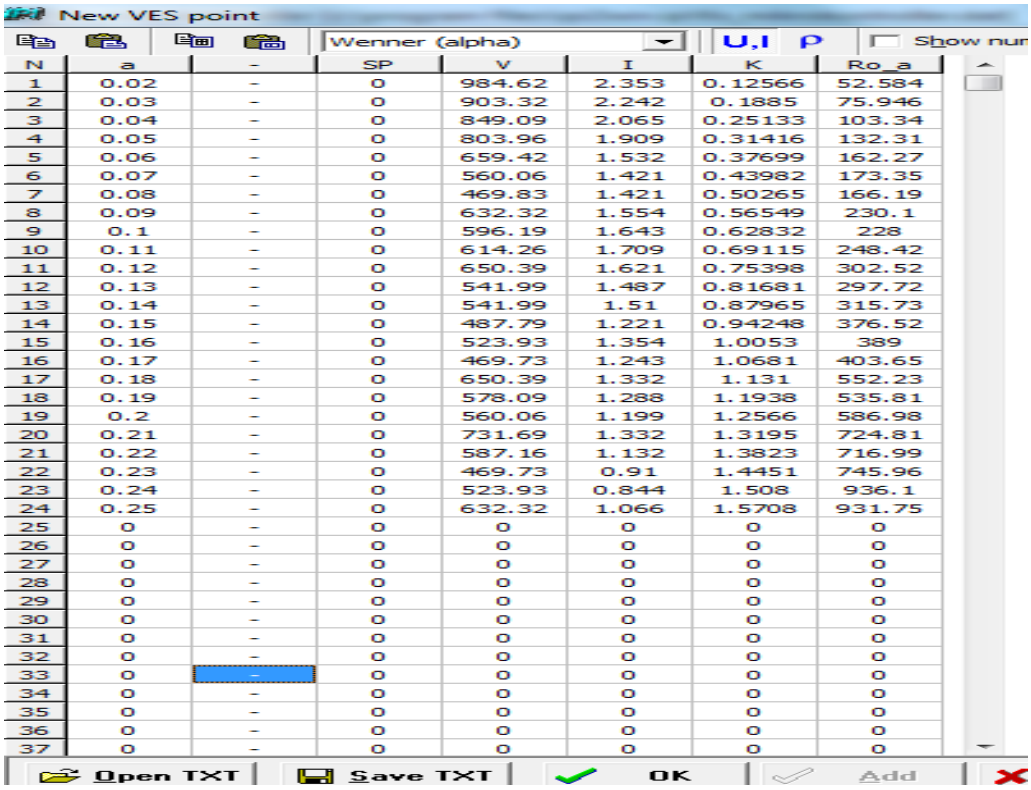
V= Tegangan (volt).

A= Arus (ampere).

Rho = Tahanan jenis (Ohm.meter).

Pada tabel di atas proses perhitungan untuk mendapatkan tahanan jenis dari data pengukuran yang telah didapatkan, di proses menggunakan Ms.Excel. Dengan titik pengukuran awal dihasilkan ρ = 35.03847 Ω.m hasil tersebut dapat dibandingkan dengan data acuan pada gambar II-3 dimana untuk batuan jenis ini adalah termasuk dalam jenis *clays* (lempung) dan titik pengukuran akhir dihasilkan ρ = 620.852 Ω.m tersebut dapat dibandingkan dengan data acuan pada gambar II-1 dimana untuk batuan dengan nilai *resistivity* ini adalah mineral jenis *surface water* (air permukaan).

Kemudian data pengukuran yang didapat yaitu data tegangan juga data arus diproses menggunakan *software* IPI2Win.

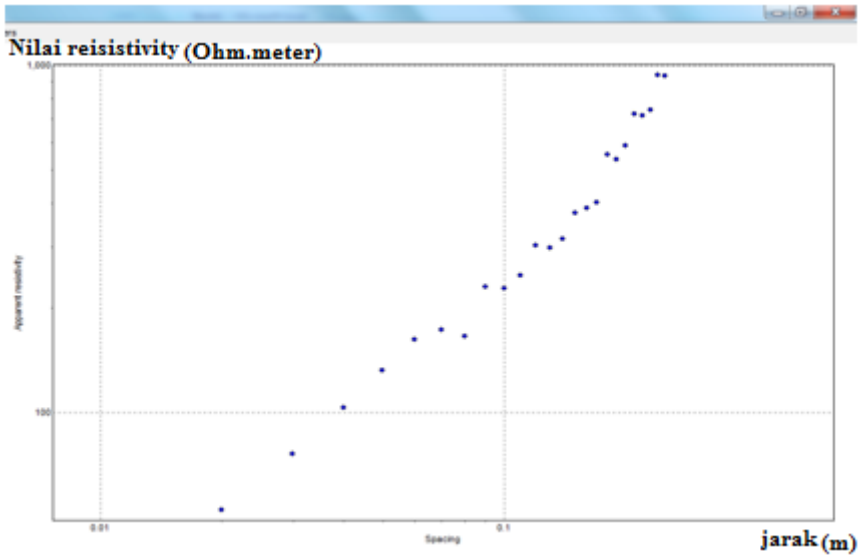


N	a	-	SP	V	I	K	Ro_a
1	0.02	-	0	984.62	2.353	0.12566	52.584
2	0.03	-	0	903.32	2.242	0.1885	75.946
3	0.04	-	0	849.09	2.065	0.25133	103.34
4	0.05	-	0	803.96	1.909	0.31416	132.31
5	0.06	-	0	659.42	1.532	0.37699	162.27
6	0.07	-	0	560.06	1.421	0.43982	173.35
7	0.08	-	0	469.83	1.421	0.50265	166.19
8	0.09	-	0	632.32	1.554	0.56549	230.1
9	0.1	-	0	596.19	1.643	0.62832	228
10	0.11	-	0	614.26	1.709	0.69115	248.42
11	0.12	-	0	650.39	1.621	0.75398	302.52
12	0.13	-	0	541.99	1.487	0.81681	297.72
13	0.14	-	0	541.99	1.51	0.87965	315.73
14	0.15	-	0	487.79	1.221	0.94248	376.52
15	0.16	-	0	523.93	1.354	1.0053	389
16	0.17	-	0	469.73	1.243	1.0681	403.65
17	0.18	-	0	650.39	1.332	1.131	552.23
18	0.19	-	0	578.09	1.288	1.1938	535.81
19	0.2	-	0	560.06	1.199	1.2566	586.98
20	0.21	-	0	731.69	1.332	1.3195	724.81
21	0.22	-	0	587.16	1.132	1.3823	716.99
22	0.23	-	0	469.73	0.91	1.4451	745.96
23	0.24	-	0	523.93	0.844	1.508	936.1
24	0.25	-	0	632.32	1.066	1.5708	931.75
25	0	-	0	0	0	0	0
26	0	-	0	0	0	0	0
27	0	-	0	0	0	0	0
28	0	-	0	0	0	0	0
29	0	-	0	0	0	0	0
30	0	-	0	0	0	0	0
31	0	-	0	0	0	0	0
32	0	-	0	0	0	0	0
33	0	-	0	0	0	0	0
34	0	-	0	0	0	0	0
35	0	-	0	0	0	0	0
36	0	-	0	0	0	0	0
37	0	-	0	0	0	0	0

Gambar IV-8 Hasil proses data IPI2Win menggunakan alat mikrokontroller

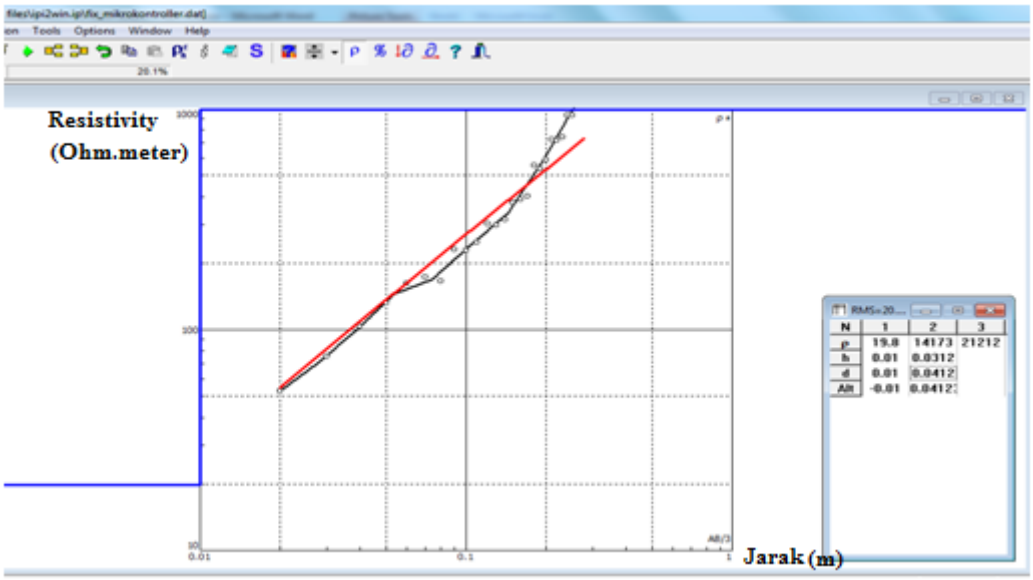
Pada gambar di atas adalah proses perhitungan menggunakan aplikasi yang memang untuk eksplorasi geolistrik yaitu IPI2Win. Hasil perhitungan disini diperoleh hasil dengan titik pengukuran awal dihasilkan ρ = 52.584 Ω.m hasil tersebut dapat dibandingkan dengan data acuan pada gambar II-3 dimana untuk batuan jenis ini adalah termasuk dalam jenis *clays* (lempung) dan titik pengukuran akhir dihasilkan ρ = 931.75 Ω.m tersebut dapat dibandingkan dengan data acuan pada gambar II-1 dimana untuk batuan dengan nilai *resistivity* ini adalah mineral jenis *surface water* (air permukaan).

Pada gambar IV-8 ketika hasil *resistivity* diperoleh maka dilanjutkan dengan sebaran-sebaran titik pengukuran menjadi sebuah grafik. Kemudian dari hasil grafik tersebut dapat diperoleh persentase *error* pengukuran yang didapat.



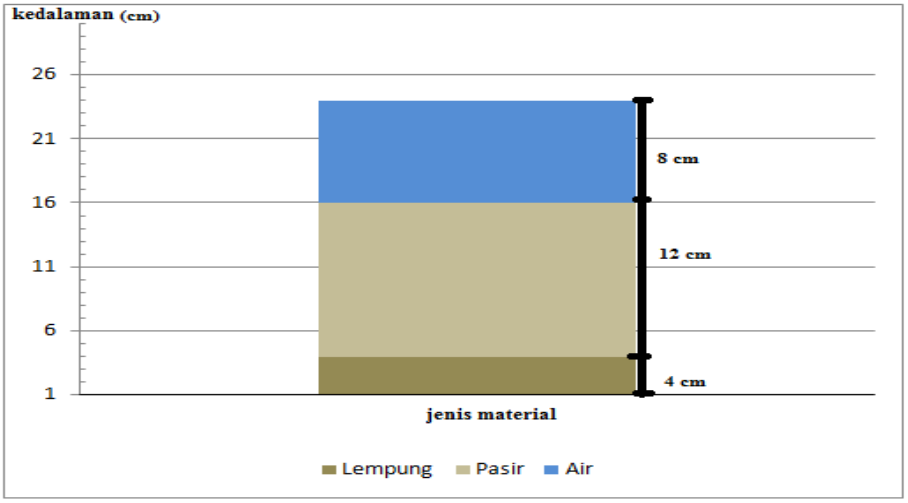
Gambar IV-9 Grafik titik pengukuran IPI2Win menggunakan alat mikrokontroller

Berdasarkan gambar IV-9 menunjukan titik sebaran pengujian, hasil ini didapatkan setelah data masukan telah selesai diproses.



Gambar IV-10 Grafik pengukuran dan error menggunakan alat mikrokontroller

Pada gambar IV-10 dapat diketahui bahwa *error* yang di hasilkan program IPI2Win adalah 20.1%. Garis warna merah pada kurva merupakan garis data model sedangkan garis kurva warna hitam merupakan data hasil pengukuran.



Gambar IV-11 Grafik lapisan bawah permukaan menggunakan alat mikrokontroller

Pada gambar IV-10 yaitu tabel hasil koreksi *error* di gambarkan menjadi sebuah grafik lapisan bawah permukaan seperti pada gambar IV-11 dimana lapisan pertama adalah lempung, lapisan kedua adalah pasir, dan lapisan ketiga adalah air.

4.2 Analisa

Berdasarkan data pengukuran yang telah didapatkan dari 24 titik pengujian yaitu mulai dari jarak titik uji 2 cm sampai dengan 25 cm, memberikan hasil yang cukup baik karena mampu memberikan informasi mengenai struktur lapisan bawah permukaan tanah.

- Berdasarkan tabel IV-1 mengenai kalibrasi alat ukur arus antara multimeter digital dengan mikrokontroller memiliki selisih *error* sebesar 2.44 %. Dan untuk tabel IV-2 mengenai kalibrasi alat ukur tegangan antara multimeter digital dengan mikrokontroller memiliki selisih *error* sebesar 1.83 %. Oleh karena itu alat ukur menggunakan mikrokontroller menghasilkan pengukuran mendekati nilai pengukuran menggunakan multimeter digital.
- Berdasarkan gambar IV-5 mengenai grafik pengukuran dan koreksi *error* yang didapatkan adalah 25.01 % jika dibandingkan dengan gambar IV-10

mengenai grafik dan koreksi *error* yang didapatkan sebesar 20.1%. Maka pengukuran menggunakan multimeter digital juga mikrokontroller memiliki selisih yang kecil. Namun dapat kita lihat *error* menggunakan mikrokontroller lebih kecil dibandingkan dengan multimeter digital. Mengenai lapisan bawah tanah dapat diketahui ketebalan lapisan, untuk lempung memiliki ketebalan lapisan sebesar 4 cm, untuk pasir memiliki ketebalan 12 cm, dan untuk air memiliki ketebalan lapisan sebesar 8 cm.