

Rancang Bangun Alat Geolistrik Berbasis Arduino Mega2560

Widodo ^{1✉}, Boni P. Lapanporo², Muh. Ishak Jumarang²

¹Prodi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima:
16 Januari 2018

Disetujui:
5 April 2018

Dipublikasikan:
5 April 2018

Keywords:
Alat Ukur Resistivitas,
Mikrokontroler, Metode
Geolistrik, Penguat
Tegangan

Abstrak

Rancang bangun alat geolistrik berbasis Arduino Mega2560 telah selesai dilaksanakan. Alat geolistrik dengan penguat tegangan sampai dengan 350 Volt dan dilengkapi dengan fitur injeksi arus secara otomatis, sistem penyimpanan data hasil pengukuran, dan *stacking chart database*. Alat geolistrik dirancang memiliki 3 sistem utama, yaitu sistem penguat tegangan, sistem penyimpanan data dan sistem kontrol. Sistem penguat tegangan menggunakan IC CD4047, sistem penyimpanan data menggunakan modul SD Card, dan sistem kontrol menggunakan Arduino Mega2560. Alat geolistrik dengan sistem kontrol Arduino Mega 2560 diuji dan dikalibrasi menggunakan alat ukur standar yaitu *Automatic Resistivity System* (ARES). Hasil pengujian alat geolistrik memiliki nilai error sebesar 13,95% dibandingkan dengan alat ukur standar yaitu ARES.

Abstract

Geoelectric design based Arduino Mega2560 has been completed. Geoelectric device with voltage amplifier up to 350 Volts and equipped with automatic injection feature, data storage measurement system, and database stacking chart. The geo-electric apparatus is designed to have 3 main systems, including the voltage booster system, the data storage system and the control system. The voltage amplifier system uses CD4047 IC, data storage system using SD Card module, and control system using Arduino Mega2560. The geoelectric device with the Arduino Mega 2560 control system is tested and calibrated using a standard automatic measuring instrument called the Automatic Resistivity System (ARES). Geoelectric test results has an error value of 13.95% compared to the standard gauge that is ARES.

© 2018 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:
Prodi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura
E-mail: widodo@student.untan.ac.id

PENDAHULUAN

Survei geolistrik dilakukan untuk mengetahui lapisan bawah permukaan tanah, untuk eksplorasi mineral, dan mengetahui jenis batuan yang ada di dalam tanah (Railasha, dkk, 2015). Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui struktur lapisan bawah permukaan tanah. Setiap bahan memiliki bahan penyusun masing-masing sehingga setiap bahan akan memiliki nilai resistivitas yang berbeda. Nilai resistivitas bawah permukaan tanah dapat diestimasi dengan menginjeksikan arus ke dalam tanah dan diukur kuar arus yang mengalir, melalui elektroda arus serta beda potensialnya melalui elektroda potensial. Metode geolistrik dapat digunakan untuk mengetahui jenis batuan yang terdapat di bawah tanah dengan mengetahui nilai resistivitasnya (Kanata dan Zubaidah, 2008). Nilai resistivitas pada batuan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti homogenitas batuan, kandungan air, porositas, permeabilitas dan kandungan mineral lainnya yang terdapat di dalamnya (Telford, 1990).

Rancang alat geolistrik telah dikembangkan dengan penguatan tegangan sebesar 420 volt (Azharudin dkk, 2013). Penguat tegangan dirancang untuk mencukupi arus yang diinjeksikan ke dalam bumi. Irianto (2014) mengembangkan alat ukur resistivitas menggunakan metode geolistrik dengan konfigurasi wenner *array* dan dapat digunakan untuk membedakan kadar air berdasarkan nilai resistivitasnya dengan nilai ketidakpastian relatif sebesar 6. Sedangkan Safitri dkk (2014) telah mengembangkan rancang alat ukur resistivitas dengan metode 4 probe menggunakan mikrokontroler ATMega8535. Mikrokontroler ATMega8535 berfungsi sebagai pengolahan data pengukuran, dimana data pengukuran berupa nilai ADC dikonversi untuk mendapatkan nilai resistansi suatu bahan. Penelitian ini dapat membaca nilai resistansi dengan jarak *probe* sebesar 0,4 cm. Alat ini juga dapat digunakan di berbagai macam lapisan tipis dengan pengujian variasi arus dari 20 mA sampai 70 mA.

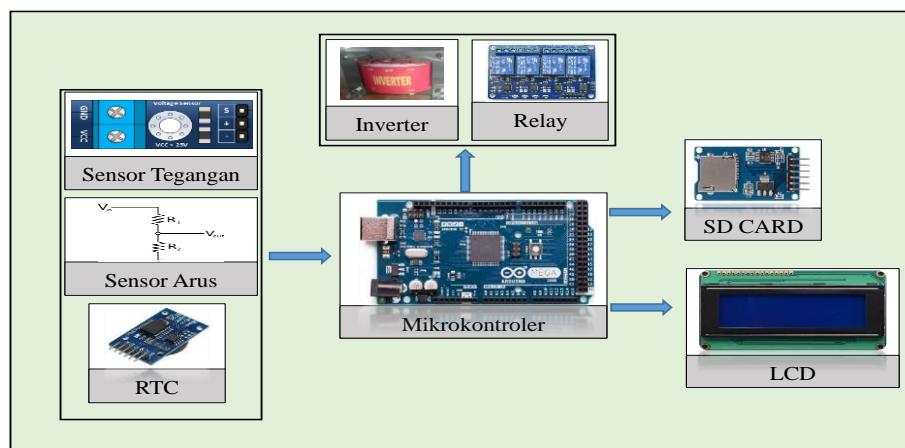
Alat geolistrik memerlukan sistem penyimpanan data hasil pengukuran agar pada saat pengukuran di lapangan tidak perlu mencatat data pengukuran secara manual. Disamping itu alat geolistrik perlu memiliki sistem *auto injection* agar pada saat proses injeksi arus bisa lebih stabil dan juga perlu ditambahkan dengan beberapa alur pengambilan data (*database stacking chart*) untuk beberapa konfigurasi, karena setiap konfigurasi memiliki aturan pengambilan data tersendiri. Untuk melakukan semua proses tersebut dibuatlah sebuah sistem kontrol yang dapat mengatur proses *input* dan *output* sebuah data. Sistem kontrol tersebut dirancang menggunakan Arduino mega2560 yang di dalamnya sudah tertanam mikrokontroler ATMega 2560. Data hasil pengujian alat geolistrik dengan sistem kontrol Arduino Mega 2560 berupa nilai resistivitas dibandingkan dengan alat ukur standar ARES.

METODE PENELITIAN

Rancang bangun alat geolistrik berbasis Arduino Mega2560 terdiri dari beberapa tahap, yaitu tahap perancangan sistem elektronik, perancangan penguat tegangan, perancangan sensor, dan perancangan sistem penyimpanan data. Peralatan pendukung dalam rancang bangun alat geolistrik yaitu multimeter, *power supply*, solder, dan laptop untuk membuat *source code*. Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kabel, elektroda, sensor arus, sensor tegangan, modul memori beserta kartu memori, lcd 20x4, *keypad*, dan *box* plastik.

Perancangan Sistem Elektronik

Perancangan sistem elektronik alat ukur resistivitas bawah permukaan tanah menggunakan metode geolistrik berbasis mikrokontroler terdiri dari beberapa sistem yaitu, sistem *data logger*, penguat tegangan, sensor arus dan tegangan dan sistem kontrol. Diagram blok perancangan sistem elektronik ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem

Adapun diagram blok yang dirancang memiliki 8 bagian dengan fungsinya yang berbeda-beda. Berikut penjelasan bagian-bagian sistem serta fungsinya:

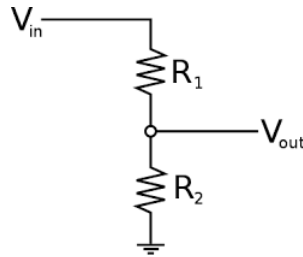
1. Sensor arus adalah perangkat yang dapat mengukur besarnya kuat arus yang dialirkan ke dalam tanah melalui elektroda.
2. Sensor tegangan adalah perangkat yang dapat mengukur besarnya beda potensial pada titik tertentu melalui elektroda.
3. *Real Time Clock* (RTC) adalah perangkat yang menyimpan waktu dan tanggal.
4. Mikrokontroler adalah perangkat yang digunakan untuk membaca data keluaran dari sensor dan sebagai sistem pengolahan data.
5. *Relay* berfungsi sebagai saklar untuk injeksi arus, penghubung sensor dan penghubung kipas yang dapat dikontrol mikrokontroler.
6. *Liquid Crystal Display* (LCD) adalah perangkat untuk menampilkan hasil pembacaan sensor dan beberapa pengaturan yang lain.
7. *SD Card* merupakan sebagai media penyimpanan dan pengiriman data hasil pembacaan sensor.
8. Inverter adalah sebuah perangkat elektronik yang berfungsi sebagai penaik tegangan.

Perancangan Penguat Tegangan

Sistem penguatan tegangan dirancang menggunakan trafo *step up* dan sebagai *driver switching* digunakan mosfet IRFZ44 yang dikontrol oleh *Integrated Circuit* (IC) CD4047. Rangkaian ini dapat menghasilkan keluaran berupa gelombang kotak. Keluaran mosfet dihubungkan dengan trafo *step up* untuk mengubah tegangan input menjadi tegangan output yang lebih tinggi (Sayekti, 2015).

Perancangan Sensor

Sensor arus dan tegangan dirancang menggunakan sistem pembagi tegangan dengan tujuan, agar tegangan yang masuk ke *Analog to Digital Converter* (ADC) pada mikrokontroler tidak lebih dari 5 Volt. Rangkaian pembagi tegangan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian sensor arus dan tegangan

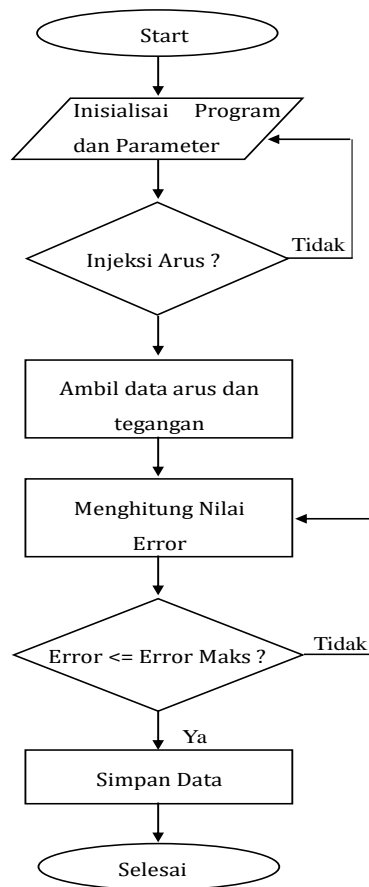
Tegangan V_{in} dihungkan dengan elektroda potensial dan V_{out} dihubungkan dengan ADC terdapat pada mikrokontroler. Dalam penelitian ini, untuk sensor arus digunakan nilai R_1 sebesar 10Ω dan R_2 sebesar 5Ω , sedangkan untuk sensor tegangan digunakan R_1 sebesar $30 \text{ k}\Omega$ dan R_2 sebesar $7,5 \text{ k}\Omega$.

Sistem Penyimpanan Data

Perancangan sistem penyimpanan data menggunakan modul *SD Card* agar dapat dikontrol oleh mikrokontroler. Data pengukuran disimpan ke dalam sebuah *file* yang memiliki format *text document* (.txt).

Diagram Alir Sistem

Sistem keseluruhan alat geolistrik seperti pada diagram alir sistem yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancang Bangun Alat

Alat geolistrik telah berhasil dirancang dengan kemampuan untuk menaikkan tegangan 12 Volt ke 350 Volt dengan berbagai variasi tegangan keluaran yang telah disediakan. Untuk mengurangi kesalahan operator, alat dilengkapi dengan *database stacking chart* beberapa konfigurasi, dapat menyimpan data pengukuran, dan dapat menginjeksikan arus secara otomatis dengan lama waktu yang telah ditentukan saat alat baru dinyalakan. Hasil perancangan alat dapat dilihat pada Gambar 4.



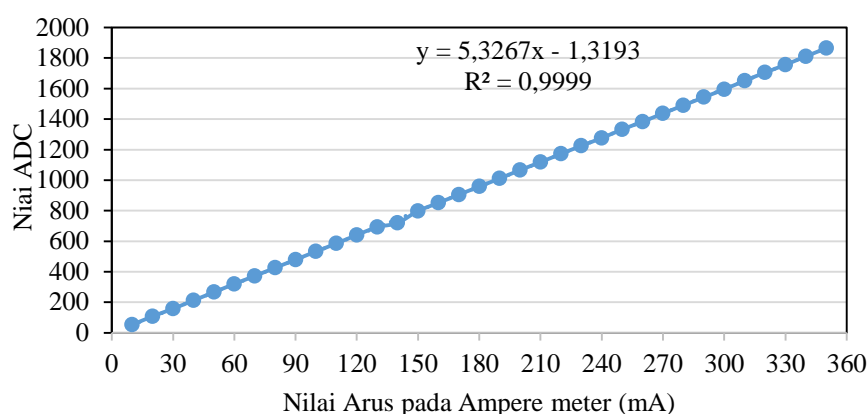
Gambar 4. Hasil perancangan alat

Adapun bagian-bagian dan fungsinya sebagai berikut:

1. Modul *SD Card* adalah tempat memori yang digunakan sebagai media penyimpanan hasil pengukuran.
2. *Keypad* digunakan untuk menuliskan beberapa parameter yang dibutuhkan.
3. Tegangan keluaran terdiri dari beberapa variasi yang dapat dipilih melalui saklar yang disediakan.
4. LCD adalah sebagai layar tatap muka antara alat yang dirancang dengan operator.
5. Kipas berfungsi sebagai sirkulasi udara dan untuk mendinginkan suhu di dalam kotak alat. Kipas akan aktif jika suhu di dalam kotak melebihi 45 °C.
6. *Power inverter* digunakan untuk menghubungkan aki dengan penguat tegangan.
7. *Power kontrol* merupakan soket untuk menghubungkan kabel elektroda ke alat yang dirancang.
8. Aki digunakan sebagai sumber tegangan.

Hasil Pengujian Sensor Arus

Pengujian sensor arus dilakukan untuk melihat respon sensor arus terhadap perubahan arus yang diberikan. Pengujian dilakukan dengan cara memvariasikan besar kuat arus yang masuk ke sensor arus. Pengukuran kuat arus dilakukan secara bersamaan antara sensor arus dengan Ampere meter. Hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan menggunakan bantuan microsoft excel untuk membuat plot grafik antara data hasil pengujian sensor arus dengan Ampere meter. Hasil plot grafik pengujian sensor arus ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil pengujian sensor arus

Hasil pengujian menunjukkan sensor arus yang dirancang menggunakan rangkaian pembagi tegangan dapat berkerja dengan baik, yang ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,99. Nilai koefisien korelasi tersebut menunjukkan tingkat kestabilan perubahan data hasil pengukuran sensor arus. Gambar 8 selain dapat mengetahui nilai korelasinya juga dapat mengetahui persamaan liniernya yaitu $y=5,3267 - 1,3193$ yang dapat digunakan untuk mengkonversi dari nilai ADC ke nilai arus yang sebenarnya. Dari persamaan linier tersebut, untuk mengkonversi nilai ADC ke nilai arus diubah menjadi Persamaan (2).

$$x = \frac{(y + 1,3193)}{5,3267} \quad (2)$$

keterangan:

x = nilai arus pada ampere meter (A)

y = nilai ADC sensor arus

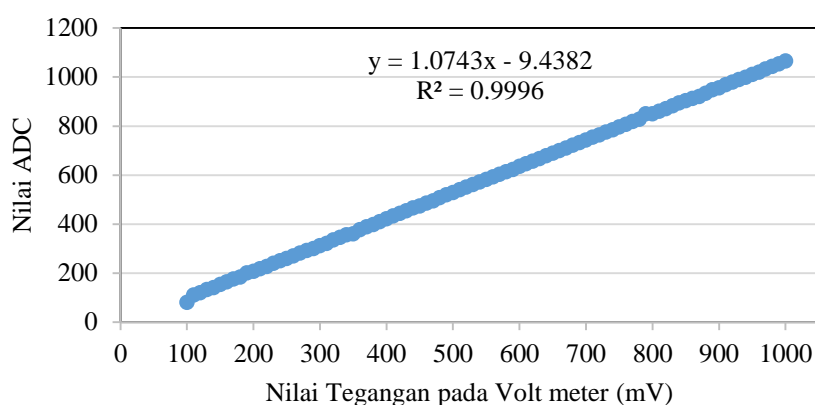
Setelah mendapatkan persamaan konversi nilai ADC ke nilai arus yang sebenarnya, sensor diuji kembali dengan cara yang sama pada saat pengujian sebelumnya. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa persamaan konversi yang digunakan dapat bekerja dengan baik. Hasil pengujian sensor arus ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Arus

No	Ampere Meter (mA)	Sensor Arus (mA)
1	50	50,18
2	100	100,31
3	150	150,06
4	200	200,37
5	250	250,31
6	300	299,68
7	350	350,18

Hasil Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat sensitivitas dan keakuratan data. Pengujian sensor tegangan dilakukan untuk melihat respon sensor arus terhadap perubahan tegangan yang diberikan. Pengujian dilakukan dengan cara memvariasikan besar tegangan yang masuk ke sensor. Perubahan besar tegangan diukur menggunakan Volt meter dengan sensor tegangan secara bersamaan. Hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan menggunakan bantuan *microsoft excel* untuk membuat plot grafik. Dari hasil plot grafik tersebut dihasilkan persamaan untuk mengkonversi hasil pembacaan sensor agar sesuai dengan hasil pengukuran pada Volt meter. Hasil plot grafik hasil pengujian sensor tegangan ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pembacaan sensor dan Volt meter

Hasil pengujian menunjukkan sensor tegangan yang dirancang menggunakan rangkaian pembagi tegangan dapat bekerja dengan baik. yang ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,99. Nilai koefisien korelasi tersebut menunjukkan tingkat kestabilan perubahan data hasil pengukuran sensor tegangan. Gambar 9 selain dapat mengetahui nilai korelasi juga dapat mengetahui persamaan liniernya yaitu $y=1,0743x - 9,4382$ yang digunakan untuk mengkonversi dari nilai ADC ke nilai tegangan yang sebenarnya. Dari persamaan linier tersebut, untuk mengkonversi nilai ADC ke nilai tegangan diubah menjadi Persamaan (3),

$$x = \frac{(y + 9,4382)}{1,0743} \quad (3)$$

dengan:

x = Nilai Tegangan pada Volt meter (V)

y = Nilai ADC sensor tegangan

Setelah mendapatkan persamaan konversi nilai ADC ke nilai tegangan yang sebenarnya, dengan perlakuan yang sama sensor diuji kembali untuk memastikan bahwa persamaan konversi yang digunakan dapat bekerja dengan baik. Hasil pengujian sensor tegangan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Tegangan

No	Volt Meter (mV)	Sensor Tegangan (mV)
1	100	102,05
2	200	201,83
3	300	299,74
4	400	401,38
5	500	501,15
6	600	601,86
7	700	700,71
8	800	801,42
9	900	900,26
10	1000	1001,9

Hasil Pengujian Penguatan Tegangan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui keluaran tegangan yang dapat dihasilkan oleh rangkaian. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dengan hasil perhitungan. Adapun data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3.

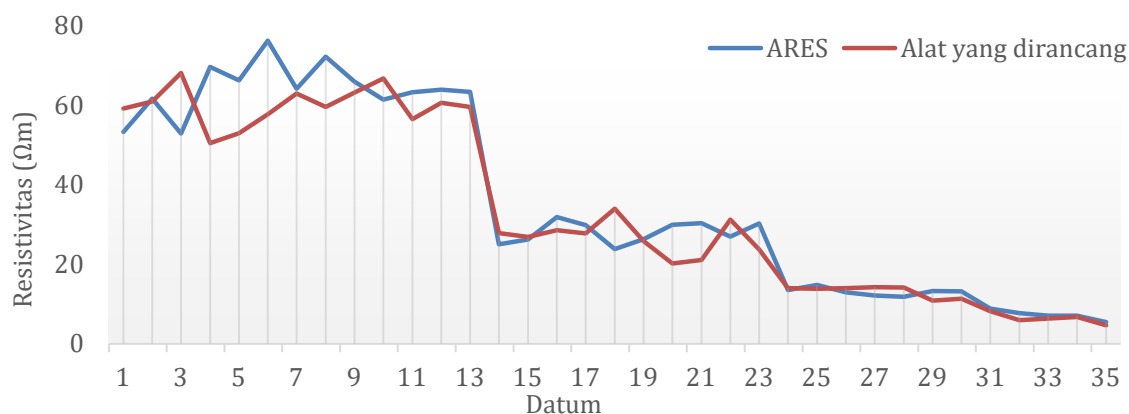
Tabel 3. Hasil pengujian rangkaian penguat tegangan

NO	Volt Meter (Volt)	Tegangan Teori (Volt)	Efisiensi (%)
1	79	110	72
2	90	125	72
3	157,5	220	71
4	172,1	240	72

Hasil pengujian penguatan tegangan yang telah dirancang memiliki efisiensi sebesar 72% sehingga penguat tegangan yang dirancang dapat dikatakan cukup baik.

Hasil Pengujian Alat

Pengujian secara keseluruhan merupakan pengujian akhir dari alat yang dirancang. Alat yang telah berhasil dirancang, selanjutnya diuji dengan melakukan pengukuran dengan skala lapangan. Pada pengujian ini dilakukan pada lintasan dengan panjangnya 15 meter dan jarak antar elektroda 1 meter dengan menggunakan konfigurasi *wenner*. Pada lintasan yang sama juga dilakukan pengukuran menggunakan alat ukur standar yaitu ARES sebagai pembanding data hasil pengukuran. Untuk proses pembandingan data dilakukan dengan dua cara yaitu dengan membandingkan nilai resistivitas semu yang didapatkan ketika pengukuran dan hasil pengolahan data berupa interpretasi hasil pengolahan data. Adapun hasil perbandingan data pengukuran yang pertama disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 7.



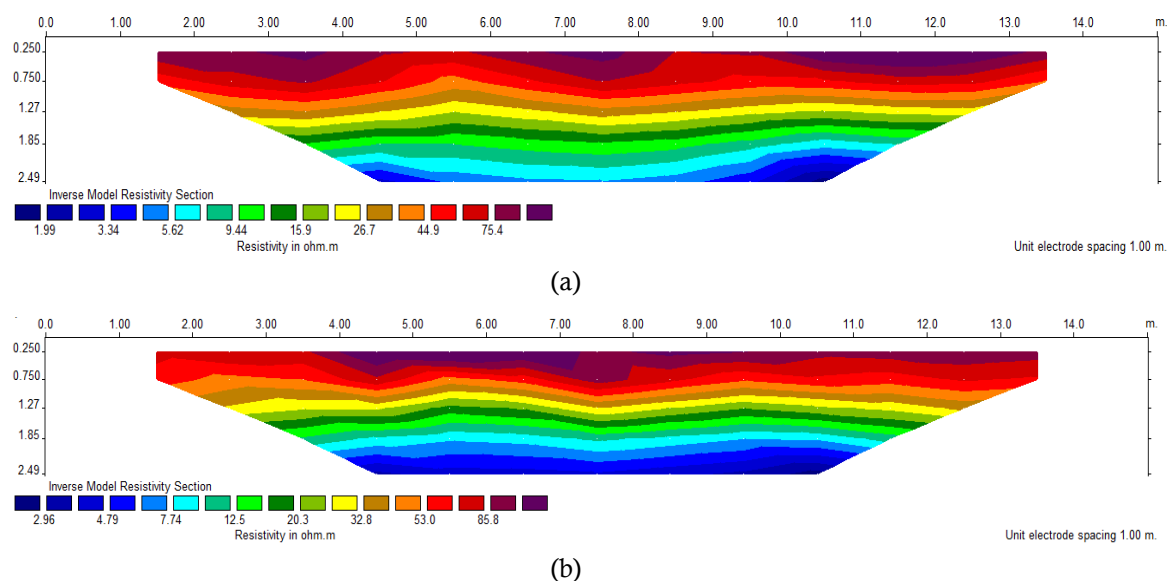
Gambar 7. Perbandingan data resistivitas ARES dan alat yang dirancang

Gambar 7. menunjukkan perbandingan data nilai resistivitas dari pengukuran di lapangan. Data yang diperoleh terlihat kurang stabil pada lapisan atas yaitu pada datum 1 sampai datum 21. Untuk data yang sudah mulai stabil ditunjukkan pada datum 25 sampai 35. Ini menunjukkan bahwa ketika arus masih dipermukaan tanah, hasil pembacaan sensor kurang stabil. Hal ini disebabkan jarak elektroda terlalu dekat untuk penguat tegangan yang digunakan saat pengukuran. Ketika alat melakukan pengukuran pada lapisan yang lebih dalam, terlihat bahwa nilai resistivitasnya jika dibandingkan dengan alat ukur standar sudah terlihat mulai stabil.

Untuk memvalidasi data pengukuran, dilakukan analisis *error* menggunakan persamaan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) untuk mengetahui seberapa besar nilai *error* alat yang dikembangkan. Analisis *error* dilakukan dengan membandingkan nilai resistivitas terukur antara alat yang dirancang dengan alat pembanding. Hasil analisis tersebut mendapatkan besar nilai *error* alat yang dirancang adalah 13,95% jika dibandingkan dengan alat ukur standar (ARES). Hal ini disebabkan oleh tingkat respon sensor yang kurang sensitif dan resolusi ADC yang digunakan kurang tinggi yaitu sebesar 16 bit. Sehingga tingkat sensitivitas sensor arus dan sensor tegangan kurang tinggi. Sedangkan resolusi ADC pada alat ARES sudah menggunakan ADC 24 bit sehingga alat ARES mampu melakukan pengukuran hingga nilai error 0,1% pada keadaan tertentu.

Perbandingan data juga dapat dilihat secara *visual* dengan cara dilakukan pengolahan data menggunakan *software RES2DINV*. Hasil dari pengolahan dapat menunjukkan nilai resistivitas sebenarnya dengan estimasi kedalaman data yang terukur. Interpretasi hasil pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 8.

Hasil interpretasi data menunjukkan bahwa nilai resistivitas setiap lapisan antara Gambar 8.a dan Gambar 8.b hampir sama. Begitu juga dengan pola bentuk lapisan tanah terlihat sebagian besar sama. Sebagai contoh pada kedalaman 1,27 meter pada Gambar 8.a menunjukkan warna kuning dengan nilai resistivitas 26,7 Ωm dan pada Gambar 8.b juga menunjukkan warna kuning, dimana warna kuning memiliki nilai resistivitas 32,2 Ωm . Hal ini menunjukkan keseragaman nilai resistivitas hasil pengukuran alat yang dikembangkan dengan alat pembanding. Berdasarkan Gambar 7 juga memperlihatkan hal yang sama, untuk lapisan atas data hasil pengukuran kurang stabil, sehingga dilihat dari hasil interpretasi juga terlihat ketidakstabilan nilai yang terukur. Untuk lapisan yang lebih dalam, hasil interpretasi juga menunjukkan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan sudah mendekati sama. Artinya alat yang dirancang dapat dikatakan baik, karena alat yang dirancang sudah dapat bekerja sebagaimana fungsinya dan memiliki hasil interpretasi yang relatif sama dengan nilai *error* sebesar 13,95%.



Gambar 8. Hasil pengolahan RES2DINV menggunakan nilai resistivitas (a) alat yang dirancang (b) ARES

Hasil interpretasi data menunjukkan bahwa nilai resistivitas setiap lapisan antara Gambar 8.a dan Gambar 8.b hampir sama. Begitu juga dengan pola bentuk lapisan tanah terlihat sebagian besar sama. Sebagai contoh pada kedalaman 1,27 meter pada Gambar 8.a menunjukkan warna kuning dengan nilai resistivitas 26,7 Ωm dan pada Gambar 8.b juga menunjukkan warna kuning, dimana warna kuning memiliki nilai resistivitas 32,2 Ωm . Hal ini menunjukkan keseragaman nilai resistivitas hasil pengukuran alat yang dikembangkan dengan alat pembanding. Berdasarkan Gambar 7 juga memperlihatkan hal yang sama, untuk lapisan atas data hasil pengukuran kurang stabil, sehingga dilihat dari hasil interpretasi juga terlihat ketidakstabilan nilai yang terukur. Untuk lapisan yang lebih dalam, hasil interpretasi juga menunjukkan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan sudah mendekati sama. Artinya alat yang dirancang dapat dikatakan baik, karena alat yang dirancang sudah dapat bekerja sebagaimana fungsinya dan memiliki hasil interpretasi yang relatif sama dengan nilai *error* sebesar 13,95%.

SIMPULAN

Alat geolistrik yang dirancang menggunakan Arduino Mega2560 dapat bekerja dengan baik. Alat geolistrik yang dirancang memiliki penguat tegangan sampai dengan 350 Volt yang dilengkapi dengan sistem penyimpanan data pengukuran dan database stacking chart yang sudah terintegrasi di dalamnya. Alat geolistrik dapat bekerja dengan baik dengan nilai *error* pengukuran sebesar 13,95% bila dibandingkan dengan alat ARES.

DAFTAR PUSTAKA

- Arduino Mega2560. [Online].; 2017 [cited 2017 Oktober 15]. tersedia: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>.
- Azharudin, I., Imaddudin, I. dan Nuryadin, B. W. (2013). Rancang Bangun Alat Geolistrik Untuk Menentukan Jenis Bahan Di Bawah Permukaan Bumi. *ISTEK* 7(1):116-132
- Irianto, E. A. (2014). Rancang Bangun Resistivity Meter Digital Dengan Metode Four-Point-Probes Untuk Menentukan Hambatan Jenis Tanah. *Teknologi Pendidikan* 3(2):96-99
- Kanata, B. dan Zubaidah, T. (2008). Aplikasi Metode Geolistrik Jenis Konfigurasi Wenner-Schlumberger untuk Survey Pipa Bawah Permukaan. *Teknik Elektro* 7(2):84-91

- Railasha V, Satibi S, Nugro SA. Interpretasi Lapisan Bawah Permukaan Tanah Menggunakan Metode Geolistrik 2-D (Mapping). *FTEKNIK*. 2(2):1-7
- Safitri, J., Yusfi, M. dan A. (2014). Rancang Bangun Alat ukur Resistivitas Pada Lapisan Tipis Menggunakan Metode 4 Probe Berbasis ATmega8535. *Jurnal Fisika Unand* 3(2):65-73
- Sayekti, I. (2015). Rancang Bangun Modul Inverter Gelombang Sinus Menggunakan LPF Orde Dua Sebagai Pengubah Gelombang Kotak Menjadi Sinus. *Orbith* 11(2):96-103
- Telford, W. M. (1990). *Applied Geophysics Second Edition*. (2 ed.): Cambridge University Press.