

PENGEMBANGAN PROTOTYPE DIGITAL RESISTIVITY METER MULTIELEKTRODA OTOMATIS UNTUK KONFIGURASI SCHLUMBERGER

Erin Ficrah Huda¹⁾, Yohandri²⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang
erinfichu@gmail.com, yohandri@fmipa.unp.ac.id

ABSTRACT

Prototype digital multi-electrode automatic resistivity meter is a prototype that is used to measure ground resistivity with 16 electrodes based on the ohm law principle. By selecting four electrodes as a measuring point, then injecting voltage through the two current electrodes, the potential difference between the two electrodes can be detected. Current and voltage data obtained can determine the value of resistivity or soil resistivity. This research is a type of research and development that functions to develop existing products. From the results of the study, it can be stated four results consisting of internal testing results, product manufacturing results and initial field testing results or limited trials. The results of internal testing are looking at the characteristics of the current detection circuit, then testing the relay module and multiplexer module. The products are made up of prototype boxes, cable electrodes, 16 nail electrodes and, 12-volt batteries. Preliminary field test results on a laboratory scale for current and voltage measurements with error percentages from 0,8% to 31,8% and 0,098% to 11,76%, respectively. Limited field test results for resistivity measurements at three different locations obtained an average accuracy of 78,05%; 78,89% and 84,05%, respectively. While the average accuracy was 77,50%, 99,74% and 99,41%, respectively.

Keywords : Resistivity, Multielektrode, Multiplexer, Relay



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2018 by author and Universitas Negeri Padang.

PENDAHULUAN

Pengukuran resistivitas sering digunakan untuk mengetahui dan mempelajari keadaan bahan atau material dibawah permukaan bumi. Dengan mengukur resistivitas suatu bahan dapat diketahui karakteristik setiap jenis bahan yang ada dipermukaan bumi dari seberapa besar bahan tersebut menahan aliran listrik^[1]. Bahan-bahan yang ada dipermukaan bumi dianggap sebagai beban atau resistansi sehingga berlaku hukum Ohm yang menyatakan bahwa beda potensial akibat suatu beban berbanding lurus dengan besar arus listrik seperti Persamaan 1.

$$V = IR \quad (1)$$

Resistansi pada setiap jenis bahan sebanding dengan panjang L dan berbanding terbalik dengan luas penampang A dari konduktor seperti Persamaan 2.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2)$$

Sehingga resistivitas ρ yang menggambarkan kemampuan suatu bahan dalam menghambat listrik yang dapat diungkapkan pada Persamaan 3.

$$\rho = \left(\frac{A}{L} \right) \left(\frac{V}{I} \right) \quad (3)$$

Pengukuran resistivitas pada suatu bahan atau material dapat dilakukan dengan metode geolistrik

resistivitas. Metode yang digunakan adalah salah satu metode dalam geolistrik yang mempelajari sifat aliran listrik didalam bumi dengan cara menginjeksikan arus listrik ke permukaan bumi melalui dua elektroda dan mengukur beda potensial dengan dua elektroda lain^[2]. Konfigurasi atau tipe susunan empat elektroda yang digunakan adalah konfigurasi *schlumberger*. Pada metode *Schlumberger* jarak elektroda arus berubah secara teratur dan jarak elektroda potensial tetap^[3]. Susunan elektroda konfigurasi *schlumberger* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Susunan Elektroda Konfigurasi *schlumberger* ^[4]

Elektroda P_1 dan P_2 yang digunakan pada Gambar 1 sebagai elektroda potensial dan elektroda C_1 dan C_2 digunakan sebagai elektroda arus. Perhitungan nilai tahanan jenis semu untuk konfigurasi *schlumberger* seperti Persamaan 4.

$$\rho_a = \pi \frac{a^2}{b} \left(1 - \frac{b^2}{4a^2} \right) \frac{\Delta V}{I} \quad (4)$$

Elektroda atau penghantar arus listrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah paku beton berwarna hitam yang terbuat dari baja. Baja merupakan logam paduan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur utamanya. Pada umumnya logam bersifat konduktif atau mudah menghantarkan arus listrik^[5]. Alat yang digunakan untuk mengukur tahanan jenis tanah adalah *resistivity meter*. Alat ukur resistivitas digital berbasis mikrokontroler telah dibuat sebelumnya yaitu menggunakan empat elektroda yang terdiri dari dua elektroda pemancar arus dan dua elektroda penerima tegangan oleh (Yohandri dkk, 2018)^[6].

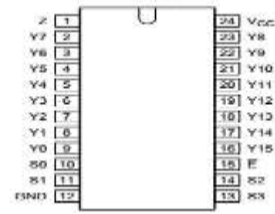
Perancangan dan pembuatan alat resistivitas tanah telah banyak dilakukan, seperti pengukuran resistivitas tanah dengan menggunakan metode *four point probes* oleh (Eko, 2014)^[7]. Dalam penelitian lain pengukuran resistivitas dilakukan oleh (Bachtera dkk, 2010)^[8] dengan menggunakan sumber arus konstan. Kemudian rancang bangun alat geolistrik berbasis Arduino ATmega2560 telah dilakukan oleh (Widodo, 2018)^[9] dengan menggunakan penguat tegangan sampai dengan 350 volt dan dilengkapi dengan fitur injeksi arus otomatis.

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian lanjutan dari penelitian (Yohandri dkk, 2018) yaitu tentang rancangan alat ukur resistivitas digital. Penelitian ini berupa pemodelan fisis yang memanfaatkan metode geolistrik resistivitas dengan menggunakan 16 elektroda. Enam belas elektroda yang digunakan akan dihubungkan dengan kontak injeksi pada modul *relay 16 channel* seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Modul Relay 16 Channel

Pada Gambar 2 modul *relay* yang digunakan merupakan *low level trigger* yaitu relay dapat aktif atau dikontrol dengan tegangan rendah 3-5 Volt. Sedangkan tegangan injeksi sebesar 12 Volt. Modul *relay 16 channel* yang digunakan akan dipilih melalui modul IC multiplexer 74HCT4067. IC multiplexer ini memiliki 16 pin input/output, pin vcc, ground, 4 pin select dan pin enable untuk mengaktifkan multiplexer seperti Gambar 3.



Gambar 3. Pin Ic Multiplexer 74HCT4067

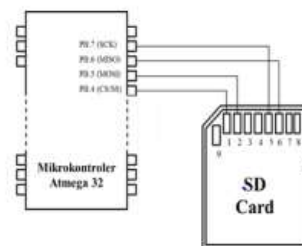
Cara kerja dari multiplexer ini adalah saat pin E (*Enable*) dihubungkan ke *ground* atau multiplexer dalam kondisi aktif *low* maka kombinasi empat selektor akan memilih input dari 16 input yang akan dikirim ke bagian keluaran multiplexer.

Untuk mendeteksi arus yang diinjeksi kedalam tanah digunakan rangkaian seperti Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Pendeteksi Arus

Rangkaian pendeteksi arus yang digunakan pada Gambar 4 adalah dengan metode tahanan *shunt*. Dimana arus listrik yang mengalir melalui sebuah tahanan akan menghasilkan jatuh tegangan yang nilainya sebanding dengan arus dan disipasi dayanya. Penyimpanan data pada *prototype* ini adalah secara otomatis dengan menggunakan data *logger* dalam bentuk memori eksternal jenis *SD Card* seperti Gambar 5.



Gambar 5. Skema Rangkaian SD card

Pada Gambar 5 modul *SD Card* terdapat pin *Miso*, *Mosi*, *SCK* dan *Cs* yang terhubung langsung dengan mikrokontroler. Untuk mengontrol semua sistem pada *prototype* ini digunakan Arduino ATmega 2560 seperti Gambar 6.



Gambar 6. Arduino ATmega2560

Pada Gambar 6 papan Arduino ATmega2560 ini sudah lengkap karena sudah memiliki segala sesuatu

yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler yang ditunjukkan pada Tabel 1.

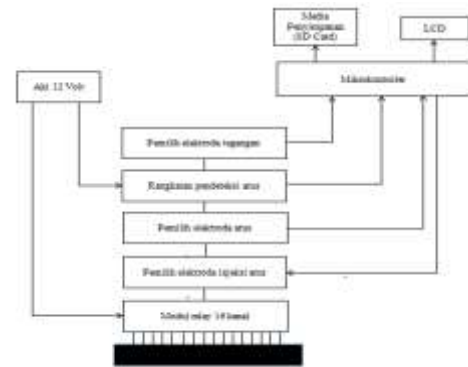
Tabel 1. Spesifikasi ATmega2560

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan operasional	5V
Tegangan input (rekomendasi)	7-12V
Tegangan input (limit)	6-20V
Pin digital input/output	54 (of wich 14 provide PWM output)
Pin analog input/output	16
Arus DC per pin input/output	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3 V	50 mA
Memori Flash	256 KB of wich 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 HZ

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium elektronika instrumentasi jurusan fisika FMIPA UNP. Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian dan pengembangan (*R&D*). Dalam pelaksanaan penelitian ada beberapa tahapan yang akan dilakukan yaitu tahap penelitian (*research*) yaitu mencari referensi tentang alat *digital resistivity meter* dan penelitian ke lapangan untuk melihat spesifikasi dan prinsip kerja alat standar yaitu *ARES (Automatic Resistivity)*. Kegiatan dalam tahap pengembangan meliputi mendesain rangkaian yang akan digunakan untuk pendeteksi arus, menguji ketepatan dan ketelitian rangkaian, pembuatan *prototype*, membuat program Arduino, melakukan pengujian skala laboratorium, melakukan pengujian skala lapangan dan analisis data.

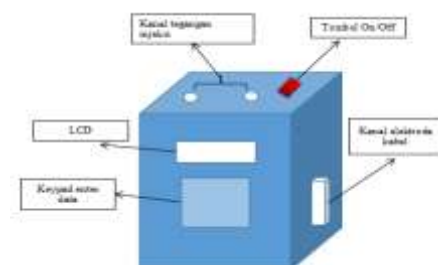
Sistem yang akan didesain membutuhkan beberapa blok rangkaian elektronika yaitu sistem minimum, blok rangkaian pendeteksi arus, pemilih elektroda, penampil digital dan aki sebagai sumber tegangan injeksi. Secara umum blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Blok Diagram Sistem

Prototype Resistivity Meter multielektroda otomatis berbasis mikrokontroler yang mencakup aki 12 Volt sebagai sumber tegangan injeksi, modul *relay* 16 *channel* untuk menginjeksikan arus ke tanah, pemilih elektroda injeksi arus untuk memilih relay yang akan aktif sesuai dengan elektroda yang dipilih, pemilih elektroda arus untuk memilih elektroda yang akan diukur besar arus yang terinjeksi, rangkaian pendeteksi arus untuk mengukur arus pada elektroda yang sudah dipilih oleh pemilih elektroda arus, pemilih elektroda tegangan untuk memilih dan mengukur besar tegangan yang terukur di tanah, 16 elektroda yang ditancapkan ke tanah yang dihubungkan dengan modul *relay* 16 *channel*, mikrokontroler untuk mengolah data tegangan yang diterima dari elektroda yang dipilih sebagai injeksi arus dan pengukur tegangan, media penyimpanan untuk menyimpan data tegangan, arus yang diinjeksi, konfigurasi jarak elektroda dan penampil digital untuk menampilkan hasil pengukuran.

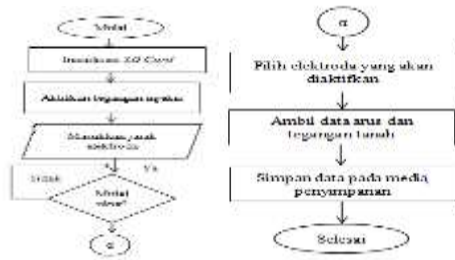
Rancangan detail dari pengembangan *prototype digital resistivity meter* multielektroda otomatis terdiri dari desain perangkat keras dan perangkat lunak. Desain perangkat keras pada pengembangan *prototype digital resistivity meter* multielektroda otomatis dapat dilihat pada Gambar 8.



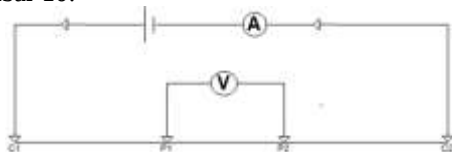
Gambar 8. Desain *Prototype Digital Resistivity Meter*
 Pada Gambar 8 terdapat saklar *on/off* untuk mengaktifkan *prototype* agar beroperasi. Kanal tegangan injeksi sebagai penghubung *prototype* dengan dengan aki 12 volt, keypad penginput data untuk memasukkan jarak elektroda yang digunakan dan kanal elektroda kabel sebagai penghubung injeksi arus dari *prototype* ke elektroda paku.

Desain perangkat lunak pada *prototype digital resistivity meter* multielektroda otomatis adalah

dengan melakukan pemrograman mikrokontroler yang bertujuan agar sistem bekerja sesuai dengan yang diinginkan seperti Gambar 9.



Gambar 9. Diagram Alir Perangkat Lunak Pada Gambar 9 Arduino ATmega2560 sebagai mikrokontroler yang digunakan untuk memprogram sistem *prototype digital resistivity meter* agar dapat beroperasi sesuai dengan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *schlumberger* seperti pada Gambar 10.



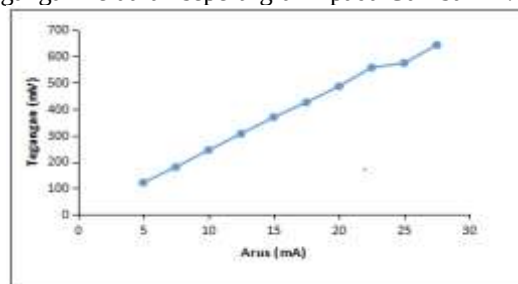
Gambar 10. Konfigurasi *Schlumberger* Pada Gambar 10 mikrokontroler Arduino akan memilih empat elektroda sebagai titik ukur dari 16 elektroda yang digunakan. Dimana 2 elektroda sebagai elektroda arus yang diinjeksikan (C1 dan C2) dan 2 elektroda lain sebagai elektroda tegangan yang akan mengukur tegangan tanah (P1 dan P2). Kemudian mikrokontroler akan menghitung nilai resistivitas dari data arus injeksi, tegangan tanah dan jarak elektroda yang dimasukkan. Setelah itu mikrokontroler akan memindahkan pengukuran pada titik ukur yang lain sesuai dengan konfigurasi *schlumberger*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

a. Hasil Pengujian Internal

Sebelum menggunakan suatu rangkaian pendeteksi arus dilakukan karakteristik rangkaian pendeteksi arus dengan potensiometer. Variasi nilai arus masukan dengan potensiometer akan menunjukkan hubungan antara arus masukan dengan tegangan keluaran seperti grafik pada Gambar 11.



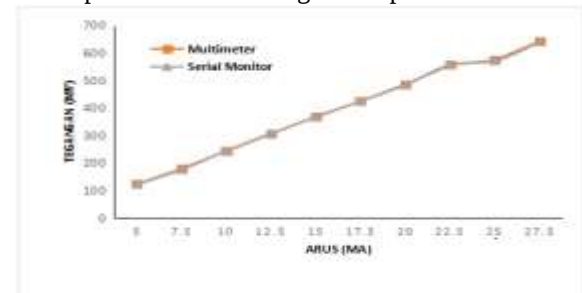
Gambar 11. Karakteristik Rangkaian Pendeteksi Arus

Pada Gambar 11 menunjukkan karakteristik rangkaian pendeteksi arus, dimana semakin tinggi nilai arus masukan pada rangkaian akan menghasilkan tegangan keluaran yang tinggi. Selanjutnya dilakukan pengambilan data ketepatan arus masukan dengan tegangan keluaran yang terbaca di serial monitor Arduino seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Pengambilan Data Ketepatan Rangkaian Pendeteksi Arus

Pada Gambar 12 menunjukkan proses pengambilan data hubungan antara arus masukan dengan tegangan keluaran. Ketepatan rangkaian pendeteksi arus diinterpretasikan kedalam grafik seperti Gambar 13.



Gambar 13. Ketepatan Rangkaian Pendeteksi Arus Pada Gambar 13 menunjukkan bahwa arus masukan berbanding lurus dengan tegangan keluaran yang terbaca di serial monitor dan multimeter. Dengan ketepatan rata-rata 99,6%. Kemudian dilakukan pengukuran berulang sebanyak 10 kali untuk mendapatkan data ketelitian seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Ketelitian Rangkaian Pendeteksi Arus

No	Im (mA)	Vd (mV)	Id (mA)
1.	10	244,47	9,79
2.	10	244,47	9,79
3.	10	244,47	9,79
4.	10	244,47	9,79
5.	10	244,47	9,79
6.	10	244,47	9,79
7.	10	244,47	9,79
8.	10	244,47	9,79
9.	10	244,47	9,79
10.	10	244,47	9,79

Pada Tabel 2 adalah nilai tegangan dan arus yang terbaca oleh serial monitor Arduino. Arus masukan yang diberikan pada rangkaian adalah 10 mA sedangkan yang terbaca pada serial monitor adalah 9,79 mA dengan ketelitian rata-rata 100%.

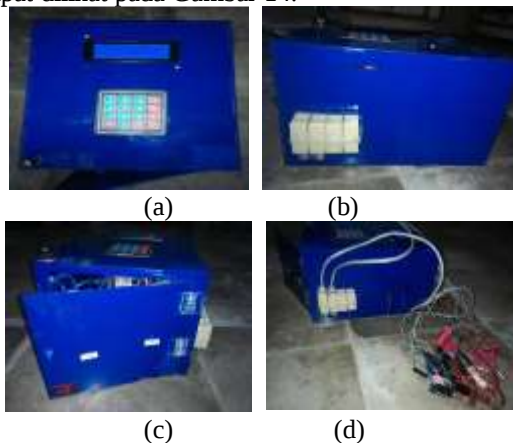
Dua buah modul *relay* yang digunakan adalah modul *relay 16 channel* yang akan aktif dengan tegangan 3-5 volt dengan tegangan injeksi 12-220

volt. Cara mengaktifkan modul *relay* adalah dengan menghubungkan pin digital dari modul *relay* dengan 16 pin *output/input* masing-masing dari 2 multiplexer. Multiplexer yang akan memilih *relay* mana yang akan aktif melalui program Arduino. Multiplexer yang digunakan memiliki 16 pin *output/input* yang terhubung dengan *com* pada modul *relay*.

Sumber tegangan injeksi yang digunakan adalah aki 12 Volt, dimana positif dari aki akan terhubung dengan kontak *NO (Normally Open)* pada *relay* dan negatif aki akan terhubung dengan rangkaian pendeteksi arus. Ketika *relay* diaktifkan melalui pemilihan multiplexer maka kontak *NO* akan berubah menjadi *NC (Normally Close)* sehingga tegangan 12 volt akan terhubung ke elektroda.

2. Hasil Pembuatan Produk

Pembuatan produk *prototype digital resistivity meter* multielektroda otomatis menggunakan beberapa komponen dan peralatan pendukung yang terdiri dari: modul multiplexer 16 *channel*, modul *relay* 16 *channel*, rangkaian pendeteksi arus, Arduino ATmega 2560, *LCD* 20 x 4, modul *keypad* dan aki 12 Volt. Secara umum *prototype resistivity meter* multielektroda otomatis dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. (a) Tampak Depan (b) Tampak Samping (c) Tampak Belakang (d) Tampak Samping dengan Kabel Elektroda

Pada Gambar 19 dapat diamati sistem mekanik *prototype digital resistivity meter* multielektroda otomatis tampak depan, tampak samping, tampak belakang dan tampak samping dengan elektroda kabel. Pada bagian depan terdapat *LCD* dan *keypad*, pada bagian samping terdapat kanal elektroda kabel, pada bagian belakang terdapat tombol *on/off* dan kanal injeksi tegangan aki dan pada bagian samping dengan kabel elektroda terlihat kabel elektroda dihubungkan ke kanal elektroda pada *prototype*.

Rangkaian elektronika pembangun sistem pada *prototype* dirancang sedemikian rupa dan ditempatkan dalam kotak *prototype*. Hasil desain rangkaian elektronika sistem ditunjukkan oleh Gambar 15.



Gambar 15. Foto Rangkaian Elektronika Pembangun *prototype Resistivity Meter*

Pada Gambar 15 dapat dilihat secara umum rangkaian elektronika pembangun sistem dibangun oleh blok rangkaian pendeteksi arus, papan *pcb* untuk multiplexer, dua buah modul *relay* dan papan Arduino ATmega 2560.

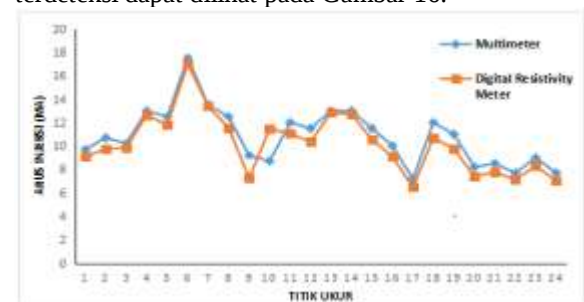
3. Hasil Pengujian Lapangan Awal/Uji Coba Terbatas

a. Pengujian Ketepatan dan Ketelitian *Prototype Digital Resistivity Meter* Multielektroda Otomatis pada Hasil Uji Skala Laboratorium

Pengukuran arus dan tegangan yang dihasilkan oleh *prototype* dibandingkan dengan pengukuran menggunakan multimeter. Ketepatan pengukuran diperoleh dengan memvariasikan jarak elektroda dan ketelitian *prototype digital resistivity meter* multielektroda otomatis diperoleh dengan melakukan pengukuran berulang sebanyak 10 kali. Berdasarkan data pengukuran dapat ditentukan nilai rata-rata dan ketelitian.

1) Penentuan Ketepatan Pengukuran Arus

Pengukuran ketepatan sistem untuk variasi jarak antar elektroda yaitu membandingkan nilai arus yang diukur menggunakan *prototype digital resistivity meter* dengan multimeter. Pengaruh jarak antar elektroda terhadap nilai arus injeksi yang terdeteksi dapat dilihat pada Gambar 16.



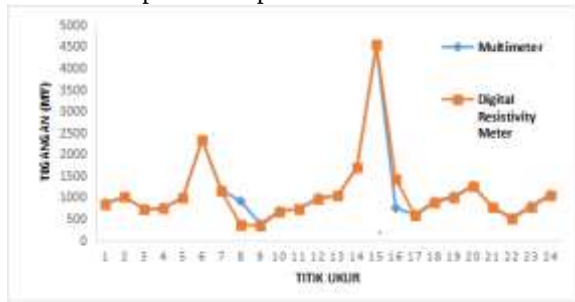
Gambar 16. Hubungan Antara Jarak Elektroda dan Arus Injeksi

Pada Gambar 16 dapat diamati bahwa jarak antar elektroda mempengaruhi nilai arus. Dari hasil yang diperoleh untuk pengukuran arus presentase kesalahan yang didapat mulai dari 0,8% sampai 31,8% atau ketepatan sistem dari 99,8% sampai 68,2%.

2) Penentuan Ketepatan Pengukuran Tegangan

Pengukuran ketepatan sistem untuk variasi jarak antar elektroda yaitu membandingkan nilaitegangan yang diukur menggunakan *prototype digital resistivity meter* dengan multimeter. Pengaruh

jarak antar elektroda terhadap nilai tegangan yang terdeteksi dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Hubungan Antara Jarak Elektroda dan Tegangan Tanah

Pada Gambar 17 dapat diamati bahwa jarak antar elektroda mempengaruhi nilai tegangan. Dari hasil yang diperoleh pada pengukuran tegangan persentase kesalahan yang didapat mulai dari 0,098% sampai 11,76% atau ketepatan sistem yang didapat dari 99,9% sampai 88,24%.

3) Penentuan Ketelitian Pengukuran Arus dan Tegangan

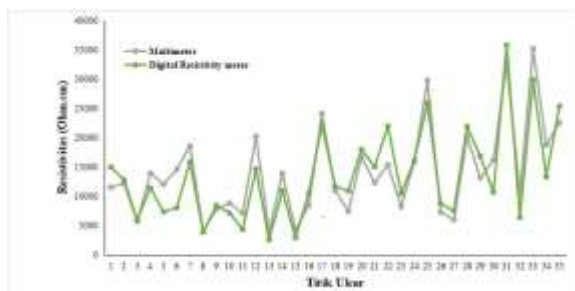
Data ketelitian arus yang diperoleh dari pengukuran langsung memiliki ketelitian rata-rata sebesar 0,9208 atau 92,08%. Sedangkan data ketelitian tegangan yang diperoleh memiliki ketelitian rata-rata sebesar 0,977 atau 97,77%.

b. Pengujian ketepatan dan ketelitian *prototype digital resistivity meter* multielektroda otomatis pada hasil uji skala lapangan

Hasil dari kegiatan pengukuran lapangan terbatas adalah penentuan ketepatan dan ketelitian pengukuran dari sistem pada 3 lokasi dengan jenis tanah yang berbeda. Dimana data yang didapat dari pengukuran dengan *prototype* dibandingkan dengan data yang didapat dari pengukuran multimeter.

1) Penentuan Ketepatan Nilai Resistivitas di Lokasi 1

Pengukuran resistivitas ini menggunakan *prototype digital resistivity meter* multielektroda otomatis dengan jarak antar elektroda 5 cm yang terlihat pada grafik Gambar 18.



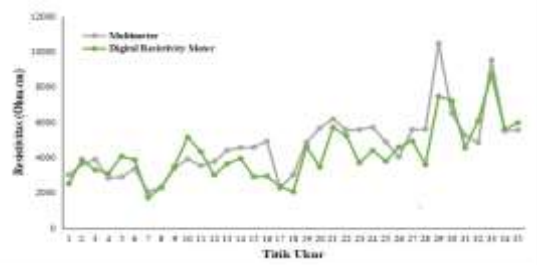
Gambar 18. Hubungan Antara Jarak dan Resistivitas Tanah pada *Prototype* dengan Multimeter

Pada Gambar 18 hasil yang diperoleh untuk pengukuran resistivitas tanah persentase kesalahan

rata-rata yang didapat 21,94% atau ketepatan rata-rata 78,05%.

2) Penentuan Ketepatan Nilai Resistivitas di Lokasi 2

Pengukuran resistivitas ini menggunakan *prototype digital resistivity meter* multielektroda otomatis dengan jarak antar elektroda 5 cm yang terlihat pada grafik Gambar 19.

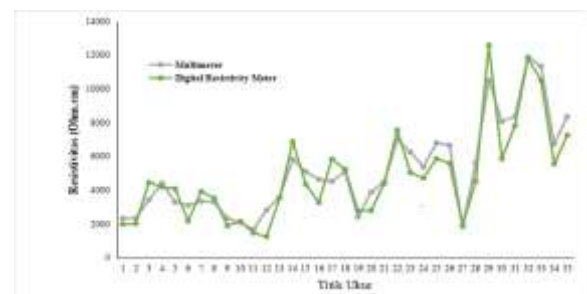


Gambar 19. Hubungan Antara Jarak dan Resistivitas Tanah pada *Prototype* dengan Multimeter

Pada Gambar 19 merupakan hasil pengukuran resistivitas tanah persentase kesalahan yang didapat 21,10% atau dengan ketepatan 78,89%.

3) Penentuan Ketepatan Nilai Resistivitas di Lokasi 3

Pengukuran resistivitas ini menggunakan *prototype resistivity meter* multielektroda otomatis dengan jarak elektroda 5 cm yang terlihat pada grafik Gambar 20.



Gambar 20. Hubungan Antara Jarak dan Resistivitas Tanah pada *Prototype* dengan Multimeter

Pada Gambar 20 merupakan hasil pengukuran resistivitas tanah persentase kesalahan rata-rata yang didapat 15,94% atau dengan ketepatan 84,05%.

4) Penentuan Ketelitian Nilai Resistivitas di 3 Lokasi

Ketelitian hasil pengukuran resistivitas tanah di lokasi 1 memiliki ketelitian rata-rata sebesar 0,7750% atau 77,50%. Ketelitian hasil pengukuran resistivitas tanah di lokasi 2 memiliki ketelitian rata-rata sebesar 0,9974 atau 99,74%. Sedangkan ketelitian hasil pengukuran resistivitas tanah di lokasi 3 memiliki ketelitian rata-rata sebesar 0,9941 atau 99,41%.

2. Pembahasan

Berdasarkan analisis data hasil pengukuran yang telah dilakukan baik secara grafis maupun statistik memberikan hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Dari hasil penelitian dapat dikemukakan empat hasil yang sesuai dengan tahap-tahap penelitian RND^[10]. Empat hasil dari penelitian tersebut terdiri dari hasil pengujian internal, hasil pembuatan produk dan hasil pengujian lapangan awal atau uji coba terbatas.

Hasil pengujian internal *prototype digital resistivity meter* multielektroda otomatis adalah melihat bagaimana karakteristik rangkaian pendeteksi arus, menguji komponen-komponen yang digunakan seperti modul *relay* dan modul multiplekser. Rangkaian pendeteksi arus yang digunakan adalah rangkaian pengukur arus *shunt* seperti Gambar 6 yang lebih sering dipakai karena sistemnya yang sederhana dan lebih efektif^[11]. Dari hasil yang diperoleh semakin tinggi nilai arus yang diberikan pada rangkaian maka semakin tinggi tegangan keluaran yang terbaca di serial monitor Arduino.

Hasil pembuatan produk *prototype digital resistivity meter* multielektroda otomatis terdiri dari kotak *prototype*, elektroda kabel, dan aki 12 volt. Prinsip kerja dari *Prototype digital resistivity meter* ini sesuai dengan metode geolistrik resistivitas yaitu menginjeksikan arus ke dalam tanah di dua titik ukur yang ditentukan kemudian mengukur beda tegangan akibat dari injeksi arus tersebut^[8]. Pengukuran arus dan tegangan di beberapa titik dengan menggunakan 16 elektroda ini berdasarkan metode geolistrik konfigurasi *schlumberger*. Dari nilai arus dan tegangan yang didapat mikrokontroler akan mengolahnya, sehingga didapatkan nilai resistivitas tanah.

Hasil pengujian lapangan yang diperoleh dari pengukuran arus dan tegangan masing-masing memiliki persentase kesalahan 0,8% sampai 31,8% dan 0,098% sampai 11,76%. Pengujian resistivitas tanah kemudian dilakukan di 3 lokasi yang berbeda. Data resistivitas yang didapat masing-masing titik ukur berbeda-beda. Hal ini dimungkinkan karena adanya perbedaan kandungan di setiap lapisan tanah seperti kandungan air dan kepadatan tanah^[12]. Rata-rata nilai resistivitas tanah pada lokasi pertama adalah 13420,3 Ωcm atau 134,2 Ωm , lokasi kedua 4827,7 Ωcm atau 48,2 Ωm dan lokasi ketiga adalah 4243,3 Ωcm atau 42,4 Ωm .

Kelebihan *prototype* ini dibandingkan dengan alat yang sudah ada adalah *prototype* ini menggunakan 16 elektroda untuk menentukan resistivitas tanah sehingga bisa resistivitas tanah dibanyak titik ukur secara otomatis. Kekurangan *prototype* ini adalah belum akurat karena membutuhkan kalibrasi program di setiap pengukuran.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan dapat dikemukakan kesimpulan.

Pengembangan *Prototype digital resistivity meter* multielektroda otomatis ini menggunakan 16 elektroda untuk mendeteksi besar arus injeksi dan beda tegangan dalam tanah. Dengan beberapa komponen penyusun yaitu: rangkaian pendeteksi arus, modul *relay* 16 channel, modul multiplekser, *lcd*, *keypad*, modul *sd card* dan mikrokontroler Arduino ATmega 2560. Dari 16 elektroda yang digunakan dipilih 4 elektroda sebagai titik ukur untuk mengetahui besar arus injeksi, besar tegangan dan resistivitas tanah. Ketepatan dan kesalahan relatif dari *prototype digital resistivity meter* didapatkan dengan membandingkan hasil pengukuran resistivitas tanah dengan pengukuran menggunakan multimeter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Heaney, Michael B. 2003. "Electrical Conductivity and Resistivity". *Electrical Measurement, Signal Processing, and Displays*. ED. John G. Webster. CRC Pres . Hal.7-1.
- [2] Sanggra Wijaya, Andrias. 2015. "Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Untuk Menentukan Struktur Tanah". *Jurnal Fisika Indonesia ITS*.
- [3] Telford, W.M. et al. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. USA: Cambridge University Press.
- [4] Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: Jhon Geophysicsin Hidrogeological and Wiley and Sons Ltd.
- [5] Sofyan, Bondan. 2011. *Penghantar Material Teknik*. Jakarta: Salemba Teknik
- [6] Yohandri, Mairizwan, Akmam. 2018. "Development Of A Digital Resistivity Meter Based On Microcontroller". *Jurnal Proceedings of TENCON*.
- [7] Agus, Irianto Eko, Endah Rahmawati. 2014. "Prototipe Alat Ukur Resistivitas Tanah dengan Metode Four-Point Probes". *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII Jateng & DIY*. ISSN: 0853-0823.
- [8] Indarto, Bahctera, Gusti Rana Fahlevi Sudenasahq, Didiek Basuki Rahmad, Muhammad Hasan Basri, Hasto Sunarno. 2016. "Rancang Bangun Sistem Pengukuran Resistivitas Geolistrik dengan Menggunakan Sumber Arus Konstan". *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. Vol. 12 No. 2 Hal. 83-89.
- [9] Farah Dita, Mudmainnah, Basuki Widodo. 2013. "Karakteristik Aliran Panas dalam Logam

Penghantar Listrik". *Jurnal Teknik Pomits*.
ISSN: 2337-3539.

- [10] Sugiyono, 2017. *Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development)*. Bandung: Alfabeta
- [11] Rikamahu, Jacob Jonas, Didik Rahadi Santoso, Rini Nurhasanah. 2013."Desain dan Pembuatan Resistor Shunt Ohmik Rendah dan Aplikasinya sebagai Elemen Pengukuran Arus Tinggi Impulse, $8/20\mu s$ ". *Jurnal EECCIS* Vo.7 No.1
- [12] Muallifah, Faqih. 2009. "Perancangan dan Pembuatan Alat Ukur Resistivitas Tanah". *Jurnal Neutrino*. Vol. 1 No. 2.