

PEMBUATAN ALAT UKUR RESISTIVITAS DENGAN SISTEM SENSOR TEGANGAN DAN SENSOR ARUS ACS712 BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO NANO

Marbun M^{*1}, Safarun Moh²

¹Jurusan Teknik Mesin Universitas Teuku Umar; Jl. Alue Peunyareng, UjongTanoh
Darat, Meureubo, Kab. Aceh Barat. Aceh 23681 telp/fax(0655) 7110271

²Jurusan Teknik elektro, Universitas Haluoleo; Jl.H.E.A. Mokodompit, Kodya. Kendari
Sulawesi Tenggara 93232

e-mail: ^{*1}mahmuddin.marbun@utu.ac.id, ²msafarun@gmail.com

Abstrak

Penelitian tentang pembuatan alat ukur resistivitas yang berbasis mikro kontroler arduino dengan menggunakan dua sensor yaitu ACS 712 5A dan sensor tegangan, alat telah berhasil di kalibrasi dengan resistivitymeter OYO 2115A MCoHM sebagai referensi. kedua alat digunakan mengukur resistor sebesar 10 Ohm antara P_1 , P_2 dan antara C_1 dan C_2 dipasang resistor geser (Rheostat) sebesar 500 Ohm, dilanjutkan dengan analisis data untuk menentukan standart deviasi resistivitymeter. Hasil nilai standart deviasi dari pengukuran OYO sebesar 10.135 ± 0.002 dan resistivitymeter yang dibuat sebesar 9.49 ± 0.023 , selain itu dibandingkan dengan resistivitymeter naniura NRD 300 HF standart deviasinya 14.7 ± 2.69 , dilakukan juga pengujian di lapangan dengan tiga konfigurasi Schlumberger dengan panjang AB/2 74 meter, konfigurasi Wenner dengan $a = 5$ meter dan 10 meter, dilanjutkan konfigurasi Dipole-dipole dengan $a = 5$ meter. Data hasil pengukuran baik menunjukkan tren yang sama mendekati resistivitymeter OYO, pada konfigurasi Schlumberger hasilnya sangat baik.

Kata kunci—Resistivitas, Nrd, ACS, Schlumberger

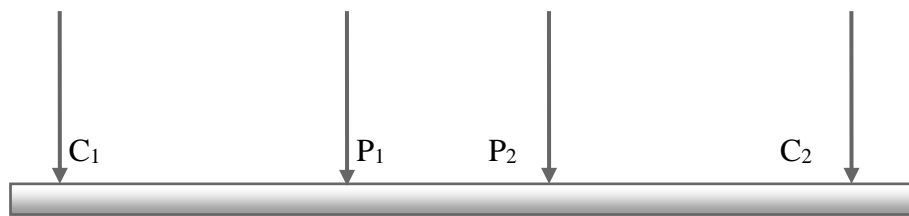
Research on making a resistivity measuring instrument based on Arduino micro controller using two sensors, namely ACS 7125A and a voltage sensor, the tool has been successfully calibrated with the OYO 2115A McoHM resistivitymeter as a reference. Both tools are used (Rheostat) of 500 Ohms is installed, followed by data analisis to determine the standard deviation of the resistivity meter. The results of standard deviation of the OYO measurement are 10.135 ± 0.002 and the resistivitymeter made is 9.49 ± 0.023 , in addition to that compared to the Naniura NRD 300 HF resistivitymeter the standard deviation is 14.7 ± 2.69 , field tests are also carried out with three Schlumberger configurations with a length of AB/2 74 meters, wenner's configuration with $a=5$ meter and 10 maters, followed by the Dipole-pole configuration with $a=5$ meters. Good measurement data shows the same trend approaching the OYO resistivitymeter, the Schlumberger configuration shows very good results.

Keywords – Resistivity, Nrd, ACS, Schlumberger

1. PENDAHULUAN

Resistivitymeter merupakan salah satu alat yang sering digunakan dalam survei geofisika. Alat ini dapat digunakan untuk eksplorasi mineral, mitigasi bencana dan mendeteksi pencemaran lingkungan, misalnya untuk survei pemetaan potensi air tanah, aspal, batubara, dan mineral lainnya, untuk mitigasi bencana misalnya pemetaan potensi longsor, dan penggunaan resistivitymeter untuk mendeteksi pencemaran lingkungan misalnya mendeteksi pencemaran lindi pada air tanah. Sensor ACS 712 sering digunakan untuk mendeteksi arus pada rangkaian listrik AC [1] maupun mengembangkansistem yang dapat menghitung daya dan biaya serta menjelaskan desain dan simulasi energi meter digital menggunakan sensor arus ACS712 dan sensor tegangan

Prinsip kerja resistivitymeter yaitu menginjeksikan arus ke dalam tanah melalui elektroda arus C_1 dan elektroda arus C_2 . Arus mengalir melalui lapisan batuan dan mengukur nilai bedapotensial pada lapisan batuan tersebut dengan Elektroda potensial P_1 dan P_2 yang terletak diantara elektroda arus C_1 dan C_2 . Gambar dibawah ini menunjukkan ilustrasi pengukuran resistivitas dilapangan.



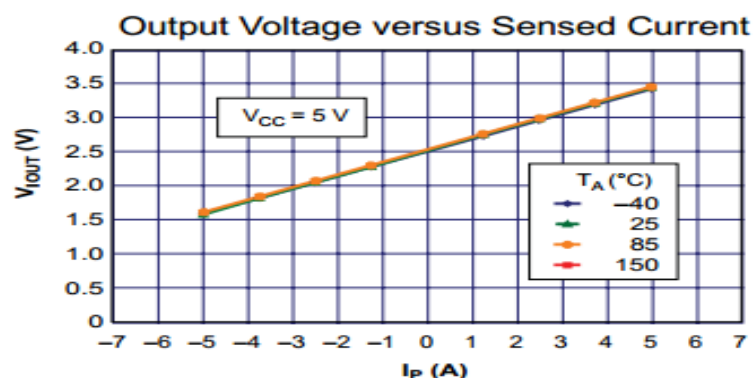
Gambar 1. 1 Ilustrasi Pengukuran resistivitas

Resistivitymeter yang beredar dipasaran saat ini ada yang berbentuk analog maupun digital. Penggunaan resistivitymeter analog pada saat ini kurang diminati dibandingkan dengan resistivitymeter digital. Pergeseran minat dari analog kedigital diantaranya disebabkan oleh kemudahan pembacaan pengukuran, pada skala terkecilnya lebih mudah dibaca dibanding pada alat ukur analog, dan pengoperasiannya lebih mudah. Seiring perkembangan teknologi yang semakin pesat, model digital dengan aplikasi mikrokontroller yang dilengkapi dengan sensor dapat memerintah alat ukur secara otomatis dengan melakukan pengendalian sesuai dengan kondisi yang diharapkan, maka hasil pengukuran dapat ditampilkan menggunakan layar Lcd sehingga lebih mudah dalam pembacaan. Resistivitymeter analog harganya relatif murah, namun waktu yang diperlukan dalam pengambilan data lebih lama. Waktu injeksi arus pada elektroda C_1 dan C_2 ke tanah membutuhkan waktu yang relatif lama sehingga sumber arus ($ACcu$) akan lebih boros, hal ini disebabkan menunggu nilai yang terbaca pada voltmeter untuk elektroda potensial P_1 dan P_2 , serta pada ampermeter untuk elektroda arus C_1 dan C_2 stabil, lamanya waktu injeksi arus ke tanah selain berakibat boros sumber arus juga mengakibatkan panas pada alat ukur yang dapat mengakibatkan kerusakan. Dalam pengoperasiannya resistivitymeter analog dilapangan agar mendapatkan hasil yang akurat diperlukan seorang operator yang sudah berpengalaman atau yang sudah terbiasa dengan alat tersebut.. Resistivitymeter digital dengan kualitas yang baik memiliki kemampuan injeksi arus pada elektroda C_1 dan C_2 ke tanah dengan waktu yang relatif singkat sehingga dapat menghemat sumber arus ($ACcu$). Elektroda potensial P_1 dan P_2 secara bersamaan mendeteksi adanya tegangan dan mengirim ke resistivitymeter. Resistivitymeter dapat mengukur, mengambil beberapa data yang terukur, menstak, dan menampilkan nilai data yang terukur dalam Lcd. Resistivitymeter. Prosesnya cepat dan praktis dalam pengoprasianya, namun harganya relatif mahal.

Penelitian pada pembuatan resistivitymeter ini menggunakan komponen sensor ACS712 dan mikrokontroler Arduino nano, karena kedua komponen ini memiliki beberapa keunggulan. ACS712 memiliki output dengan *noise* yang rendah sehingga nilai arus dapat terbaca dengan akurat, memiliki tegangan operasional yang relatif rendah sehingga dapat menggunakan sumber yang sama dengan mikrokontroler tidak perlu menambah power supply, memiliki sensitivitas yang baik 185mV/A, karena pengukuran menggunakan arus dengan orde mili Amper maka untuk menaikkan sensitivitasnya ditambahkan rangkaian penguat Op Amp sebelum ke input mikrokontroler, sensor ACS712 memiliki ketahanan temperature sampai 85C sehingga mampu bertahan pada suhu ekstrim dilapangan, memiliki resistansi dalam yang rendah sehingga arus dapat melalui sensor dengan baik. Sensor ini banyak di jual di pasaran dan harganya relatif murah. Alat berikutnya yang digunakan adalah Arduino nano, merupakan mikrokontroler memiliki bentuk yang kecil sehingga praktis dapat langsung di gabung dengan papan rangkaian yang akan di rancang. Harga hardware cukup murah untuk ukuran mikrokontroler, software gratis, dan didalam hardware Arduino nano sudah dilengkapi dengan chip programmer dengan bootloader. Sehingga bisa langsung di hubungkan dengan komputer atau laptop dan koneksinya sudah menggunakan USB sehingga mudah dihubungkan dengan PC atau Laptop.

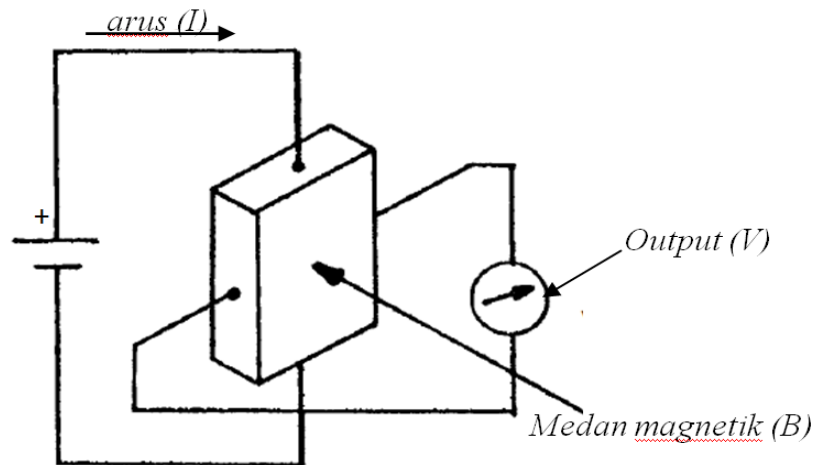
2. DASAR TEORI

Sensor arus ACS712 memiliki presisi yang tinggi dan dapat digunakan untuk mengukur arus AC maupun DC. Prinsip kerjanya adalah ketika arus mengalir pada permukaan konduktor akan menghasilkan medan magnet yang dideteksi oleh IC efek Hall yang terintegrasi oleh piranti tersebut. Output sensor menghasilkan tegangan yang linier seiring dengan perubahan arus yang dideteksi IC efek Hall. Sensor ini memungkinkan untuk tidak menggunakan optoisolator karena antara terminal input arus yang biasanya bertegangan tinggi AC maupun DC dengan tegangan outputnya sudah terisolasi kelistrikkannya. Nilai output yang terdeteksi dari sensor kemudian masuk sebagai input ke mikrokontroler, apabila tegangan output terlalu kecil sebelum masuk ke sensor diperkuat dengan rangkaian Op Amp. Sensor arus ACS712 yang digunakan pada rangkaian ini memiliki kemampuan mendeteksi arus -5A sampai 5A [1]. Grafik hubungan antara perubahan arus yang melalui konduktor dan perubahan tegangan pada Output Sensor terlihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



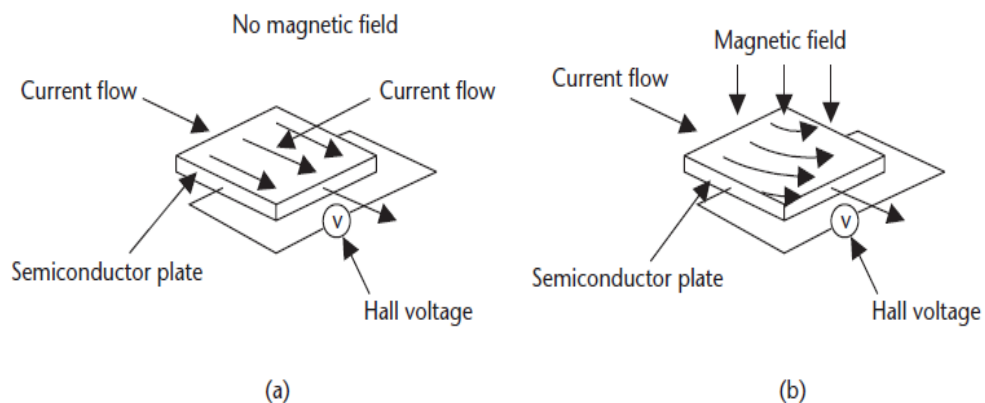
Gambar 3.2 Grafik hubungan perubahan sensor arus ACS712 [1]

Efek Hall merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur besarnya Medan gaya. Ini terdiri dari konduktor yang membawa arus yang tegak lurus dengan medan magnet, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 dibawah ini yang menghasilkan tegangan melintang. Konduktor di efek Hall sensor biasanya terbuat dari bahan semikonduktor. Penggunaan secara umum dari perangkat ini sebagai sensor jarak[2]



Gambar 3.3 Proses terjadinya efek Hall [2]

Efek Hall terjadi ketika arus yang mengalir dalam (semikonduktor) melalui medan magnet tegak lurus terhadap arah aliran arus. interaksi antara duanya itu penyebab arus terpolarisasi yang membelok dengan arah tegak lurus dengan medan magnet dan arah awal datangnya arus [3]. Gambar 3.4 menunjukkan efek dari medan magnet pada arus di perangkat Efek Hall. Gambar 3.4 (a) menunjukkan arus tanpa medan magnet, dan Gambar 3.4 (b) menunjukkan pembelokan arus disebabkan adanya medan magnet, yang menghasilkan tegangan Hall.



[4]merancang sebuah sistem *switching* berbasis mikrokontroler,dalam penerapannya digunakan untuk mengetahui karakteristik pada MOSFET. Berbasis mikrokontroler (MCU)PIC 18F4550 menjadikan alat *switching* yang murah,sistem ini memungkinkan pengukuran terus menerus yang digunakan untuk mengetahui karakteristik listrik dalam teknik midgap-subthreshold (MGT) pada komponen semi konduktor jenis MOSFET.

Kokolanskia, dkk[5] mengaplikasikan untuk menganalisa rangkaian secara interface berbasis mikrokontroler dengan sensor induktif dan beban induktansi yang bisa divariasikan nilai induktansinya. Komponen Rangkaian ini sangat praktis yaitu terdiri dari mikrokontroler, sensor, dan rangkaian hanya ditambah resistor external dan referensi induktor sehingga terbentuk dua rangkaian RL. Rangkaian interface ini langsung dapat menganalisa dan menguji rangkaian, untuk sensor induktif dengan beban induktor yang memiliki variabel induktansi. Rangkaian ini dapat mengukur waktu kecepatan mengalirnya arus dan potensial pada rangkaian RL. Mikrokontroler Arduino digunakan untuk mengembangkan sensor efek Hall,

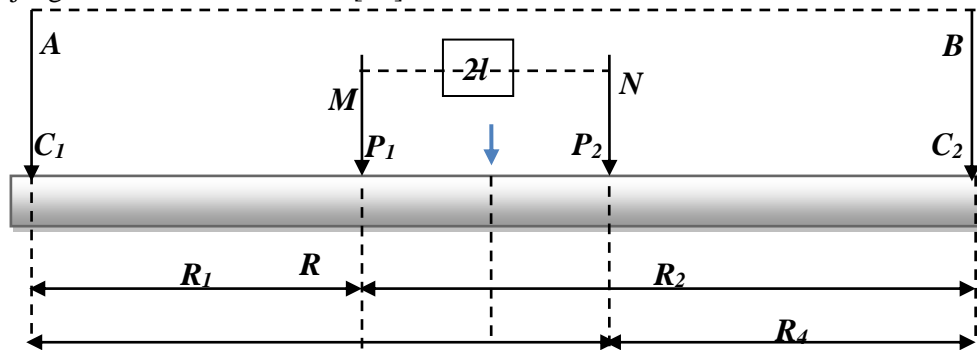
sensor ketinggian air, dan pelampung katup konstan untuk pompa peristaltik. Sistem ini dapat digunakan untuk pengukuran volume air yang ditarik dari pompa secara otomatis, sehingga dapat mendeteksi tahapan kecepatan masuknya air secara kontinyu [5]. Nirmalasaridkk [5]. mengaplikasikan sensor arus dan potensial pada rancangan KWH Listrik berbasis *Netduino Plus* untuk mengontrol pemakaian listrik agar sesuai dengan kebutuhan, dengan menggunakan mikrokontroler ATmega 16. Desain sistem alat ukur KWH-meter ini terdiri dari beberapa alat ukur diantaranya alat pengukur beda fasa antara potensial, pengukur potensial, dan pengukur arus.

Alat ini juga dilengkapi dengan suatu pemancar yang digunakan untuk mengefektifkan sistem pencatatan dan pendataan yang nantinya akan dioperasikan oleh sebuah komputer yang secara langsung dapat menampilkan berapa besar biaya yang harus ditanggung oleh setiap pelanggan Aplikasi Mikrokontroler chip 8-bit PICAXE AXE-08m sebagai kontrol emulator pada panel *photovoltaik (PV)* dilakukan Lu dan Nguyen [8]. Mohammadkk [9] menjelaskan perkembangan mikrokontroler yang digunakan untuk operator mudah dan murah dengan instrumen gelombang mikro yang akurat untuk menentukan kadar padatan total (TSC) atau kadar air (MC) dari karet lateks Hevea. Mikrokontroler banyak digunakan untuk mengontrol suatu sistem kerja rangkaian sehingga memudahkan operator dalam menjalankan tugasnya dan dapat memantau kejadian dalam sistem secara langsung dan *realtime*. Penelitian Arihutomodkk [10] mengaplikasikan mikrokontroler pada sebuah sistem yang dapat mendeteksi adanya kemungkinan pencurian listrik di suatu line distribusi. Prinsip kerjanya memanfaatkan teori kelistrikan, yaitu jika beban semakin besar sedangkan potensial tetap, maka arus akan semakin besar. Suryawandkk [11] mengaplikasikan mikrokontroler untuk monitoring sistem pencatu daya listrik yang berfungsi mengukur dan memberikan tanda peringatan apabila parameter yang diukur yaitu temperatur genset; temperatur trafo; temperatur cubical; arus; dan potensial pada sisi beban melebihi dari batasan yang telah ditentukan, sehingga tidak menyebabkan kerusakan yang lebih parah pada sistem pembangkit daya listrik dan apabila terjadi gangguan cepat diketahui karena ada tanda peringatan. Pembuatan sistem akuisisi data berupa data *logger* untuk monitoring pergeseran tanah dengan menggunakan mikrokontroler Atmega32 dilakukan oleh Setionodkk [12]. Mikrokontroler sering digunakan sebagai alat ukur yang mampu mengukur hingga orde mili volt. Nilai hasil pengukuran ditampilkan pada layar LCD sehingga mudah dalam pembacaannya. Safitridkk [13] merancang alat ukur resistansi lapisan tipis TiO₂. Alat ini mampu mengukur resistansi suatu bahan berukuran sangat kecil dan tipis. Sistem pengukuran nilai resistansi menggunakan metode 4 *probe*.

Lapisan tipis diuji dengan pemberian variasi arus. Empat buah *probe* diletakkan di atas permukaan lapisan tipis, dua buah *probe* diletakkan di ujung lapisan, untuk memberikan arus masukan dan dua *probe* diletakkan di dalam untuk mendeteksi potensial keluaran pada lapisan tipis. Hasil keluaran dari metode 4 *probe* berupa nilai potensial dalam orde mV. Nilai keluaran dapat diperkuat menggunakan penguatan sebesar 1000 kali, diproses dengan mikrokontroler ATmega8535 dan menggunakan *Bascom AVR* sebagai bahasa pemrogramannya. Penguat operasional atau Op Amp merupakan penguat dengan dua masukan dan satu keluaran, mempunyai penguatan potensial yang tinggi. Op-Amp dibuat dalam bentuk rangkaian terpadu atau *IC (Integrated Circuit)*, sehingga dalam satu potong kristal silikon terkandung rangkaian penguat lengkap yang terdiri dari banyak transistor, resistor, diode, dan kapasitor [14]. Op Amp menurut Alciatore dan Histan [15] merupakan rangkaian terpadu terdiri dari banyak komponen; transistor; resistor; dan kapasitor yang diproduksi menjadi satu chip silikon (IC), dapat dikombinasikan dengan komponen eksternal untuk membuat berbagai macam rangkaian.

Terdapat dua jenis kotak kontak yaitu SPDT dan DPDT. Relay yang berukuran besar dapat dibebani arus hingga 10A pada potensial 250V AC [16]. Gambar (3.7) dibawah ini menunjukkan rangkaian untuk mengaktifkan relay. Mikrokontroler dapat bekerja dengan menggunakan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai apabila tidak menggunakan

USB [17]. Metode ini menggunakan Konfigurasi *Schlumberger* yang digunakan untuk menyelidiki variasi atau kontras resistivitas kearah vertikal (kedalam). Metoda ini dapat digunakan untuk mengetahui ketebalan masing-masing lapisan tersurvei yang ada di bawah permukaan. Pelaksanaanya dilakukan dengan menggerakkan elektroda menjauhi pusat konfigurasi (Gambar 3.19), semakin jauh elektroda dari pusat konfigurasi maka target yang dijangkauakan semakin dalam [18]

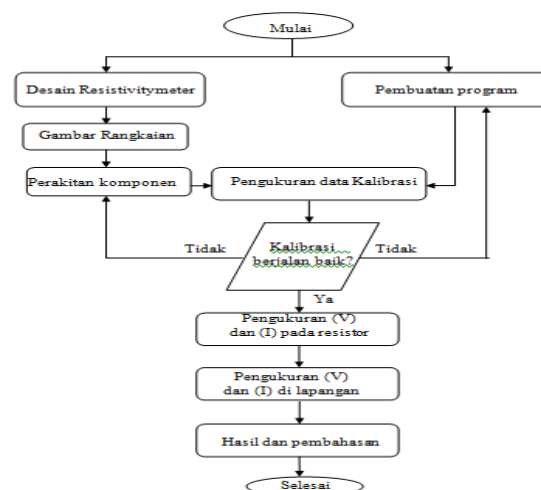


Gambar 3.1 Konfigurasi elektroda *Schlumberger*(Hendrajaya,1990)

METODE PENELITIAN

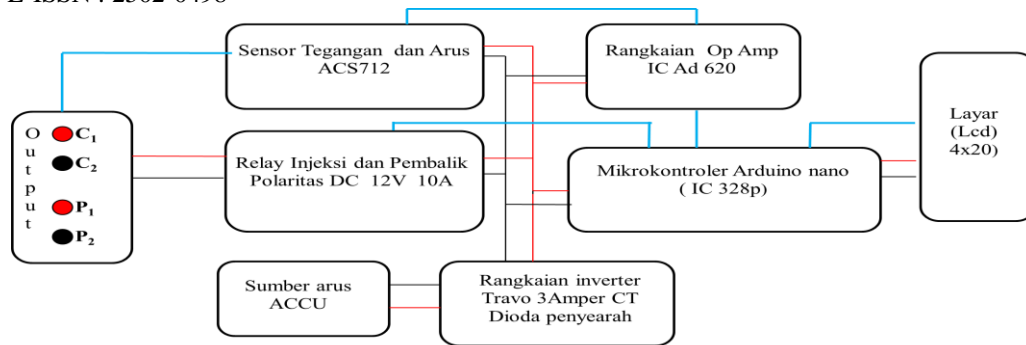
Tahap awal sebelum mendesain rangkaian yaitu membuat diagram sistem rangkaian. Selanjutnya dipersiapkan komponen-komponen yang diperlukan. Perlu dipertimbangkan apakah komponen tersebut mudah didapatkan, harganya terjangkau, kualitas komponen tersebut baik, dan sudah ada beberapa contoh rangkaian yang menggunakan jenis komponen yang sama dengan komponen yang akan dipakai sehingga sudah diketahui kualitasnya. dan hasil akhir yang diperoleh, sehingga dapat diketahui apakah tahapan proses kerja rangkaiantelah sesuai dengan prosedur untuk mencapai target yang diharapkan. Diagram alir prinsip kerja *resistivitymeter* mulai dari injeksi arus hingga akusisi data yang ditampilkan pada layar LCD.

3.1 Pengumpulan Data



Gambar 4.1 Diagram alir penelitian

Berikut ini adalah gambar diagram sistem rangkaian resistivitymeter



Gambar 4. 1 Diagram sistem rangkaian resistivitymeter

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

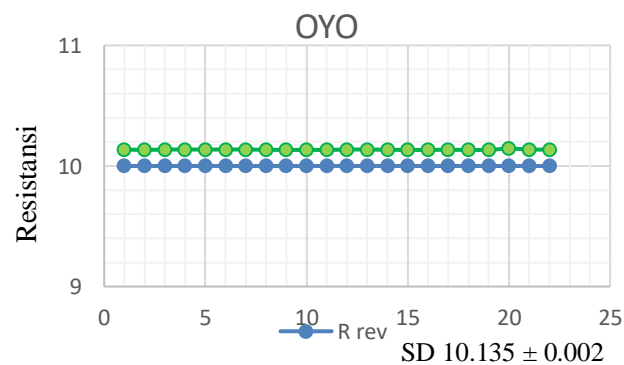
Nilai hasil pengukuran resistivitas dimasukkan dalam tabel, selanjutnya dari data kedua resistivitymeter tersebut di analisis akurasi dan presisinya, nilai akurasi dan presisi dari alat yang telah dibuat di dibandingkan dengan akurasi dan presisi alat resistivitymeter standart OYO, berikut ini tabel data pengukuran nilai resistivitas untuk kalibrasi.

Tabel 5.1 Data Pengukuran resistivitas untuk kalibrasi

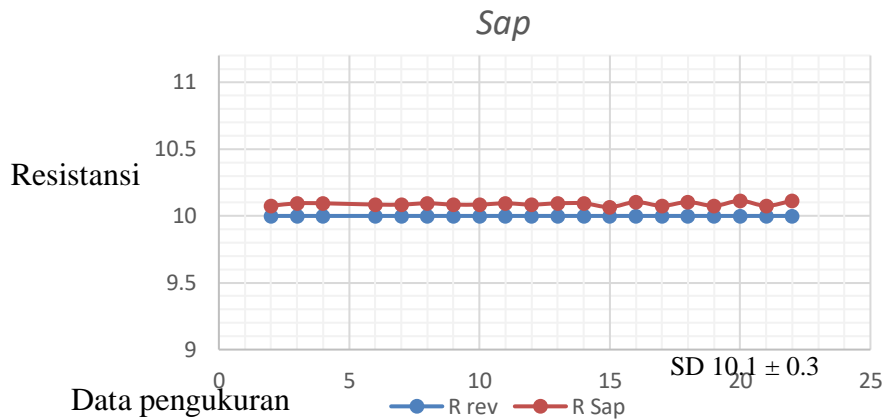
No	V	OYO		V	Sap	
		I	R		I	R
1	20.22	1.994	10.1404	1067	105.9	10.0755
2	20.23	1.994	10.1454	1068	106	10.0755
3	20.22	1.994	10.1404	1070	106	10.0943
4	20.23	1.994	10.1454	1068	105.8	10.0945
5	20.24	1.995	10.1454	1070	106	10.0943
6	20.24	1.995	10.1454	1068	105.9	10.0850
7	20.24	1.995	10.1454	1069	106	10.0849
8	20.24	1.995	10.1454	1068	105.8	10.0945
9	20.24	1.995	10.1454	1070	106.1	10.0848
10	20.24	1.995	10.1454	1068	105.9	10.0850
11	20.24	1.995	10.1454	1070	106	10.0943
12	20.24	1.995	10.1454	1068	105.9	10.0850

13	20.24	1.995	10.1454	1070	106	10.0943
14	20.24	1.995	10.1454	1068	105.8	10.0945
15	20.24	1.995	10.1454	1068	106.1	10.0660
16	20.24	1.995	10.1454	1070	105.9	10.1039
17	20.24	1.995	10.1454	1068	106	10.0755
18	20.24	1.995	10.1454	1069	105.8	10.1040
19	20.24	1.995	10.1454	1068	106	10.0755
20	20.24	1.995	10.1454	1070	105.8	10.1134
21	20.23	1.995	10.1404	1068	106	10.0755
22	20.24	1.995	10.1454	1070	105.8	10.1134
23	20.24	1.995	10.1454	1069	106	10.0849
24	20.24	1.995	10.1454	1068	105.9	10.0850

Nilai resistor yang menjadi referensi pada pengukuran ini sebesar 10 Ohm, dari data tabel diatas setelah dianalisis maka diketahui nilai standart deviasi (SD) untuk alat OYO 10.135 ± 0.002 , atau 0.0197% sedangkan standart deviasi alat ukur yang dibuat Sap sebesar 10.1 ± 0.3 atau 2.97% berikut ini gambar (5.2) grafik tampilan pengukuran antara resistivitymeter OYO dan resistivitymeter Sap.

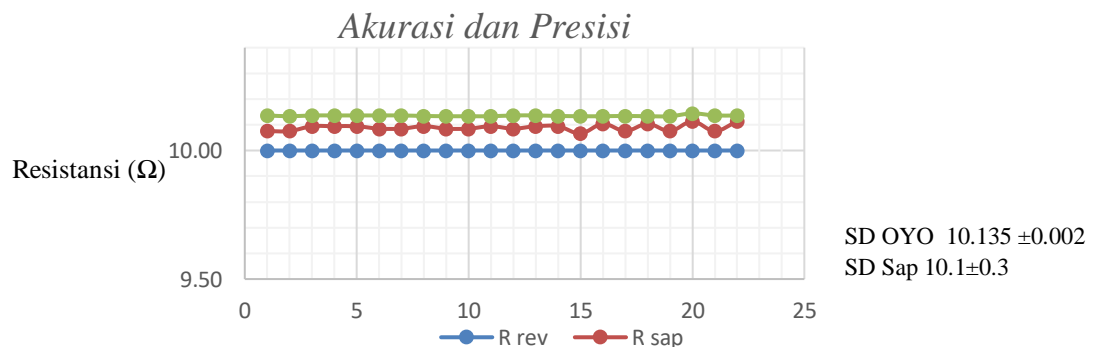


Gambar 5.2 grafik pengukuran OYO dan nilai R reverensi



Gambar 5.3 grafik pengukuran Sap dan nilai R reverensi

Pada gambar 5.3 A menunjukkan grafik yang linier antara resistensi reverensi 10 Ohm dan resistansi hasil pengukuran rata – rata 10.135 Ohm pada resistivitymeter OYO. Sedangkan pada gambar 53 B resistivitymeter yang dibuat menunjukkan trend yang juga linier tetapi pada beberapa titik pengukuran masih terlihat fluktuatif dengan nilai resistansi rata- rata 10.1 Ohm, sehingga akurasi lebih baik namun presisinya masih baik OYO, untuk lebih jelasnya terlihat pada gambar 5.4 di bawah.

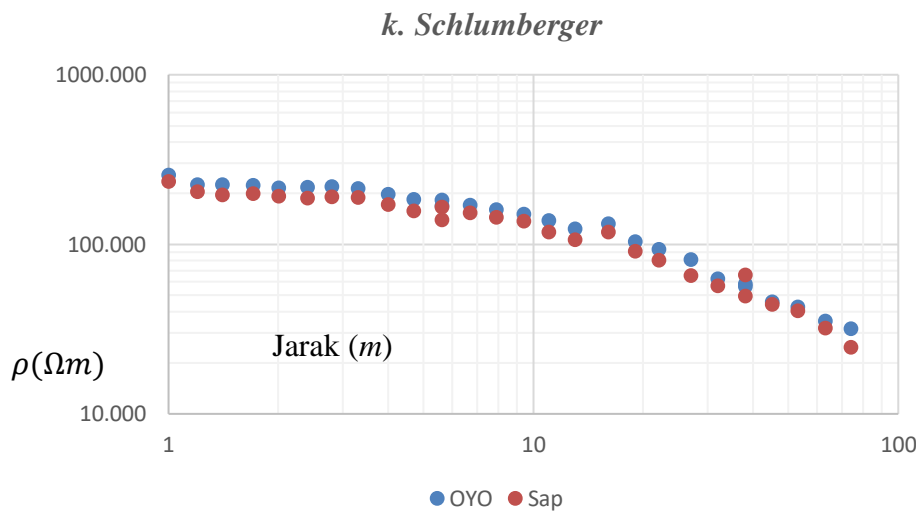


Hasil pengukuran yang ditampilkan dalam grafik di atas menunjukkan hubungan. besar nilai resistansi antara titik potensial P_1 dan P_2 yang terukur, dengan variasi nilai resistansi antara C_1 dan C_2 sebesar 200 Ohm pada resistivitymeter OYO, Naniura, dan resistivitymeter yang dibuat (Sap). Hasil pengukuran menunjukkan nilai resistansi sebesar 10 Ohm mendekati nilai resistansi yang sebenarnya, kecuali pada resistivitymeter naniura semakin jauh jarak pengukuran (semakin besar resistansi total antara C_1 dan C_2) nilai resistansi yang terukur antara P_1 dan P_2 semakin besar dari nilai resistansi yang sebenarnya.

5.3 Pengukuran resistivitas dengan konfigurasi *Schlumberger*

Pengambilan data lapangan pada konfigurasi ini dilakukan dengan cara pengukuran secara bergantian dengan dua alat resistivitymeter. setelah pengukuran oleh salah satu resistivitymeter dilanjutkan dengan resistivitymeter yang kedua dengan posisi elektroda yang sama atau posisi elektroda C_1, C_2 dan P_1, P_2 belum digeser, setelah itu di lanjutkan dengan menggeser elektroda arus C_1, C_2 secara bertahap menjauhi titik elektroda potensial P_1, P_2 dan di lakukan pengukuran lagi kedua resistivitymeter untuk pengambilan data, proses ini dilakukan sampai jumlah data

terpenuhi. Data yang di peroleh dianalisis dan ditampilkan dalam grafik seperti gambar 5.3 dibawah.



Gambar 5.3 Grafik dua resistivitymeter konvigurasi *Schlumberger*

Grafik diatas menunjukkan kemiripan data dalam pengukuran antara resistivitymeter OYO dengan resistivitymeter yang dibuat (Sap). Saat perpindahan elektroda potensial yang semakin menjauh dari titik pusat konvigurasi menunjukkan tren yang sama antara resistivitymeter Sap dan OYO. Pengukuran dilakukan dengan panjang bentangan $AB/2$ sepanjang 74 meter dan sebanyak 28 data. Kesalahan pengukuran 10,8% sebesar dibandingkan resistivitymeter OYO sebagai ukuran standarnya.

5. KESIMPULAN

Sensor arus ACS 712 dan sensor tegangan dapat di aplikasikan pada alat ukur resistivitymeter. Hasil pegujian, menunjukkan bahwa resisitvitymeter yang dibuat dapat digunakan untuk mengukur resistansi pada resistor, dan dilapangan resistivitymeter dapat digunakan mengukur resistivitas dengan beberapa konvigurasi yaitu, *Schlumberger*, *Wenner*, dan *Dipole-dipole* yang telah diuji di hutan Biologi UGM dan memperoleh hasil yang baik. Penggunaan mikrokontroler arduino nano sebagai kontrol pada alat resistivitymeter yang dibuat mempermudah pengoprasian alat pada pengukuran dilapangan, karena pengaturan waktu injeksi pada *ouput* C_1 , C_2 dan pembalik polaritas C_1 , C_2 dilakukan secara otomatis dan nilai yang terukur setelah dianalisis ditampilkan pada layar LCD.

5. SARAN

Sebaiknya menggunakan sensor arus yang mampu mendeteksi arus orde miliampersehingga dapat ditingkatkan sensitivitasnya karena dalam pengukuran di lapangan arus injeksi kecil dalam miliamper, agarmenghasilkan potensial injeksi yang lebih tinggi dengan arus yang rendah perlu menaikan potensial pada output travo invertanya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonymous, 2016, Fully Integrated, efek Hall-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor, Allegro MicroSystems, <http://www.allegromicro.com/~Media/Files/Datasheets/ACS712-Datasheet.ashx>, Diakses pada tanggal 11 Januari 2016.
 - [2] Morris, A. S., 2001, Measurement and Instrumentation Principles, Butterworth-Heinemann, A division of Reed Educational and Professional Publishing Ltd.
 - [3] Dunn W. C., 2006, Introduction to Instrumentation, Sensors, and Process Control, ARTECH HOUSE, INC, Norwood.
 - [4] Vasovic, N. D. and G. S. Ristic, 2012, A switching system based on microcontroller for successive applying of MGT and CPT on MOSFET, Applied Physics Laboratory (APL), Faculty of Electronic Engineering, University of Nis, Serbia
 - [5] Kokolanskia, Z., J. Jordanab, M. Gasullab, V. Dimceva, and Ferran Reverterb, 2015, Direct inductive sensor-to-microcontroller interfACE circuit, Research Group, Department of Electronic Engineering, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) – BarcelonaTech, C/ Esteve Terradas, Castelldefels (Barcelona), Spain.
 - [6] Fatehnia, S. Paran, S. Kish, and K. Tawfiq, 2016, Automating double ring infiltrometer with an Arduino microcontroller, Department of Electrical & Computer Engineering, FAMU-FSU College of Engineering, 2525 Pottsdamer Street, Tallahassee, USA.
 - [7] Nirmalasari, I., A. E. Putra, dan B. N. Prastowo, 2015, Alat Ukur Daya Listrik Berbasis Netduino Plus, IJEIS Vol.5 No.1 pp. 21-30 ISSN: 2088-3714.
 - [8] Lu, D. D.C. and Q. N. Nguyen, 2012, A photovoltaic panel emulator using a buck-boost DC/DC converter and a low cost micro-controller, Electrical and Information Engineering, The University of Sydney, NSW 2006, Australia.
 - [9] Mohammadi, A., K. Khalid, P.S. Bafti, dan M. Homaiee, 2012, Development of microcontroller-based microwave system to measure solid content of hevea rubber latex, Dept. of Physics, Faculty of Science, Universiti Putra Malaysia, UPM Serdang, Selangor, Malaysia.
 - [10] Arihutomo, M., M. Rivai, dan Suwito, 2012, Sistem Monitoring Arus Listrik Jala-Jala Menggunakan *Power Line Carrier*, Jurnal Teknik ITS Vol. 1 No. 1 ISSN: 2301-9271.
 - [11] Suryawan, D. W., Sudjadi, dan Karnoto, 2012, Rancang Bangun Sistem Monitoring Potensial, Arus Dantemperatur Pada Sistem Pencatu Daya Listrik Di Teknik Elektro Berbasis Mikrokontroler Atmega128, Transient Vol.1 No. 4. ISSN: 2302-9927.
 - [12] Setiono, A., P. Puranto, dan B. Widiyatmoko, 2010, Pembuatan dan Uji Coba Data logger Berbasis Mikrokontroler Atmega32 Untuk Monitoring Pergeseran Tanah, Jurnal Fisika Vol. 10 - No. 2. ISSN 0854-3046.
 - [13] Safitri, J., M. Yusfi, dan Astuti, 2014. Rancang Bangun Alat Ukur Resistivitas Pada Lapisan tipis Menggunakan Metode 4 Probe Berbasis Atmega8535 dengan Tampilan LCD Karakter 2 X 16, Jurnal Fisika Unand Vol. 3, No. 2. ISSN 2302-8491.
 - [14] Sutrisno, 1986, Elektronika Dasar dan penerapannya jilid 1 dan 2, ITB. Bandung.
 - [15] Alciatore, D. G. and M. B. Histan, 2012, Introduction to Mechatronics and Measurement Systems, Department of Mechanical Engineering Colorado State University.
 - [16] Bishop, O., 2004, Dasar-dasar Elektronika, Erlangga, Jakarta.
 - [17] Kadir, A., 2012, Panduan Praktis mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrograman menggunakan Arduino, Andi, Yogyakarta.
 - [18] Hendrajaya, L. dan I. Arif, 1990, Geolistrik Tahanan Jenis, Monografi : Metoda Eksplorasi, Laboratorium Fisika Bumi ITB, Bandung.
-