

**RANCANG BANGUN *RESISTIVITY METER* DIGITAL
BERBASIS ARDUINO MEGA2560**



SKRIPSI

Oleh
RIZAL AETA
G1B018054

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS MATARAM
2022**

**RANCANG BANGUN *RESISTIVITY METER* DIGITAL
BERBASIS ARDUINO MEGA2560**

SKRIPSI

Tugas akhir sebagai salah satu syarat
untuk mendapatkan gelar sarjana dari Universitas Mataram

Oleh
RIZAL AETA
G1B018054

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS MATARAM
2022**

RANCANG BANGUN *RESISTIVITY METER* DIGITAL BERBASIS
ARDUINO MEGA2560

Oleh

RIZAL AETA

G1B018054

ABSTRAK

Resistivity meter merupakan alat ukur lapisan tanah bawah permukaan dengan memanfaatkan sifat resistivitas batuan dalam menghantarkan arus listrik. *Resistivity meter* pada umumnya menerapkan sistem analog, dimana proses injeksi dan pengukuran masih manual dengan menggunakan voltmeter dan amperemeter sebagai alat ukur potensial dan arus injeksi. Akibatnya *resistivity meter* belum terintegrasi dengan sistem penyimpanan data secara otomatis. Proses pengukuran *resistivity meter* pada umumnya dilakukan dengan data yang cukup banyak, sehingga akan sangat memungkinkan untuk dilakukan pengembangan sistem data logger untuk *resistivity meter* dan sistem otomatisasi injeksi untuk mendapatkan data yang lebih akurat. Sehingga penelitian ini dilakukan pengembangan *resistivity meter* digital dengan menambahkan sistem *data logger* dan dengan sistem injeksi otomatis. Proses pengembangan dibagi menjadi dua bagian pokok, yaitu sistem sumber arus injeksi dan sistem *data logger* dan otomatisasi *resistivity meter*. Sumber arus injeksi memanfaatkan rangkaian *inverter* dan penyearah gelombang dengan daya sumber yaitu accu 12V. Kemudian sistem *data logger* dan otomatisasi *resistivity meter* terdiri dari mikrokontroler, *microSD*, sensor arus INA219, dan sensor tegangan ADS115. Pada penelitian ini telah berhasil dirancang *resistivity meter* dengan sumber arus injeksi maksimal 220mA dan tegangan keluaran 615V dan dengan akurasi pembacaan sensor arus 97,50% hingga 99,60% dan sensor tegangan memiliki akurasi mulai 98,88% hingga 100%. Berdasarkan hasil pengujian diketahui *G-Res* mampu bekerja dengan baik, didukung dengan hasil selisih dengan alat *G-Sound* adalah 0,031 hingga 0,040. Kedepannya perlu dilakukan analisa dan pengembangan bagian sumber arus injeksi dan pengembangan dibagian sistem tampilan data dari *resistivity meter* tersebut.

Kata kunci: ADS1115, *data logger*, INA219, injeksi, dan *resistivity meter*.

*DESIGN AND DEVELOPMENT OF A DIGITAL RESISTIVITY METER BASED
ON ARDUINO MEGA2560*

By

RIZAL AETA

G1B018054

ABSTRACT

A resistivity meter is a tool for measuring the subsurface layers of the soil by utilizing the resistivity properties of rocks in conducting electric current. Resistivity meters generally apply an analog system, where the injection and measurement process is still manual using a voltmeter and amperemeter as current and injection potential measuring devices. As a result, the resistivity meter has not been integrated with the data storage system automatically. The resistivity meter measurement process is generally carried out with quite a lot of data, so it is possible to develop resistivity meter data logger systems and injection automation systems to obtain more accurate data. So this research was conducted to develop a digital resistivity meter by adding a data logger system and an automatic injection system. The development process is divided into two main parts, namely the injection current source system and data logger system and resistivity meter automation. The injection current source uses a series of inverters and wave rectifiers with a 12V battery as the power source. Then the data logger system and resistivity meter automation consist of a microcontroller, microSD, INA219 current sensor, and ADS115 voltage sensor. In this study a resistivity meter has been successfully designed with a maximum injection current source of 220mA and an output voltage of 615V and with current sensor reading accuracy from 97.50% to 99.60% and sensor voltage with accuracy ranging from 98.88% up to 100%. Based on the test results it is known that the G-Res is able to work well supported by the results of the difference with the G-Sound tool, namely 0.031 to 0.040. In the future, it is necessary to carry out analysis and development on the injection current source section and development on the resistivity meter data display system section.

Keywords: *ADS1115, data logger, INA219, injection, and resistivity meter.*

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “RANCANG BANGUN *RESISTIVITY METER* DIGITAL BERBASIS ARDUINO MEGA2560” murni hasil karya dan pikiran saya sendiri dan di dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah dituliskan atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang tertulis pada sitasi dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustakanya.

Mataram, 09 Desember 2022
Yang menyatakan,



Rizal Aeta
G1B018054

HALAMAN PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN *RESISTIVITY METER* DIGITAL BERBASIS ARDUINO
MEGA 2560

Rizal Aeta
G1B018054

Menyetujui
Tim Pembimbing
Tanggal: 02 November 2022

Pembimbing I,



Dr. Rahadi Wirawan, S.Si., M.Si.
NIP. 197212271997021001

Pembimbing II,



Dr. Hiden, S.Si., MT.
NIP. 196812311997021001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul:

RANCANG BANGUN *RESISTIVITY METER* DIGITAL BERBASIS ARDUINO
MEGA 2560

Rizal Aeta
G1B018054

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Program Studi Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Pada tanggal: 09 Desember 2022

Tim Penguji :

Syamsuddin, S.Si., MT.
NIP. 197012311997021001

(Ketua)



Dr. Suhayat Minardi, S.Si., MT.
NIP. 196909051997031001

(Sekretaris)



Dr. Rahadi Wirawan, S.Si., M.Si.
NIP. 197212271997021001

(Anggota I)



Dr. Hiden, S.Si., MT.
NIP. 196812311997021001

(Anggota II)

.....

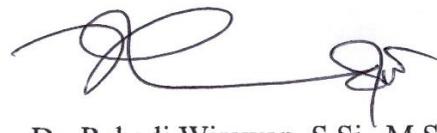
Mengetahui:

Fakultas MIPA Universitas Mataram
Dekan



Prof. Drs. Dedy Suhendra, M.Si., Ph.D
NIP. 196712071996031002

Program Studi Fisika
Ketua



Dr. Rahadi Wirawan, S.Si., M.Si
NIP. 197212271997021001

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT tuhan seluruh alam yang telah memberikan rahmat, taufik dan hidayahnya sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini yang digunakan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana di Universitas Mataram. Shalawat serta salam semoga terlimpah curahkan kepada baginda tercinta kita yaitu Nabi Muhammad SAW yang senantiasa menjadi pedoman hidup bagi seluruh ummatnya hingga akhir zaman.

Puji dan syukur kepada Allah SWT atas limpahan nikmat sehat-Nya, sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun *Resistivity meter* Digital Berbasis Arduino Mega2560”. Penulis melakukan pengembangan pada alat standar *resistivity meter* dengan biaya produksi lebih murah dan mudah dijangkau. Selain itu penulis mengembangkan dengan menambahkan fitur sistem penyimpanan data dan penambahan kapasitas sumber arus yang diinjeksikan. Penulis mengucapkan terima kasih dan cinta kepada seluruh pihak yang telah memberi dukungan moral, kasih sayang, semangat dan materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis tentu menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan dan kesalahan di dalamnya, oleh karena itu diharapkan kritik dan saran yang dapat menunjang dalam penyempurnaan skripsi ini kedepannya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Mataram, 09 Desember 2022



Penulis

MOTTO

“SELALU ADA WANTA HEBAT DIBALIK SUKSESNYA SEORANG LAKI-LAKI”

Karya ini saya persembahkan untuk:

Kedua orang tuaku Bapak Radinah dan Ibu Suhariyah, kakak Hendrayadi dan kakak ipar Yuliana, keponakan Yuda Amzary, dan khusus ibuku yang selalu jadi pengingat dan penyemangat

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan motivasi dari berbagai pihak. Secara khusus penulis mengucapkan terimakasih kepada;

1. Bapak Prof. Dedy Suhendra, M.Si., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram.
2. Bapak Dr. Rahadi Wirawan, M.Si., selaku Ketua Program Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram dan selaku pembimbing I yang selalu memberikan semangat, motivasi, bimbingan, dan pelajaran hidup yang berharga untuk penulis selama empat tahun lebih mengemban ilmu di Universitas Mataram sehingga penulis menjadi jauh lebih baik.
3. Bapak Dr. Hiden, S.Si., MT selaku Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, ilmu, semangat, motivasi, kritik, saran dan waktu yang telah diberikan sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi beserta perkuliahan selama empat tahun.
4. Bapak Syamsuddin, S.Si., MT selaku Dosen Penguji I dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing, memberikan ilmu, semangat, motivasi, kritik, saran dan waktu sehingga Penulis bisa menyelesaikan perkuliahan dan tugas akhir dengan sebagaimana mestinya.
5. Bapak Dr. Suhayat Minardi, S.Si., MT selaku Dosen Penguji II yang telah membimbing, memberikan kritik, saran dan waktu sehingga Penulis bisa menyelesaikan tugas akhir dengan sebagaimana mestinya.
6. Segenap Dosen dan civitas akademik di lingkungan Program Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram.
7. Seluruh staf laboran Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram untuk ilmu dan bantuan kepada penulis.
8. Orang tua, keluarga dan pacar saya yang sudah membantu saya dalam begitu banyak hal selama empat tahun lebih menjalani perkuliahan.
9. Pacar saya, Tiara Firstania S yang selalu mendukung selama 5 tahun terakhir.

10. Kak Yadi, kak Reza, dan seluruh orang KOALA dan penghuni lab instrument yang sudah membantu membimbing saya selama proses perkuliahan maupun dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Teman-teman Kinetik, Himafis, dan CEC yang sudah membantu saya dalam menjalani perkuliahan.
12. Singkatnya seluruh pihak yang sudah banyak berperan dalam proses saya selama ini.

DAFTAR ISI

COVER	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
MOTTO	ix
UCAPAN TERIMA KASIH	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
BAB III LANDASAN TEORI	7
3.1 Sifat Listrik Lapisan Bumi	7
3.2 Metode Geolistrik Resistivitas	8
3.3 <i>Resistivity meter</i>	9
3.4 <i>Boost converter</i> DC ke DC	9
3.5 Sensor Arus dan Tegangan	12
3.6 Arduino Mega (Pusat Kontrol)	15
3.7 <i>MicroSD Card Adapter</i> (Modul Perekam Data)	16
3.8 <i>Liquid Cristal Display (LCD)</i> Sebagai Penampil data	17
3.9 Kalibrasi Alat	17
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	19
4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	19
4.2 Alat dan Bahan Penelitian	19
4.3 Prosedur Penelitian	19
4.4 Perancangan Sistem Instrumentasi	20
4.5 Perancangan Perangkat Lunak	24
4.6 Prosedur Pengujian dan Kalibrasi Sistem	26
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	27
5.1 Resistivity Meter Digital	27
5.2 Pengujian <i>Resistivity meter</i>	35
BAB VI PENUTUP	38
6.1 Kesimpulan	38
6.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Cara kerja metode geolistrik konfigurasi wenner	8
Gambar 3.2	<i>Resistivity meter</i>	9
Gambar 3.3	Rangkaian <i>inverter</i> dengan IC CD4047	10
Gambar 3.4	Rangkaian penyearah gelombang pada keluaran trafo CT	11
Gambar 3.5	Sensor INA219	13
Gambar 3.6	Rangkaian pembagi tegangan.	13
Gambar 3.7	Rangkaian pemutlak tegangan sederhana.	14
Gambar 3.8	ADC tipe ads1115.....	15
Gambar 3.9	<i>MicroSD Card Adapter</i>	16
Gambar 3.10	<i>Liquid Cristal Display (LCD)</i>	17
Gambar 4.1	Diagram alir penelitian.	20
Gambar 4.2	Diagram sistem instrumentasi.	21
Gambar 4.3	Rangkaian sumber arus injeksi.	22
Gambar 4.4	Bagian <i>resistivity meter</i>	23
Gambar 4.5	Rangkaian pembagi tegangan (a) dan pemutlak tegangan (b).....	24
Gambar 4.6	Diagram alir perangkat lunak.	25
Gambar 5.1	Hasil rancangan <i>resistivity meter</i> digital.....	27
Gambar 5.2	Sumber arus injeksi.....	28
Gambar 5.3	Grafik pengukuran pembebanan sumber arus.	29
Gambar 5.4	Rangkaian sistem <i>resistivity meter</i>	30
Gambar 5.5	Rangkaian sensor tegangan (2) dan arus (3) dengan Arduino (1). ...	30
Gambar 5.6	Grafik data pengukuran awal sensor arus.	32
Gambar 5.7	Grafik perbandingan hasil pengukuran arus setelah kalibrasi.	32
Gambar 5.8	Grafik pengukuran tahap awal kalibrasi sensor tegangan.	33
Gambar 5.9	Grafik pengukuran tahap kedua sensor tegangan.	34
Gambar 5.10	Rangkaian penampil dan penyimpan data.	35
Gambar 5.11	Contoh tampilan data pada <i>microSD</i>	35
Gambar 5.12	Pengujian pengukuran di lapangan.	36
Gambar 5.13	Grafik analisa nilai resistansi dari G-Sound dan G-Res.	37

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Arduino Mega2560.	15
Tabel 3.2 Fungsi dari 16 pin pada <i>LCD</i>	17
Tabel 4.1 Alat dan bahan penelitian.	19
Tabel 5.1 Spesifikasi sumber arus hasil rancangan.	28

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I: Dokumentasi Hasil Rancangan

LAMPIRAN II: Data kalibrasi

LAMPIRAN III: Data pengujian

LAMPIRAN IV: Program Mikrokontroler

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bumi tersusun atas kerak benua dan kerak samudra. Kerak benua tersusun atas beberapa lapisan yang terdiri dari beberapa batuan penyusun dengan karakteristik yang bervariasi. Jenis batuan penyusun pada lapisan kerak bumi dapat diketahui dari resistivitas batuan tersebut. Resistivitas merupakan salah satu sifat batuan yang menunjukkan kemampuan batuan tersebut dalam menghantarkan daya listrik. Secara umum, resistivitas merupakan resistansi yang dinormalisasi terhadap geometri (Grandis, 2009).

Salah satu metode dalam ilmu geofisika yang dimanfaatkan untuk mengetahui sifat resistivitas batuan yaitu metode geolistrik. Metode geolistrik merupakan metode yang memanfaatkan sifat resistivitas tanah atau batuan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan bumi (Hendrajaya, dkk. 1990). Metode geolistrik sering digunakan karena hasilnya cukup baik untuk mengetahui gambaran mengenai lapisan yang berada di bawah permukaan tanah. Proses pengukuran meliputi pengukuran potensial, arus dan medan elektromagnetik yang terjadi baik itu oleh injeksi arus maupun secara alamiah. Prinsip kerja metode geolistrik yaitu dengan menginjeksikan arus listrik melalui sepasang elektroda. Kemudian arus diterima oleh elektroda potensial dengan menganggap bumi sebagai hambatan sehingga nilai hambatan dari medium/bumi dapat diperkirakan (Hakim, dkk 2016). Metode geolistrik menggunakan prinsip hukum Ohm, dimana hambatan suatu bahan berbanding terbalik dengan nilai arus yang mengalir dan berbanding lurus dengan beda potensial.

Alat yang digunakan pada metode geolistrik yakni *resistivity meter*, seperti yang dimiliki Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram. *Resistivity meter* adalah alat yang dapat digunakan untuk menentukan distribusi resistivitas di bawah permukaan tanah yang kemudian data distribusi resistivitas itu dapat digunakan untuk menginterpretasi material-material yang ada di dalam bumi (Munaji dkk. 2013). Terdapat dua parameter yang diukur oleh *resistivity meter*, yaitu beda potensial dan arus yang terukur dengan

menginjeksikan arus ke dalam tanah dan diukur kuat arus yang mengalir melalui elektroda arus serta beda potensialnya melalui elektroda potensial.

Resistivity meter yang dimiliki Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram tersebut tidak memiliki sistem penyimpanan data dalam proses pengambilan data lapangan. Alat tersebut menggunakan voltmeter dan amperemeter sebagai pengukur tegangan maupun arus injeksi dan untuk data pengukuran akan dicatat secara manual dengan tulis tangan. Namun ketika di lapangan, kondisi alam yang tidak menentu dan faktor-faktor lainnya, data hasil pengukuran akan sangat memungkinkan untuk terjadi kehilangan maupun kerusakan media penyimpanan data. Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan alat *resistivity meter* yang memiliki sistem penyimpanan data dan bahkan sistem otomatisasi untuk meningkatkan efisiensi kerja. Pengembangan *resistivity meter* dengan sistem penyimpanan data dan sistem otomatis atau menggunakan sistem kendali di dalam negeri masih sangat kurang dan dengan membeli di luar negeri akan membutuhkan biaya yang relatif cukup mahal. Sehingga diharapkan dari hasil penelitian ini mampu menjadi alat yang standar dengan alat yang beredar dipasar.

Sehingga perlu pengembangan *resistivity meter* dengan sistem penyimpanan data hasil pengukuran secara otomatis dan memiliki sistem *auto injection* agar saat injeksi arus bisa lebih stabil. Kemudian dengan adanya tambahan sistem tersebut dapat meningkatkan keamanan dan efisiensi kerja. Oleh karena itu, pada penelitian ini dikembangkan sistem *resistivity meter* dengan media penyimpan, penampil data dan dengan sistem injeksi otomatis. Alat yang dirancang memiliki sistem otomatis pada proses pengambilan data berulang pada hanya dengan menekan tombol injeksi satu kali. Hal ini dapat mempermudah proses pengukuran karena dalam melakukan perekaman berulang dengan banyak titik dilakukan dengan lebih sederhana dan dapat menghemat waktu pengambilan data.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diketahui rumusan masalah pada penelitian ini adalah.

- a. Bagaimana rancangan bangun alat *resistivity meter* digital?
- b. Bagaimana hasil uji alat *resistivity meter* digital yang telah dirancang?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah.

- a. Merancang bangun alat *resistivity meter* otomatis berbasis Arduino Mega2560.
- b. Menguji pembacaan alat *resistivity meter* digital yang sudah dirancang.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- a. Bermanfaat sebagai contoh pengembangan dan membuat alat *resistivity meter*.
- b. Mempermudah peneliti dalam akuisisi data di lapangan.
- c. Meningkatkan persentase keamanan kerja dan data lapangan.

1.5. Batasan Masalah

Agar penjelasan dari penelitian ini tidak menyimpang dari konteks pembahasan, maka penelitian ini dibatasi sebagai berikut.

- a. Penelitian ini tidak distandari dari segi ketahanan dan bahan penyusun lainnya.
- b. Alat hasil rancangan penelitian ini masih otomatisasi dengan sistem *single chanel*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Lukman dkk. (2020) merancang sebuah *inverter* 12V dc ke 220V ac 500 Watt. *Inverter* yang dibangun terdiri dari rangkaian kontrol dan rangkaian *switching* transistor yang terintegrasi dalam sebuah kit *inverter*, kemudian didukung dengan transformator *step-up* untuk meningkatkan tegangan luaran. Rangkaian *inverter* menggunakan kontrol IC CD4047BE sebagai osilator untuk menghasilkan luaran gelombang kotak. Perancangan *inverter* menghasilkan keluaran gelombang kotak dengan tegangan 220V dan dengan frekuensi 50Hz. Namun tegangan luaran dari *inverter* cenderung turun ketika diberi beban, artinya parameter pengaturan tegangan masih kurang baik. Maiyatullah dkk. (2019) menggunakan *inverter* sebagai media konversi sekaligus menaikkan tegangan DC dari panel surya menjadi tegangan AC yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. *Inverter* dapat diimplementasikan sebagai menaikkan tegangan dari accu 12V DC menjadi tegangan lebih tinggi sehingga dapat digunakan sebagai sumber arus injeksi.

Penelitian Sudenasahaq dkk. (2016) merancang *boost converter* sebagai sumber arus injeksi untuk implementasi *resistivity meter*. Menggunakan *inverter* sebagai penaik tegangan dengan bantuan rangkaian penyearah gelombang untuk dapat mengkonversi kembali tegangan dari keluaran *inverter* yang berupa tegangan AC menjadi tegangan DC kembali. Pengujian *boost converter* dilakukan dengan pembebanan. Hasil analisa *boost converter* berhasil diimplementasikan pada sistem geolistrik, dimana dengan arus 0,1mA bekerja pada resistansi 0,4 Ω sampai 2,345M Ω dan dengan arus 1mA bekerja pada resistansi 0,4 Ω hingga 8,53k Ω . Kemudian untuk nilai resistansi dapat terukur dengan baik pada pengukuran resistansi 33 Ω hingga 470k Ω . Prasetia dkk. (2018) menggunakan *boost converter* sebagai sumber arus injeksi dari *resistivity meter* yang dirancang. *Resistivity meter* yang dirancang digunakan untuk indentifikasi jenis batuan dasar pondasi bangunan.

Antosia (2020) melakukan penelitian dengan merancang sebuah voltmeter yang digunakan untuk mengukur beda potensial dalam sistem pengukuran geolistrik. Voltmeter dirancang dengan sistem *auto-range* yang mampu mengukur beda potensial dengan orde mV hingga ratusan volt dan dapat mengukur nilai beda potensial negatif (*reversed polarity*). Bahan utama dari Perancangan menggunakan

ADS1115 (yaitu ADC dengan resolusi 16-bit) dan Arduino uno. Sistem dalam rancangan menggunakan rangkaian pembagi tegangan agar dapat mengukur *input* potensial maksimal sekitar 1.600V. Memiliki dua mode pengukuran, sistem ini menggunakan switch untuk mengatur mode pengukuran yang dikontrol menggunakan Arduino uno. Selanjutnya ADS1115 menggunakan metode pengukuran differensial agar dapat mengukur nilai beda potensial negatif. Berdasarkan beberapa pengujian menggunakan komponen resistor dengan sumber tegangan yang diatur keluarannya, voltmeter baik dalam mengukur beda potensial pada nilai resistor dibawah 10 K Ω dengan tingkat akurasi sekitar 97%.

Muhayadi (2018) merancang sistem *datalogger* dan penampil data pada alat ukur resistivitas tanah. Perancangan meliputi sistem pembaca arus dan tegangan, sistem perekam data dan penampil data. Pembaca tegangan menggunakan ADS1115 dan pembaca arus menggunakan sensor INA219. Kemudian sistem perekam dan penampil data menggunakan *MicroSD* sebagai penyimpan dan *OLED* sebagai penampil. Alat yang dirancang mampu bekerja dengan baik dengan akurasi pembacaan sensor tegangan sebesar 98,06% dan 97,94% untuk pembacaan sensor arus. Pengujian dilakukan selama 11,5 jam dan membuktikan hasil pembacaan dan perekaman data tetap stabil. Hasil perancangan menggunakan multimeter sebagai pembanding dan hanya fokus pada perancangan sistem *datalogger*. Darmawan dkk. (2019) memanfaatkan sensor INA219 dalam mengukur arus untuk pemantauan kinerja panel surya. Sensor INA219 dalam penggunaannya sebagai sensor arus memiliki tingkat akurasi 97,7% sampai 100%. Pembacaan sensor dibandingkan dengan multimeter SANWA CD 771.

Penelitian Juhari dkk. (2017) merancang sebuah *prototype resistivity meter* dengan memanfaatkan sensor ACS712 sebagai sensor arus, rangkaian pembagi tegangan sebagai sensor tegangan, Arduino UNO sebagai pusat kontrol, dan menggunakan *LCD* dan *datalogger*. Keluaran sensor arus (ACS712) dan sensor tegangan (pembagi tegangan) masih berupa sinyal analog, sensor akan membutuhkan bantuan mikrontroler untuk digitalisasi data sebelum dapat menampilkan nilai arus untuk sensor arus dan menampilkan tegangan untuk sensor tegangan. Alat yang dirancang juga masih dibatasi skala laboratorium sehingga, sensor yang digunakan dalam perancangan belum dilakukan kalibrasi dan tidak

memiliki data pembandingan untuk mengetahui akurasi alat yang dirancang. Amin (2017) juga membuat sebuah prototipe alat ukur resistivitas tanah skala laboratorium. Alat tersebut menggunakan tegangan sebesar 24V dengan arus 500mA, dan dengan sumber tegangan menggunakan sebuah trafo CT yang ditambahkan regulator parametrik. Kekurangan dari penelitian ini adalah pengukuran arus dan tegangan masih menggunakan multimeter dan belum ada sistem otomatisasi. Untuk pengujiannya digunakan tiga buah resistor yang dirangkai secara seri, selain itu digunakan juga sampel tanah yang kelembabannya dikondisikan.

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Sifat Listrik Lapisan Bumi

Bumi terdiri dari beberapa lapisan batuan dengan sifat kelistrikan yang berbeda-beda. Sifat kelistrikan lapisan bumi dapat diketahui dengan mengalirkan arus listrik kedalam lapisan bumi tersebut. Kemampuan lapisan bumi dalam menghantarkan listrik bergantung pada nilai resistansi dan resistivitas lapisan. Resistansi merupakan kemampuan suatu bahan dalam menghambat aliran arus listrik mengikuti hukum Ohm. Dimana ditulis secara matematis seperti pada persamaan 3.1. Dalam penyidikan lapangan hukum Ohm dapat ditulis seperti persamaan 3.2, dimana resistansi akan berkaitan dengan panjang dan luas.

$$R = \frac{V}{I} \quad (3.1)$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (3.2)$$

Dimana, R adalah resistansi (Ω), I adalah arus listrik (A), L adalah panjang lintasan (m), V adalah tegangan (V), dan ρ adalah resistivitas (Ωm).

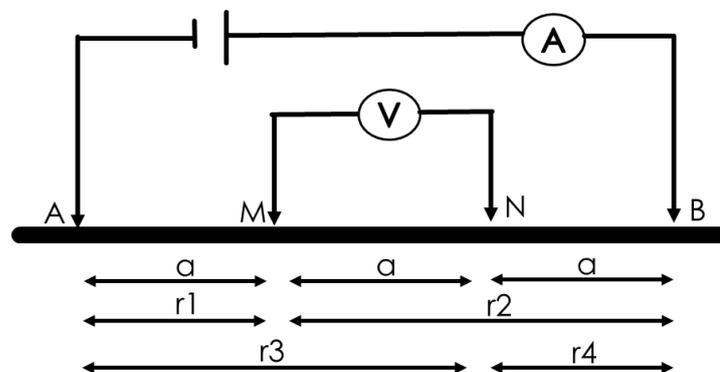
Resistivitas merupakan nilai hambatan jenis suatu bahan persatuan panjang atau ditulis secara matematis seperti persamaan 3.3.

$$\rho = R \frac{A}{L} \quad (3.3)$$

Nilai resistivitas yang berbeda berpengaruh terhadap daya hantar listrik atau resistansi pada suatu material. Dimana, semakin tinggi nilai resistivitas suatu bahan akan mengakibatkan kemampuan daya hantar listrik atau nilai resistansi akan menurun (Telford, dkk. 1990). Prinsip dasar dari hukum Ohm dan sifat kelistrikan ini dimanfaatkan dalam metode geolistrik. Dimana dengan mengansumsikan bumi tersusun dari beberapa jenis material yang memiliki nilai resistivitas yang berbeda. Data nilai resistivitas tersebut yang digunakan untuk interpretasi kondisi bawah permukaan bumi.

3.2 Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik merupakan salah satu metode dalam ilmu geofisika yang memanfaatkan sifat kelistrikan di dalam bumi dan bagaimana mendeteksinya. Pendeteksian dalam metode geolistrik didasarkan pada variasi vertikal dan horizontal yang menyangkut perubahan dalam hantaran elektrik suatu arus listrik. Pendeteksian meliputi pengukuran medan potensial, arus, dan elektromagnetik yang dapat terjadi secara alamiah maupun akibat dari proses injeksi arus ke dalam bumi. Metode geolistrik digunakan untuk menentukan struktur geologi, ketebalan lapisan penutup, kadar kelembaban tanah dan permukaan air tanah. Metode geolistrik digunakan untuk menginterpretasikan bawah permukaan tanah dengan menggunakan konsep fisika tanpa merusak material-material tersebut. Prinsip kerja dari metode geolistrik adalah mengukur resistivitas dengan mengalirkan arus listrik kedalam batuan atau tanah melalui elektroda arus. Kemudian arus diterima oleh elektroda potensial dengan menganggap bumi sebagai resistor (Bisri, 2012).



Gambar 3.1 Cara kerja metode geolistrik konfigurasi wenner (Setyobudi, 2010).

Survei geolistrik resistivitas pada dasarnya adalah mengukur beda potensial anatar dua elektroda potensial. Seperti pada gambar 3.1, elektroda disimbolkan dengan M dan N yang berada diantara elektroda arus. Dimana, beda potensial akan diperoleh dari potensial M dikurangi potensial N atau disajikan dalam persamaan matematis seperti pada persamaan 3.4. Namun, resistivitas yang terukur dari pengukuran metode geolistrik bukanlah nilai resistivitas yang sebenarnya, melainkan resistivitas semu (ρ_a). Besaran resistivitas semu (ρ_a) disebutkan pada persamaan (3.5).

$$\Delta V = V_M - V_N \quad (3.4)$$

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (3.5)$$

Dimana (ρ_a) adalah resistivitas semu (Ωm) dan K adalah faktor geometri yang bergantung pada konfigurasi yang digunakan. Metode geolistrik dikenal banyak konfigurasi elektroda, diantaranya yang sering digunakan adalah konfigurasi Wenner, konfigurasi Schlumberger, konfigurasi dipol-dipol, dan lain-lain. Pengukuran resistivitas dengan metode geolistrik menggunakan alat ukur resistivitas yang disebut resistivitas meter /*resistivity meter*.

3.3 *Resistivity meter*

Resistivity meter adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur aliran arus listrik melalui tanah dari probe yang dimasukkan secara berkala. Perangkat ini dapat menentukan komposisi atau lapisan tanah yang berbeda berdasarkan pembacaan nilai resistivitas yang didefinisikan sebagai jumlah hambatan terhadap aliran arus listrik. Alat ukur ini digunakan untuk survey tanah, menemukan air tanah, dan bahkan survey untuk struktur bawah tanah (Reed, 2018). Secara umum, *resistivity meter* terdiri dari sumber arus, kabel, Accu, dan elektroda arus dan potensial, dan sistem pembaca arus dan beda potensial (Bobafis, 2021).



Gambar 3.2 *Resistivity meter* (Bobafis, 2021).

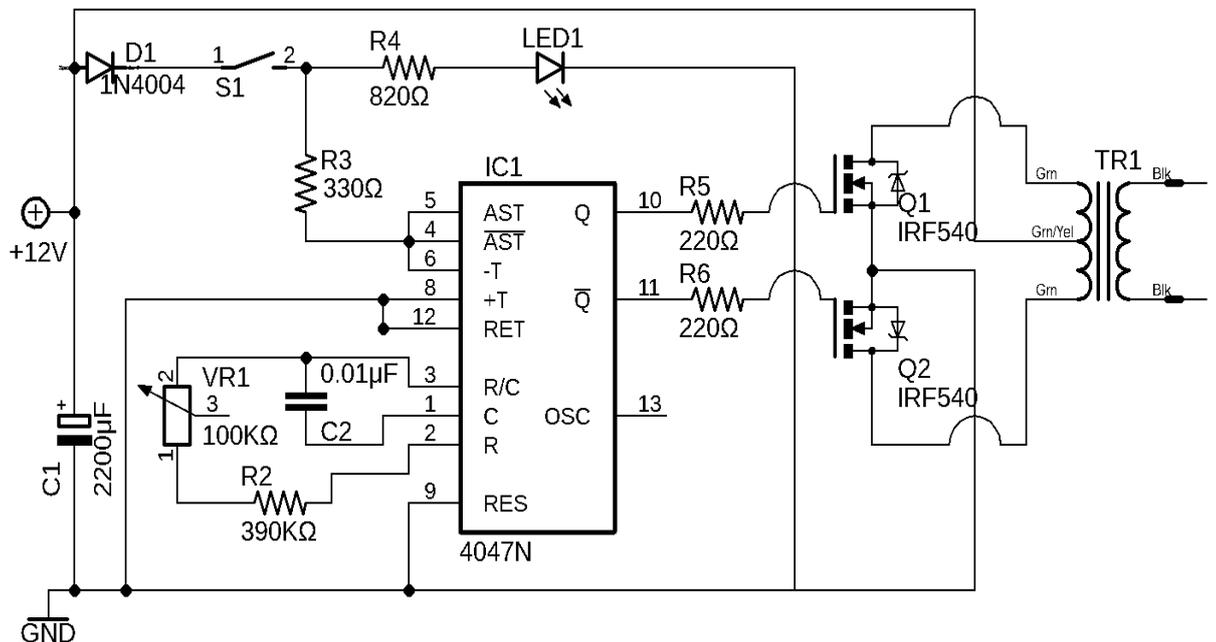
3.4 *Boost converter DC ke DC*

Boost converter berfungsi untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan masukan. *Converter* ini banyak di manfaatkan untuk aplikasi pembangkit listrik tenaga surya dan turbin angin.

Seperti halnya mengubah tegangan AC tertentu menjadi tegangan AC yang lebih tinggi atau lebih rendah menggunakan trafo, hal tersebut juga berlaku dalam proses *converter* DC ke DC. Tidak ada peningkatan atau pengurangan daya masukan selama proses konversi. Secara umum, *boost converter* dapat disusun dari rangkaian *inverter* dan rangkaian penyearah gelombang.

3.4.1 *Inverter*

Inverter merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengubah tegangan sumber DC menjadi tegangan AC dengan frekuensi tertentu. Komponen semikonduktor daya yang digunakan dapat berupa SCR, transistor, dan MOSFET yang beroperasi sebagai sakelar dan pengubah. *Inverter* disebut sebagai *inverter* catu-tegangan (*voltage-fed inverter-VFI*) apabila masukan selalu konstan, disebut *inverter* catu-arus (*current fed inverter-CFI*) apabila arus masukan selalu konstan, dan disebut *inverter* variabel (*variable dc linked inverter*) apabila tegangan masukan dapat diatur.



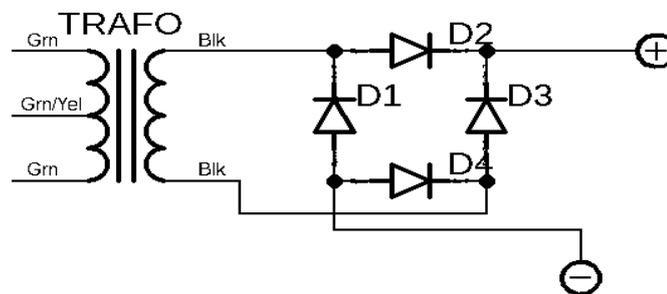
Gambar 3.3 Rangkaian *inverter* dengan IC CD4047 (Garaipoom, 2007).

Pada umumnya, *inverter* memiliki dua macam bentuk gelombang luaran, yaitu gelombang *sinusoida* dan gelombang *modified sinusoida*. *Inverter* dengan luaran gelombang kotak bisa dirangkai dengan kontroler IC CD4047BE, sedangkan

untuk luaran *sinusoida* bisa di kontrol oleh mikrokontroler. Level tegangan luaran akan semakin turun seiring meningkatnya beban. Besaran tegangan dan daya yang dihasilkan oleh *inverter* sangat tergantung pada transformator yang digunakan, semakin bagus kualitas transformator maka semakin baik daya luaran (Lukman, dkk. 2020).

3.4.2 Rectifier

Rectifier adalah rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber arus bolak-balik (AC) menjadi sinyal sumber arus searah (DC). Gelombang AC yang berbentuk gelombang sinus hanya dapat dilihat dengan alat ukur *Cathode Ray Oscilloscope* (CRO). Komponen utama dalam penyearah gelombang adalah dioda yang dikonfigursikan secara bias maju. Rangkaian ini mengeluarkan tegangan DC yang sama dengan nilai puncak ke puncak dari *input sinusoida*. Berikut rangkaian *Rectifier* dengan penyearah gelombang penuh.



Gambar 3.4 Rangkaian penyearah gelombang pada keluaran trafo CT (Whites, 2009).

Prinsip dasar dari penyearah gelombang penuh dengan menggunakan 4 dioda dimulai pada saat *output* transformator memberikan level tegangan sisi positif, maka D2-D1 pada posisi bias maju dan D4-D3 pada posisi bias mundur sehingga level tegangan sisi puncak positif tersebut akan dilewatkan melalui D1 ke D2. Kemudian pada saat *output* trafo memberikan level tegangan sisi puncak negatif dengan D4-D3 pada posisi bias maju dan dan D2-D4 pada posisi bias mundur sehingga level tegangan sisi negative tersebut dialirkan melalui D4-D1. Agar keluaran arus DC konstan, ditambahkan filter yakni pemasangan kapasitor pada bagian *output* rangkaian. Fungsi kapasitor pada rangkaian untuk menekan *ripple* yang terjadi dari proses penyearah gelombang AC. Maksimum tegangan

ripple yang dapat dihasilkan setelah penambahan kapasitor dapat diformulasikan pada persamaan (3.6) berikut.

$$V_{ripple} = \frac{I_{load}}{2fC} \quad (3.6)$$

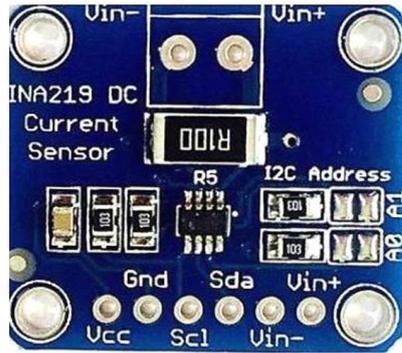
Dimana, V_{ripple} adalah tegangan *ripple* (V), I_{load} adalah arus beban (A), f adalah frekuensi *output* (Hz), dan C adalah kapasitansi kapasitor (F) (Whites, 2009).

3.5 Sensor Arus dan Tegangan

Secara umum, sensor merupakan komponen yang mampu mendeteksi suatu besaran fisik menjadi besaran listrik. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor arus dan sensor tegangan.

3.5.1. Sensor Arus (Sensor INA219)

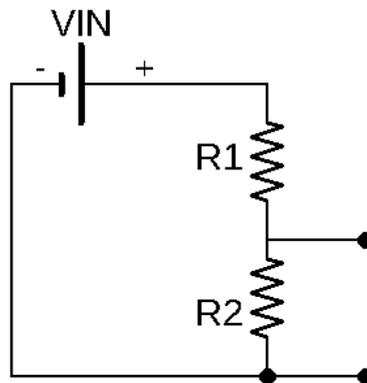
INA219 merupakan sensor arus yang cukup peka, sehingga cocok diimplementasikan untuk membaca arus DC yang kecil dengan akurasi maksimum 0,5%. Sensor INA219 mampu membaca arus dari satuan mili ampere sampai 3,2 A dan dengan tegangan 0 sampai 26VDC. Penggunaan sensor arus adalah dengan dipasang secara seri antara sumber daya dengan beban yang ingin diukur arusnya. Perangkat memonitor tegangan drop dan tegangan suplay bus, dengan waktu konversi dan proses filter yang dapat di program. Nilai kalibrasi yang dapat diprogram, dikombinasikan dengan pengganda internal, memungkinkan pembacaan arus langsung dalam bentuk ampere. Sensor ini dengan sistem antar muka yang kompatibel dengan I2C atau SMBUS memiliki 16 alamat yang dapat di program. Prinsip kerja dari sensor ini adalah dengan membaca tegangan drop pada resistor *shunt* (resistor dengan presisi yang digunakan untuk mengalirkan arus pada suatu rangkaian) dan kemudian untuk mendapatkan nilai arus, tegangan yang terbaca tersebut dikalikan dengan nilai dari resistor *shunt* tersebut. Semua proses tersebut dilakukan dalam modul sensor dan data hasil konversi tersebut dikirim ke mikrokontroler melalui komunikasi I2C (Instrument, 2015).



Gambar 3.5 Sensor INA219 (Adafruit, 2018).

3.5.2. Sensor Tegangan

Sensor tegangan pada penelitian ini menggunakan rangkaian pembagi tegangan yang digabungkan dengan rangkaian pemutlak tegangan kemudian dikonversi menggunakan ADC. Rangkaian pembagi tegangan umumnya digunakan untuk mereduksi level tegangan pada suatu rangkaian. Rangkaian pembagi tegangan dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Rangkaian pembagi tegangan.

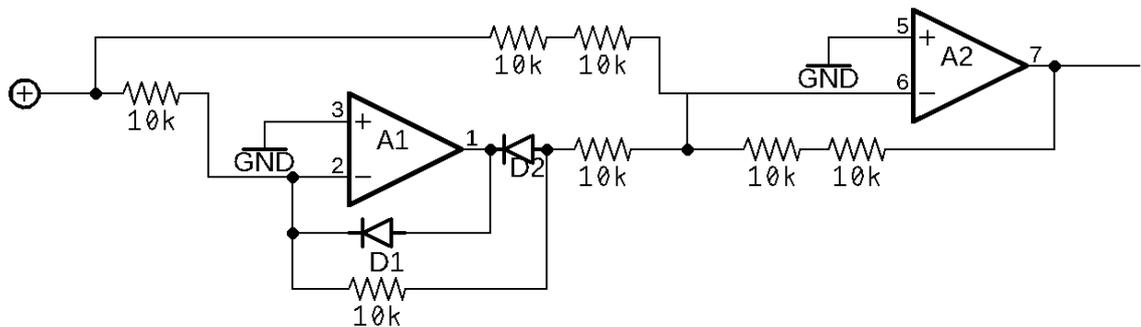
Tegangan ouput yang dihasilkan oleh rangkaian tersebut disampaikan dalam bentuk persamaan:

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (3.5)$$

Penggunaan rangkaian pembagi tegangan ini adalah sebagai pengkondisi sinyal untuk mengkonversi perubahan resistansi menjadi perubahan tegangan. Prinsip kerja dari rangkaian ini adalah dengan mereduksi tegangan melalui dua buah resistor yang dipasang seri kemudian paralel dengan sumber tegangan yang akan diukur sehingga tegangan menjadi turun. Turunnya tegangan tersebut merupakan

hasil reduksi dari rangkaian dan dapat diukur dititik pertemuan kedua resistor. Sehingga rangkaian pembagi tegangan juga biasa disebut pengukuran analog yang tidak langsung (Rifa'i, 2021).

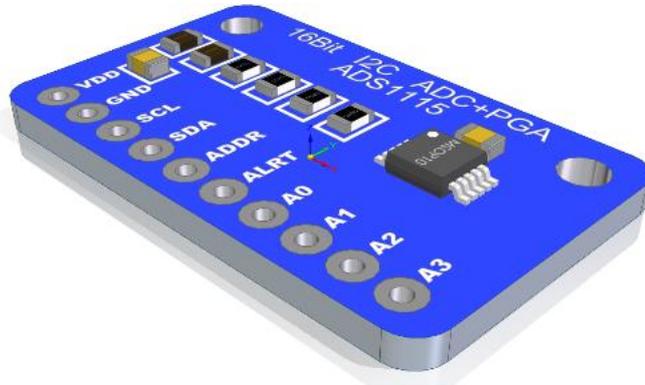
Rangkaian pemutlak tegangan menggunakan penuh untuk mendapatkan performa yang baik. Gambar 3.6 merupakan rangkaian pemutlak tegangan yang tersusun menggunakan 2 buah *fast op-amp* dan resistor. Ketika sinyal masukan positif, keluaran dari A1 adalah negatif, jadi D1 dalam keadaan *reverse* bias. D2 dalam keadaan *forward* bias dan memberikan umpan balik melalui resistor yang mengakibatkan A1 menjadi penguat invertng. A2 menjumlahkan keluaran A1 -2 dengan sinyal masukan -1, sehingga keluaran A2 menjadi +1. Ketika sinyal masukan negatif, D1 dalam keadaan *forward* bias dan memberikan umpan balik pada A1. D2 dalam keadaan *reverse* bias dan tidak melewatkan tegangan. A2 membalik sinyal masukan, hasil keluarannya adalah positif. Jadi, keluaran A2 adalah tegangan positif yang merepresentasikan nilai mutlak dari masukan, baik positif maupun negatif.



Gambar 3.7 Rangkaian pemutlak tegangan sederhana.

ADC ADS1115 adalah suatu alat yang mengubah sinyal atau tegangan analog menjadi digital. ADC memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi. Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam *sample per second* (SPS). Sedangkan resolusi ADC menentukan ketelitian nilai konversi ADC. Bentuk komunikasi yang paling mendasar antara wujud digital dan analog dan piranti (biasanya berupa IC) disebut *komparator* (Kho, 2020). ADC juga digunakan untuk meningkatkan ketelitian pembacaan nilai analog. ADC ADS1115 adalah salah satu

jenis dari ADC yang banyak digunakan. ADS1115 memiliki resolusi 16-bit dan dapat melakukan konversi hingga 860SPS (*sample per second*). ADC ini menggunakan komunikasi I2C dan memiliki 4-channel masukan analog (Instruments, 2018).



Gambar 3.8 ADC tipe ads1115 (John, 2018).

3.6 Arduino Mega (Pusat Kontrol)

Arduino adalah sebuah papan rangkaian (*board*) yang berisi mikrokontroler atau dengan kata lain adalah sebuah papan mikrokontroler. Arduino merupakan rangkaian mikrokontroler serbaguna yang sangat mudah untuk diprogram. Perangkat keras arduino uno menggunakan mikrokontroler ATmega328. Secara umum, spesifikasi Arduino dapat dilihat pada tabel di bawah.

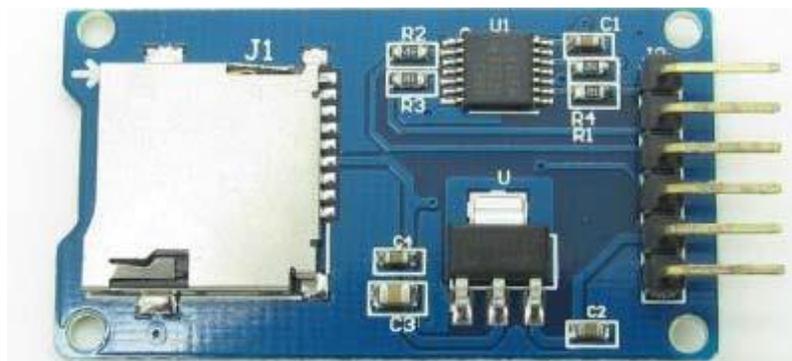
Tabel 3.1 Spesifikasi Arduino Mega2560.

<i>Mikrokontroler</i>	ATMega2560
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage(recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage(limit)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	54 (of which 15 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	16
<i>DC Current per I/O pin</i>	20 Ma
<i>DC Current for 3.3V pin</i>	50 Ma
<i>Flash Memory</i>	256 KB of which 8 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	8 KB
<i>EEPROM</i>	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>LED_BUILTIN</i>	13
<i>Length</i>	101.52 mm
<i>Width</i>	53.3 mm
<i>Weight</i>	37 g

(sumber: <https://elektro.uma.ac.id/mengenal-arduino-dengan-baik/>).

3.7 *MicroSD Card Adapter (Modul Perekam Data)*

Datalogger atau perekam data adalah sebuah alat elektronik yang mencatat data dari waktu ke waktu, baik yang terintegrasi dengan sensor dan instrumen. Secara singkat *datalogger* adalah alat untuk melakukan *logging*. Beberapa jenis *datalogger* biasanya dikoneksikan dengan komputer dan untuk mengaktifkan digunakan sebuah *software* yang lebih *simple*. *Data logging* adalah proses otomatis pengumpulan dan perekaman data dari sensor untuk tujuan pengarsipan atau tujuan analisis. Sensor digunakan untuk mengkonversi besaran fisik menjadi sinyal listrik yang dapat diukur secara otomatis yang kemudian dikirim menuju komputer atau mikroprosesor untuk pengolahan. Selain sensor, banyak peralatan laboratorium dengan *output* listrik dapat digunakan bersama dengan konektor yang sesuai dengan *datalogger*. Salah satu keuntungan menggunakan *datalogger* adalah kemampuannya secara otomatis mengumpulkan data secara terus menerus setelah diaktifkan sampai dimatikan. Ketika sudah diaktifkan, *datalogger* dapat digunakan dengan ditinggalkan dan akan mengukur atau merekam informasi selama periode pemantauan.



Gambar 3.9 *MicroSD Card Adapter* (Alatujicoid, 2019).

Modul *MicroSD card adapter* berfungsi untuk membaca dan menulis melalui *file system* dan menggunakan driver antarmuka SPI. Mendukung kartu *MicroSD*, *MicroSDHC* (kartu kecepatan tinggi). Komunikasi antarmuka menggunakan antarmuka standar SPI. Ada enam pin antarmuka (GND, VCC, MISO, MOSI, SCK, CS). MISO, MOSI, SCK untuk bus SPI, dan CS adalah sinyal pemilih. Tingkat konversi sirkuit *MicroSD card* untuk arah sinyal mengkonversi 3.3V, antarmuka kartu *MicroSD* untuk mengontrol arah sinyal MISO juga dikonversi ke 3.3V, sistem mikrokontroler AVR

umumnya dapat membaca sinyal ini (Catalex, 2014). Pada penelitian ini adapter diperlukan sebagai perekam data ke dalam kartu *microSD*.

3.8 *Liquid Cristal Display (LCD) Sebagai Penampil data*

Kegunaan *LCD* banyak sekali dalam perancangan suatu sistem dengan menggunakan mikrokontroler. *LCD* dapat berfungsi untuk menampilkan suatu hasil pembacaan sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. *LCD* memiliki 16 pin yang memiliki fungsi masing-masing yang dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Fungsi dari 16 pin pada *LCD*.

No Pin	Nama pin	Fungsi pin
Pin 1	Vss/GND	Sebagai tegangan 0 volt atau ground
Pin 2	Vcc	Sebagai tegangan Vcc
Pin 3	VEE/Vcontrast	Sebagai tegangan pengatur kontras ada <i>LCD</i>
Pin 4	RS	<ul style="list-style-type: none"> • RS (<i>register select</i>) • “0” ; <i>input</i> intruksi • “1” ; <i>input</i> data
Pin 5	R/W	Sebagai signal yang dituliskan untuk memilih mode membaca dan menulis
Pin 6	E (Enable)	Untuk memulai pengiriman data dan instruksi
Pin 7-14	DB 0 s/d DB 7	Untuk mengirimkan data karakter
Pin 15-16	Anoda dan katoda	Untuk mengatur cahaya pada background <i>LCD</i> atau intruksi

(Sumber, Zain, 2013).



Gambar 3.10 *Liquid Cristal Display (LCD)* (Zain, 2013).

3.9 Kalibrasi Alat

Kalibrasi merupakan proses verifikasi bahwa suatu akurasi alat ukur sesuai dengan rancangannya. Kalibrasi biasa dilakukan dengan membandingkan suatu standar yang terhubung dengan standar nasional maupun internasional dan bahan-

bahan acuan tersertifikasi. Kalibrasi, pada umumnya, merupakan proses untuk menyesuaikan keluaran atau indikasi dari suatu perangkat pengukuran agar sesuai dengan besaran dari standar yang digunakan dalam akurasi tertentu (Morris, 2001). Contohnya, sensor arus dan sensor tegangan yang dikalibrasi dengan dikoreksi menggunakan amperemeter dan voltmeter dan dapat disesuaikan melalui konstanta kalibrasi. Sehingga sensor dapat membaca nilai yang sebenarnya atau sama dengan alat ukur standarnya. Hal ini juga dilakukan dalam proses perancangan *resistivity meter*, alat hasil rancangan akan dikalibrasi atau distandarisasi menggunakan alat yang sudah terstandarisasi.

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2021 sampai dengan bulan Desember 2022 di Laboratorium Riset Instrumentasi dan Biofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram.

4.2 Alat dan Bahan Penelitian

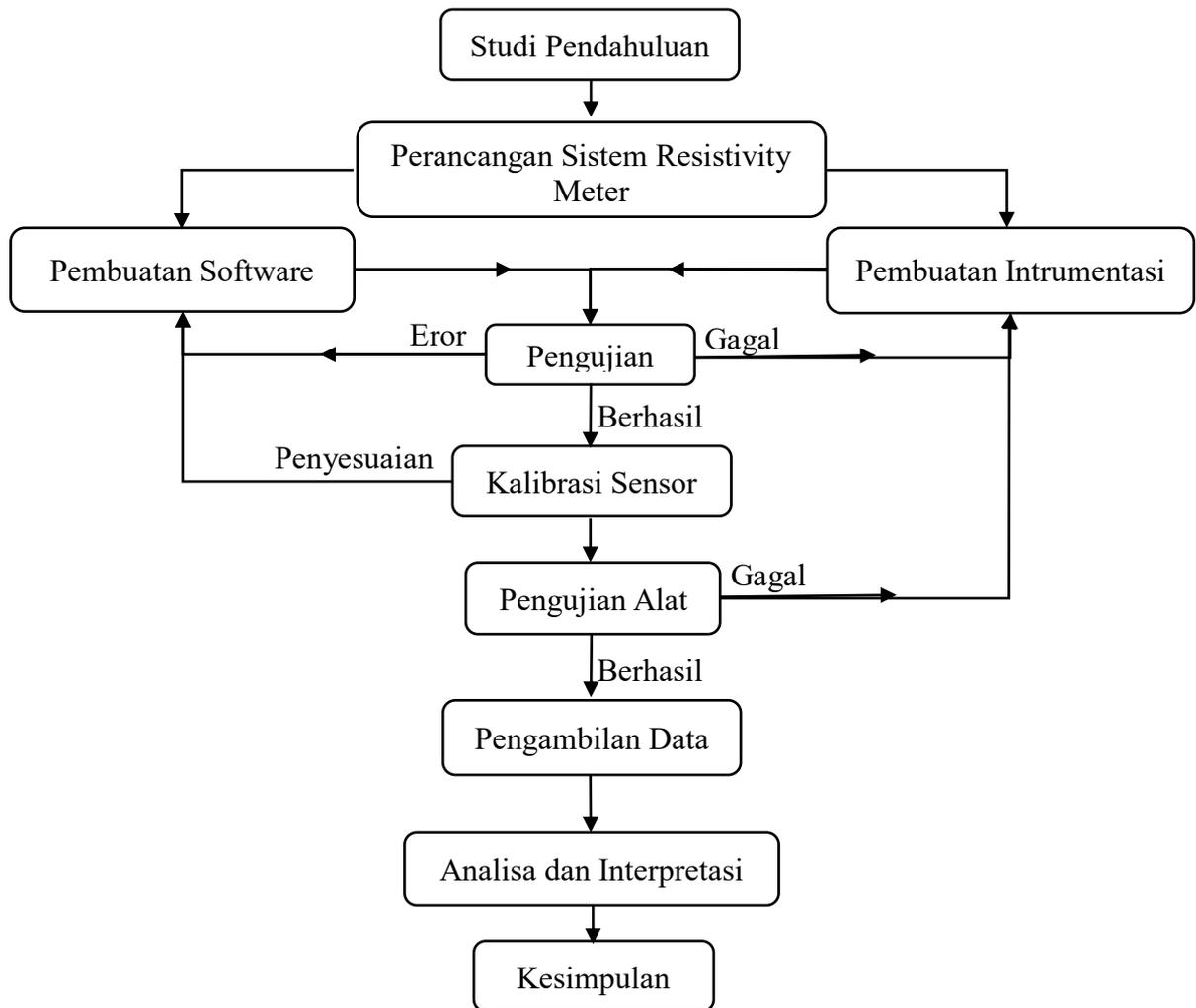
Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah.

Tabel 4.1 Alat dan bahan penelitian.

No	Alat dan bahan	Fungsi
1	Accu 12V	Sumber tegangan
2	Ads1115	ADC 16-bit
3	Arduino Mega2560	Sebagai pusat kontrol alat
4	Laptop	Pengolahan data
5	LCD	Penampil hasil pengukuran pembacaan sensor
6	Modul <i>SDcard</i>	Penyimpanan data
7	Resistor	Sebagai sensor tegangan
8	Sensor INA219	Sebagai sensor arus
9	Trafo	Penaik tegangan

4.3 Prosedur Penelitian

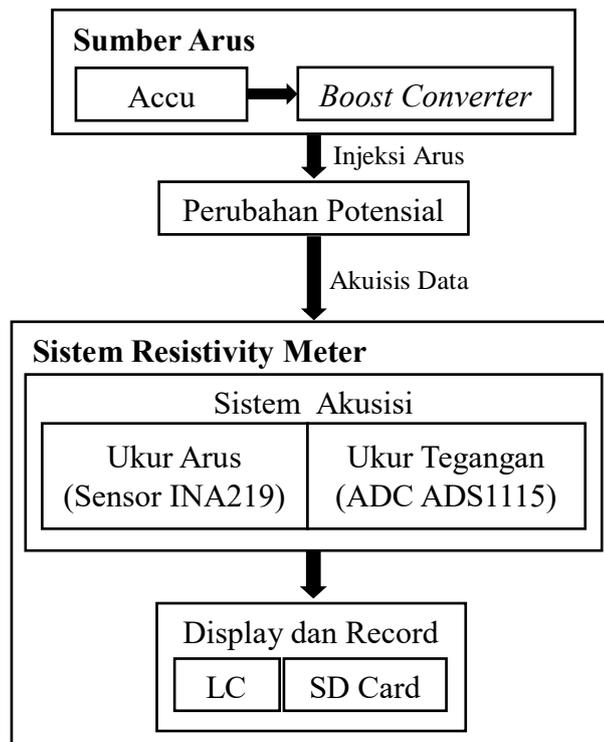
Prosedur penelitian ini diawali dengan studi literatur tentang metode resistivitas geolistrik, alat ukur resistivitas (*resistivity meter*), kemudian diikuti dengan perancangan sistem instrumentasi dan perangkat lunak alat ukur *resistivity meter*, kemudian uji alat, dan analisis maupun interpretasi. Adapun alur penelitian secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 4.1 diagram alir penelitian.



Gambar 4.1 Diagram alir penelitian.

4.4 Perancangan Sistem Instrumentasi

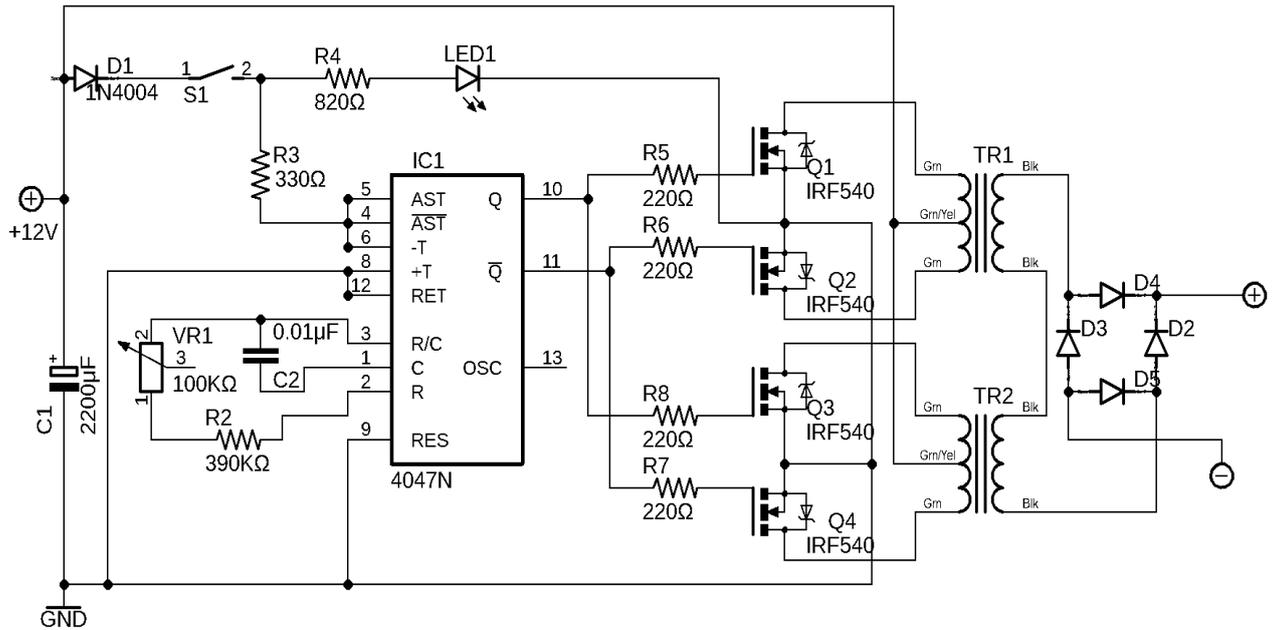
Perancangan sistem instrumentasi atau perangkat keras yang terdiri dari perancangan sistem *boost converter DC-DC* seperti pada gambar 4.3, sistem penyimpanan seperti pada gambar 4.6 dan penampil data seperti pada gambar 4.7, sistem pembaca arus seperti gambar 4.4 dan tegangan seperti pada gambar 4.5, dan sistem kontrol menggunakan arduino. Perancangan sistem instrumentasi atau perangkat keras yang terdiri dari perancangan sistem sumber arus injeksi, sistem penyimpanan dan penampil data, sistem pembaca arus dan tegangan, dan sistem kontrol.



Gambar 4.2 Diagram sistem instrumentasi.

4.4.1 Perancangan Sumber Arus Injeksi (*Boost converter* DC-DC)

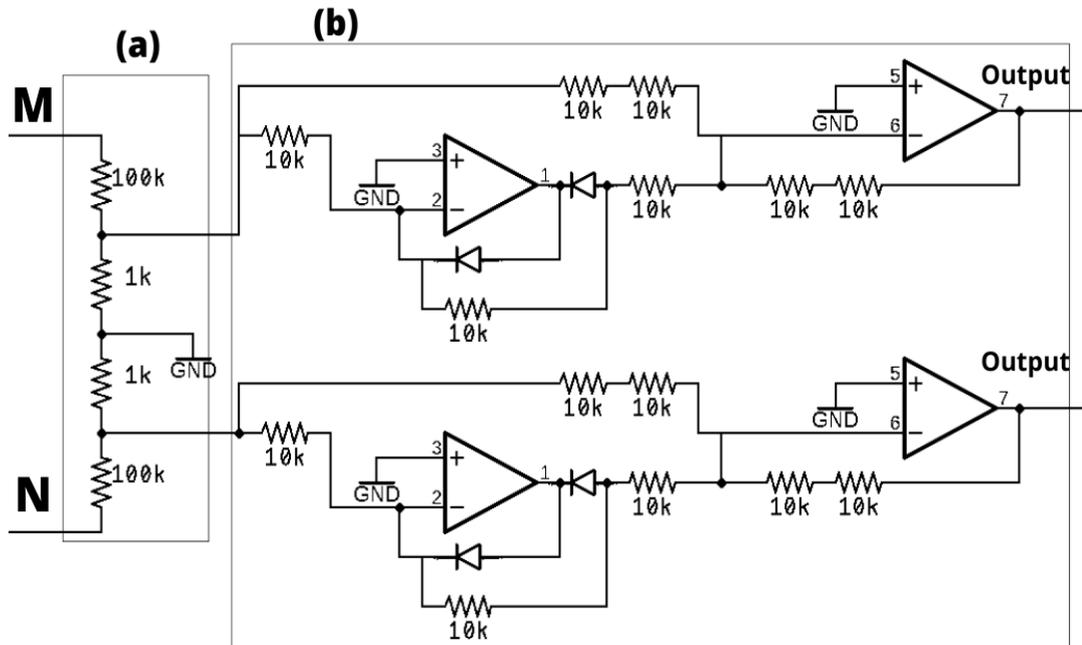
Alat *resistivity meter* memerlukan sumber tegangan yang akan diinjeksikan. Pada penelitian, sumber tegangan injeksi diperoleh dari accu 12V yang kemudian dinaikkan tegangannya menggunakan *boost converter* sebelum diinjeksikan menuju elektroda. Perancangan sistem *boost converter* terdiri dari rangkaian *inverter* dan *Rectifier*. *Inverter* dirancang dengan driver switching menggunakan mosfet IRF540 yang dikontrol oleh *Integrated Circuit* (IC) CD4047. Kemudian keluaran mosfet dihubungkan dengan trafo step-up untuk mengubah tegangan *input* menjadi tegangan *output* yang lebih tinggi. Keluaran yang dihasilkan dari rangkaian *inverter* merupakan tegangan AC. Kemudian rangkaian *inverter* dihubungkan dengan rangkaian *Rectifier* untuk mengubah tegangan AC keluaran *inverter* menjadi tegangan DC.



Gambar 4.3 Rangkaian sumber arus injeksi.

4.4.2 Perancangan Sistem *Resistivity meter*

Perancangan sistem *resistivity meter* meliputi rancangan sistem pengukuran arus injeksi dan beda potensial akibat pembebanan oleh bumi, kemudian dilengkapi dengan penampil data dan media penyimpanan data. Sistem pengukuran arus menggunakan sensor INA219 dan untuk sistem pengukuran potensial menggunakan rangkaian pembagi tegangan yang dikonversi menggunakan ADC ADS1115. Sensor tegangan ini bekerja dengan memanfaatkan perubahan potensial bumi akibat injeksi arus yang dijadikan sebagai *input* rangkaian pembagi tegangan dan kemudian *output* rangkaian pembagi tegangan tersebut akan diterima oleh ADC ADS1115 untuk dikonversi kembali ke nilai sebenarnya yang terukur. Kemudian, untuk penampil data menggunakan LCD I2C dengan ukuran 20×4 dan untuk penyimpan data menggunakan *microSD*. Perancangan sistem *resistivity meter* digital secara menyeluruh dapat dilihat pada gambar 4.4.

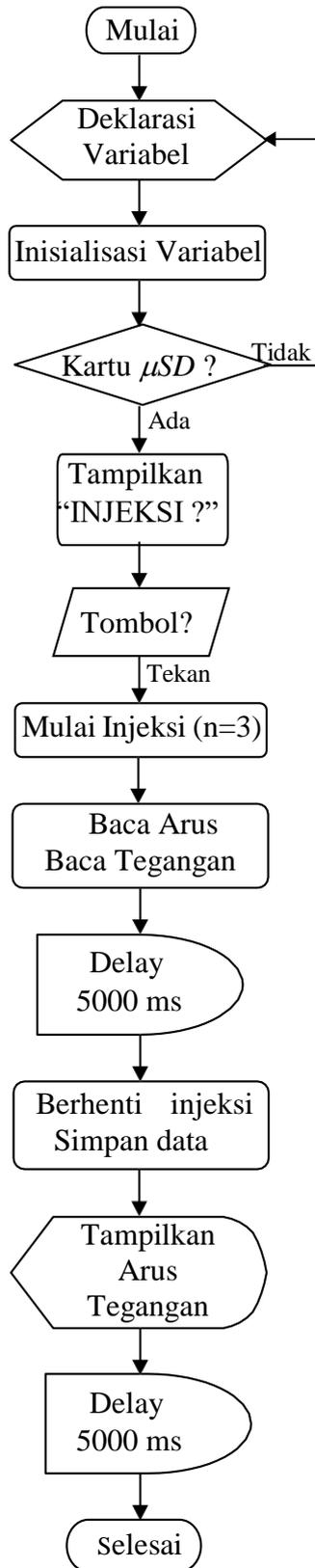


Gambar 4.5 Rangkaian pembagi tegangan (a) dan pemutlak tegangan (b).

Rangkaian pembagi tegangan pada penelitian ini digunakan untuk membagi potensial yang terukur dari bumi sehingga potensial yang masuk ke ADS1115 (gambar 4.4 bagian 4) tidak melebihi kemampuan maksimal. Rangkaian pemutlak tegangan digunakan untuk mutlakkan potensial yang terukur sehingga dapat nilai positif dari input positif maupun negatif.

4.5 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan sistem perangkat lunak berfungsi mengendalikan sistem dengan perintah yang diinginkan. Perancangan menggunakan software Arduino IDE. Perancangan software diawali dengan deklarasi dan inisialisasi variabel yang digunakan. Sistem dibuat dengan mendeteksi kesiapan *microSD* dan menentukan alat dapat melakukan pengukuran. Proses penggunaannya diperintah melalui tombol yang akan mengintruksikan untuk sistem bekerja atau melakukan pengukuran. Proses pengukuran bekerja dengan tiga kali pengulangan dengan satu kali perintah. Data hasil pengukuran akan disimpan pada *microSD* dan ditampilkan pada LCD. Lebih umum dijelaskan dalam bentuk diagram alir yang dapat dilihat pada gambar berikut (Gambar 4.6).



Gambar 4.6 Diagram alir perangkat lunak.

4.6 Prosedur Pengujian dan Kalibrasi Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja dengan baik atau tidak, pengujian juga untuk menghindari kesalahan pada saat proses pengambilan data. Pengujian dilakukan di laboratorium untuk memastikan masing-masing komponen dapat bekerja dengan baik. Berikut prosedur pengujian yang akan dilakukan.

4.6.1 Pengujian Masing-Masing Bagian

- a. Pengujian karakteristik sumber arus injeksi dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus keluaran dari hasil rancangan, pengujian juga disertai dengan dipasangkan beban.
- b. Kalibrasi terhadap sensor tegangan dilakukan dengan memberikan tegangan masukan menggunakan *power supply* dan hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan tegangan masukan.
- c. Kalibrasi terhadap sensor arus dilakukan dengan memberikan arus masukan menggunakan *power supply* dan hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan arus masukan.
- d. Pengujian terhadap sistem *data logger* dilakukan dengan mencoba merekam hasil pembacaan sensor ke dalam kartu *MicroSD*.
- e. Pengujian layar penampil dilakukan dengan menampilkan hasil pembacaan sensor pada *LCD*.
- f. Jika terdapat kesalahan dalam poin d dan e, maka akan dilakukan perbaikan program.

4.6.2 Pengujian *Resistivity meter Digital*

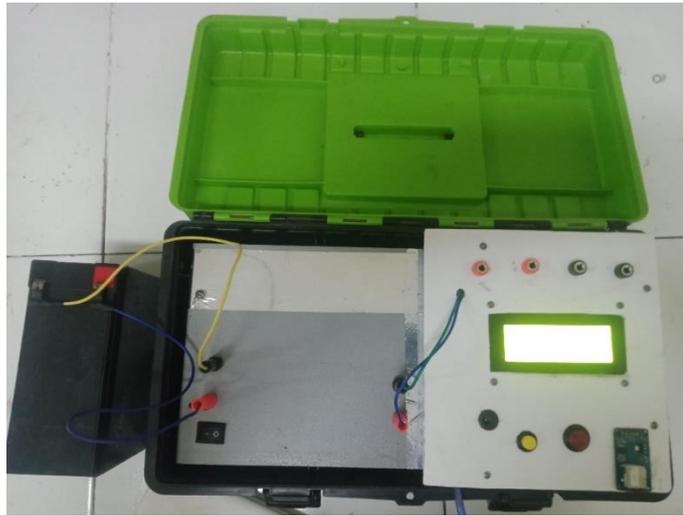
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah masing-masing bagian alat dapat bekerja dalam satu sistem. Berikut prosedur pengujian sistem secara keseluruhan.

- a. *MicroSD* dipastikan sudah terpasang dan terdeteksi oleh modul adapter.
- b. Sistem akan dihubungkan dengan aki sebagai sumber arus injeksi dan baterai sumber daya sistem.
- c. Elektroda sebanyak 4 buah ditancapkan ke bumi secara seri.
- d. Kabel sumber arus dihubungkan pada elektroda 1 dan elektroda 4.
- e. Kemudian pengukuran beda potensial dilakukan pada elektroda 2 dan 3.
- f. Data kemudian dianalisa dan interpretasi.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Resistivity Meter Digital

Telah berhasil dirancang bangun sebuah pengembangan *resistivity meter* digital dengan sistem kontrol menggunakan Arduino Mega2560 seperti pada gambar 5.1.



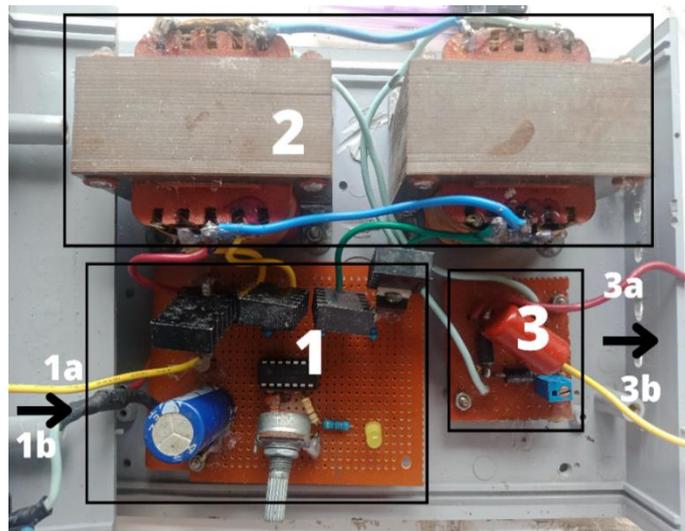
Gambar 5.1 Hasil rancangan *resistivity meter* digital.

Pengembangan *resistivity meter* meliputi dua bagian yaitu, rancang bangun sistem sumber arus injeksi dan sistem *resistivity meter*. Sumber arus injeksi menggunakan sumber tegangan DC dari accu 12V yang dinaikkan menjadi 600V menggunakan rangkaian *Boost Converter* yang terdiri dari *inverter* dan penyearah gelombang. Sedangkan untuk pengembangan sistem *resistivity meter*, dilengkapi dengan sistem pembaca arus dan tegangan, media penampil dan penyimpanan data. Sistem pembaca arus menggunakan sensor arus (INA219) dan pembaca tegangan menggunakan rangkaian pembagi tegangan dengan bantuan ADC ADS1115 yang terintegrasi dengan LCD 20×4 dan *microSD* sebagai penampil dan penyimpan data. Kemudian untuk sumber daya seluruh sistem menggunakan 2 baterai 3V yang disusun secara seri.

5.1.1 Sumber Arus injeksi

Perancangan sumber arus injeksi merujuk pada gambar 4.3 dirangkai menggunakan beberapa komponen, diantaranya Sumber tegangan DC Accu 12V,

rangkaian *inverter*, transformator CT 5A, dan rangkaian penyearah gelombang penuh. Bagian-bagian tersebut dapat dilihat pada gambar 5.2.



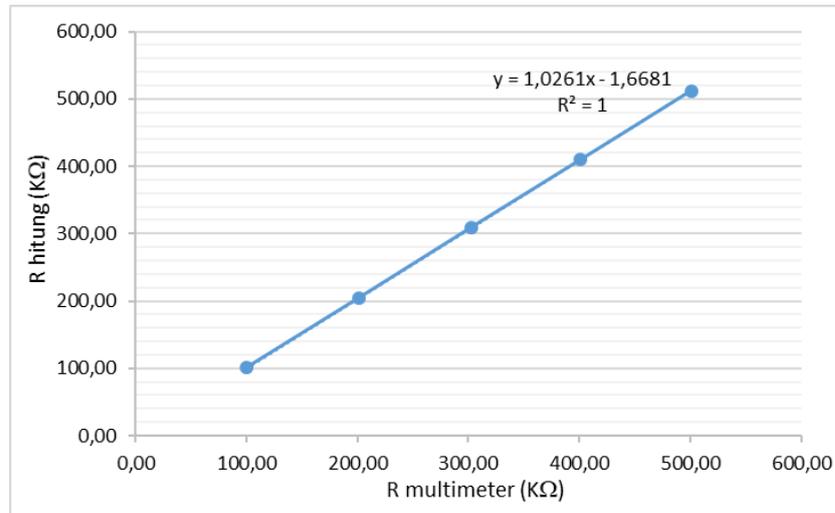
Gambar 5.2 Sumber arus injeksi, (1) *inverter*, (2) trafo, dan (3) *rectifier*.

Bagian 1 pada gambar 5.2 merupakan rangkaian *inverter* dengan masukan 1a dan 1b berupa tegangan DC 12V Accu. Pembangkit pulsa *inverter* menggunakan IC CD4047 dan untuk driver pengontrol sistem induksi trafo menggunakan transistor IRF540. Kaki transistor IRF540 terhubung dengan ground, dan *input* 12V AC akan bekerja bergantian menutup dan terbuka. *Inverter* kemudian dihubungkan dengan bagian 2 yaitu transformator CT 5A yang digunakan sebagai step up atau penaik tegangan. Bagian 3 adalah rangkaian penyearah gelombang penuh yang merubah keluaran trafo yang berupa gelombang sinus (AC) menjadi gelombang kotak (DC). Sehingga keluaran dari sumber arus injeksi adalah berupa gelombang kotak (DC). Rangkaian penyearah gelombang tersebut di filter menggunakan kapasitor 105 2000V untuk menghasilkan keluaran yang konstan. Keluaran penyearah gelombang yaitu pada bagian 3a dan 3b adalah keluaran rangkaian rangkaian sumber arus secara keseluruhan. Secara umum, spesifikasi sumber arus injeksi hasil rancangan dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Spesifikasi sumber arus hasil rancangan.

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Sumber Tegangan	Accu 12V DC 7Ah
2	Tegangan Keluaran	615V
3	Arus Keluaran	220mA
4	Frekuensi	50,25%

Sumber arus injeksi dilakukan pengujian pembebanan menggunakan resistor kapur. Pengujian diawali dengan pengukuran tegangan *open circuit* atau pengukuran tanpa beban yang dilakukan langsung menggunakan voltmeter dan pengukuran ketika dipasang beban. Pengujian dengan pembebanan dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran dan arus beban yang digunakan. Hasil pengujian pembebanan dapat dilihat pada gambar 5.3.

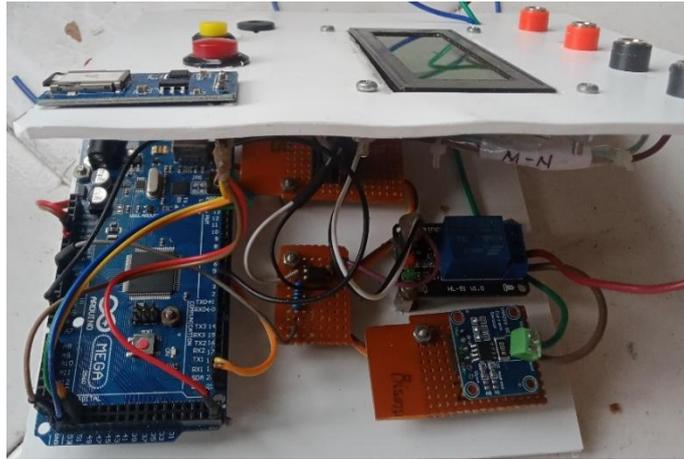


Gambar 5.3 Grafik pengukuran pembebanan sumber arus.

Gambar 5.3 merupakan hasil analisa hubungan antara nilai resistansi berdasarkan pengukuran langsung dan nilai resistansi dari hasil perhitungan. Hasil analisa memperoleh nilai perbedaan nilai atau eror relatif 1,00% hingga 2,22%. Hal ini berarti kesalahan dari proses pengukuran sangat kecil dan akurasi alat ukur memiliki akurasi yang tinggi. Nilai eror tersebut dapat dipengaruhi dari tingkat ketelitian alat ukur yang digunakan atau faktor lainnya.

5.1.2 Sistem *Resistivity meter* Digital

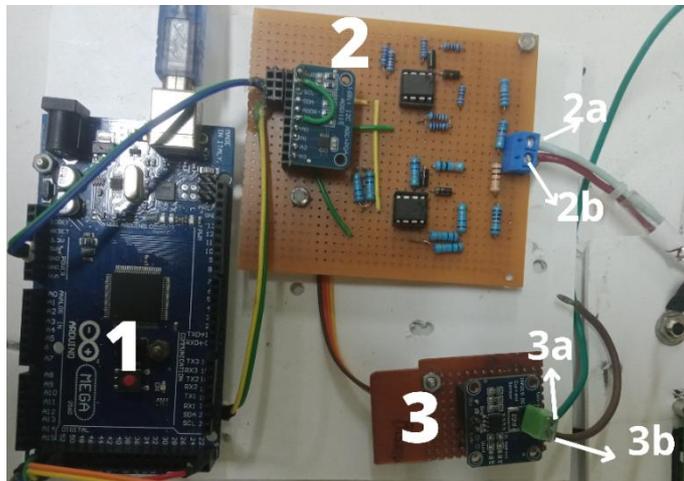
Hasil perancangan rangkaian sistem *resistivity meter* meliputi sensor arus, sensor tegangan, *microSD* dengan modul adapter *microSD*, dan LCD yang secara menyeluruh terintegrasi dengan mikrokontroler. Rangkaian sistem untuk lebih spesifik dibagi menjadi dua bagian, yaitu rangkaian sensor arus dan tegangan, kemudian rangkaian *microSD* dengan modul adapter *microSD* dan LCD. Hasil perancangan rangkaian sistem *resistivity meter* dapat dilihat pada gambar 5.4.



Gambar 5.4 Rangkaian sistem *resistivity meter*.

a. Rangkaian sensor arus dan tegangan

Rangkaian sensor arus dan tegangan secara spesifik dilihat pada gambar 5.5.



Gambar 5.5 Rangkaian sensor tegangan (2) dan arus (3) dengan Arduino (1).

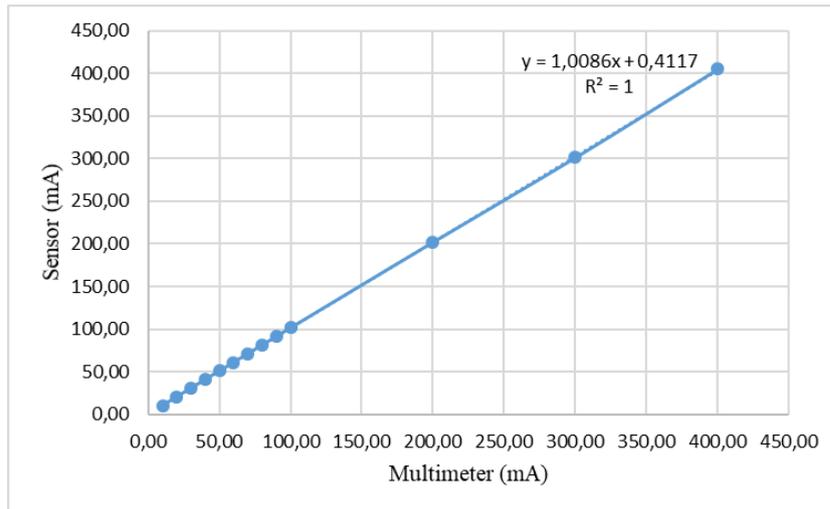
Gambar 5.5 pada bagian 1 merupakan Arduino sebagai mikrokontroler. Kemudian bagian 2 merupakan rangkaian sensor tegangan yang terdiri dari rangkaian pembagi tegangan dan pemutlak tegangan dengan ADC sebagai konverter menggunakan ADS1115. Bagian (2a) merupakan merupakan bagian *input* tegangan dengan kode M dan (2b) merupakan *input* sensor tegangan dengan kode N. Sensor tegangan difungsikan untuk mengukur beda potensial dari proses injeksi arus. Sensor tegangan yang digunakan merupakan implementasi prinsip pembagi tegangan dari dua resistor yang disusun seri, sehingga akan memperoleh tegangan referensi pada titik cabang. Tegangan terukur dari rangkaian pembagi tegangan berupa sinyal

analog akan melewati rangkaian pemutlak yang kemudian dikonversi ke bentuk biner menggunakan ADS1115. Kedua *input* tegangan dari M dan akan di differensialkan oleh ADS1115 untuk kemudian memperoleh nilai beda potensial atau selisih tegangan dari kedua *input* tegangan. Adapun penggunaan rangkaian pembagi tegangan ditujukan untuk dapat mengukur tegangan yang lebih besar dari *input* maksimal ADC, yaitu 6V. Namun dengan penggunaan rangkaian pembagi tegangan, sensor dapat mengukur hingga 600V dan bahkan bisa lebih jika disesuaikan dengan nilai hambatan yang digunakan rangkaian pembagi tegangan.

Selanjutnya bagian 3 merupakan sensor arus, dimana (3a) merupakan bagian positif setelah melalui bumi dan (2b) merupakan bagian ground dari *input* sumber arus. Sensor arus menggunakan sensor tipe INA219 yang mampu membaca arus dengan satuan miliampere hingga 3,2 ampere. Kemudian, bagian 3 merupakan arduino sebagai mikrokontroler. Sensor tegangan dan sensor arus sebelum digunakan untuk pengujian, sensor terlebih dahulu dilakukan kalibrasi atau standarisasi. Kalibrasi bertujuan untuk verifikasi akurasi pembacaan sensor dengan alat ukur standar, dimana alat yang digunakan adalah multimeter yang dapat mengukur tegangan dan arus.

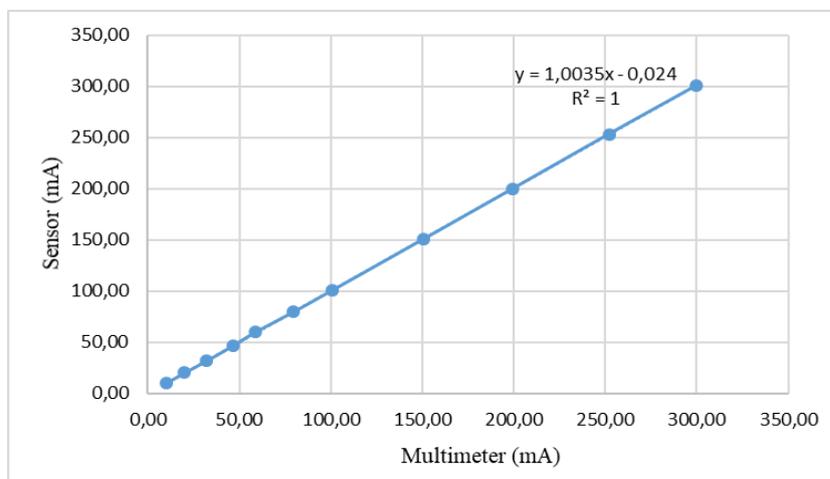
b. Kalibrasi sensor arus

Kalibrasi sensor arus, dilakukan dengan memberikan arus dari sumber menggunakan *power supply*, kemudian akan dibaca oleh sensor dan multimeter. Hasil pembacaan sensor dengan multimeter kemudian akan dibandingkan dengan multimeter sebagai pembanding. Kalibrasi sensor arus dilakukan dengan dua tahap pengukuran, yaitu pengukuran awal dan pengukuran kedua. Pengukuran awal dilakukan untuk mencari nilai persamaan regresi linier yang disajikan dalam bentuk grafik, kemudian akan digunakan untuk standarisasi pembacaan sensor seperti pada gambar 5.6.



Gambar 5.6 Grafik data pengukuran awal sensor arus.

Gambar 5.6 merupakan gambar grafik hubungan antara nilai pengukuran sensor dengan multimeter untuk memperoleh persamaan linier. Pengolahan data memperoleh persamaan linier $y = 1,0086x + 0,4117$. Grafik pada gambar 5.5 nilai sumbu y digunakan untuk pembacaan sensor dan sumbu x untuk pembacaan multimeter. Hasil perbandingan pembacaan sensor memiliki tingkat eror maksimal adalah 2,50%. Sehingga untuk sensor dapat membaca nilai sama ataupun mendekati dengan multimeter atau sumbu x, sensor akan di atur dengan memasukkan persamaan linier yang sudah diperoleh pada program. Setelah persamaan linier dimasukkan diprogram sensor, sensor akan dilakukan pengukuran tahap kedua untuk menentukan tingkat akurasi pembacaan sensor tersebut. Hasil pengukuran tahap kedua dapat dilihat pada gambar 5.7.

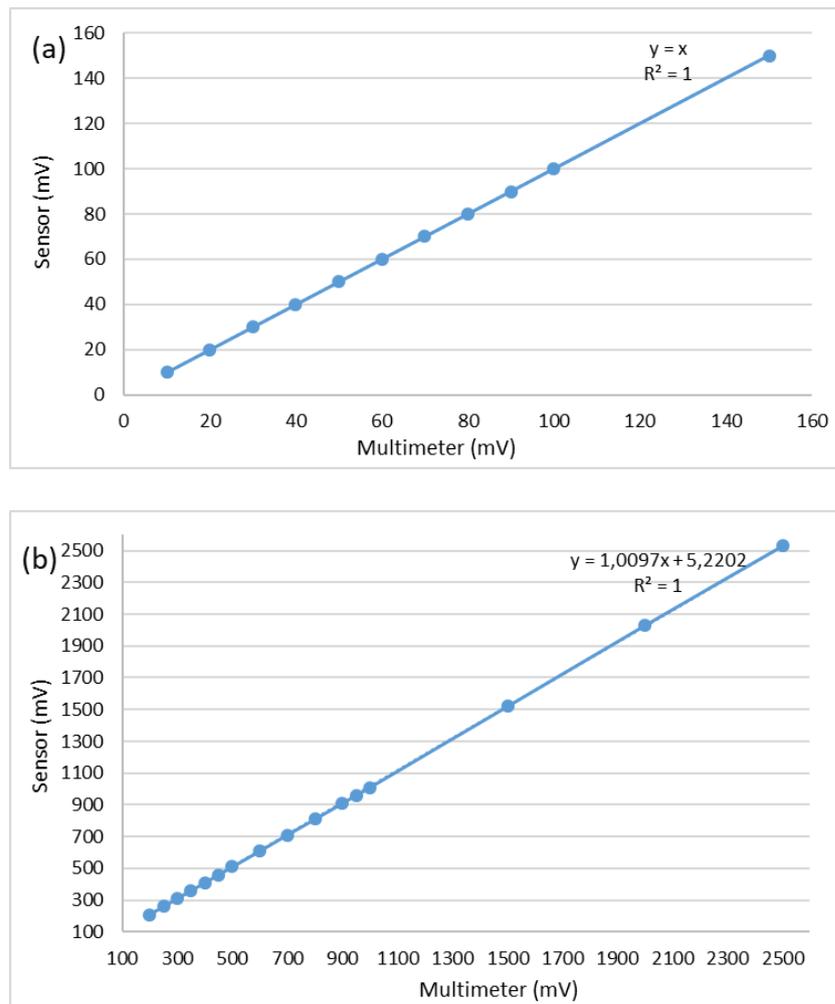


Gambar 5.7 Grafik perbandingan hasil pengukuran arus setelah kalibrasi.

Gambar 5.7 merupakan grafik hubungan antara nilai pengukuran sensor dengan pengukuran multimeter (pembanding) dari pengukuran tahap kedua. Hasil pengukuran ini menghasilkan tingkat persentase eror maksimal 1,84%. Hasil tersebut menunjukkan hasil yang linier dan akurat, yang di tunjukan oleh R^2 yang bernilai 1. Dimana R^2 merupakan nilai koefisien determinasi yang menyatakan besar keterikatan atau keterkaitan fungsi tersebut terhadap data yang ada.

c. Kalibrasi sensor tegangan

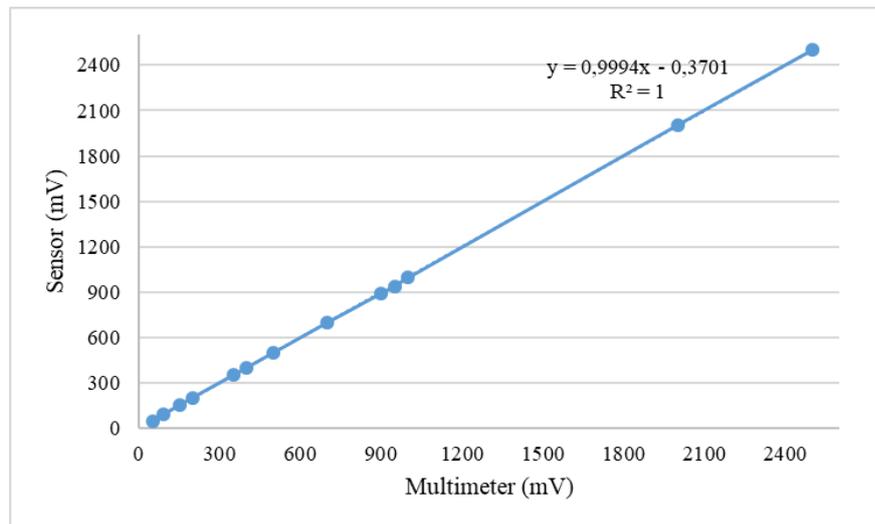
Sensor tegangan di standarisasi menggunakan multimeter dengan *power supply* sebagai sumber tegangan dan untuk menguji tingkat akurasi dari sensor yang digunakan.



Gambar 5.8 Grafik pengukuran tahap awal kalibrasi sensor tegangan.

Gambar 5.8 bagian (a) merupakan pengukuran tahap awal sensor tegangan dari 10mV hingga 150mV. Kemudian, untuk gambar 5.8 bagian (b) merupakan

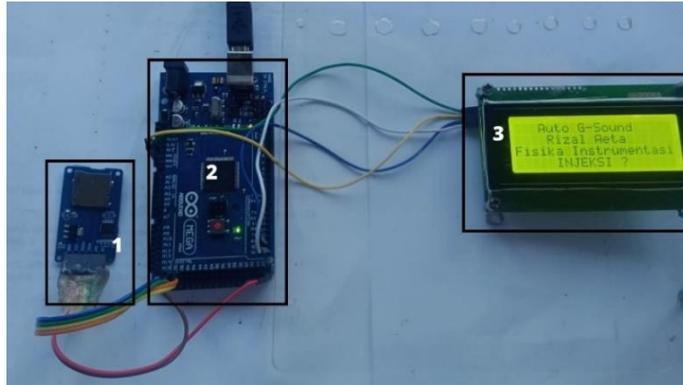
pengukuran tahap awal sensor tegangan dari 150mV hingga 2500mV. Pengolahan data memperoleh dua nilai persamaan linier, di antaranya $y = x$ untuk percobaan pengukuran dari 10mV hingga 150mV dan untuk pengukuran 150mV hingga 2500mV memperoleh persamaan $y = 1,0097x + 5,2202$. Berdasarkan pengukuran tahap awal ini diperoleh eror maksimal sebesar 5,00%. Nilai persamaan linier dari grafik tersebut dimasukkan ke program untuk memperoleh nilai yang lebih mendekati dengan nilai pembacaan multimeter atau akurasi yang lebih tinggi. Kemudian setelah dimasukkan persamaan tersebut, dilakukan pengukuran tahap kedua untuk validasi akhir pembacaan sensor. Grafik pada gambar 5.9 adalah hasil perbandingan hubungan antara multimeter dengan sensor setelah dimasukkan persamaan linier pada program yang diperoleh dari pengukuran tahap kedua. Pengukuran tahap kedua ini berhasil memperkecil eror dengan maksimal 1,11%. Data tersebut menyimpulkan bahwa sensor tersebut layak digunakan pada implementasi alat ukur tegangan *resistivity meter*.



Gambar 5.9 Grafik pengukuran tahap kedua sensor tegangan.

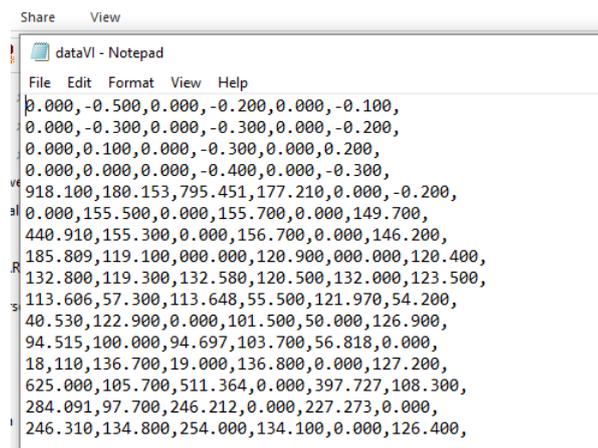
d. Rangkaian sistem penyimpanan dan penampil data

Perancangan sistem penyimpanan data menggunakan *microSD* dengan bantuan *MicroSD Card Adapter* dan penampil data menggunakan LCD dengan bantuan modul I2C untuk LCD.



Gambar 5.10 Rangkaian penampil dan penyimpanan data.

Bagian 1 merupakan modul (*MicroSD Card Adapter*) yang digunakan sebagai antarmuka data dari atau menuju *microSD*. Kemudian, LCD ukuran 20×4 disertai modul I2C digunakan sebagai penampil data. LCD 20×4 artinya 20 karakter kali 4 baris, sehingga LCD dapat menampilkan 80 karakter. Pengujian untuk LCD dengan melakukan percobaan untuk menampilkan karakter dengan 4 baris seperti pada gambar 5.10. Kemudian, untuk data yang disimpan pada *microSD* dapat dilihat pada gambar 5.11. Sistem penyimpanan data adalah dengan format data beda potensial dan arus sejajar kesamping hingga 3 data atau sama dengan data pengulangan. Kemudian akan membuat baris baru untuk data baru berikutnya.



Gambar 5.11 Contoh tampilan data pada *microSD*.

5.2 Pengujian *Resistivity meter*

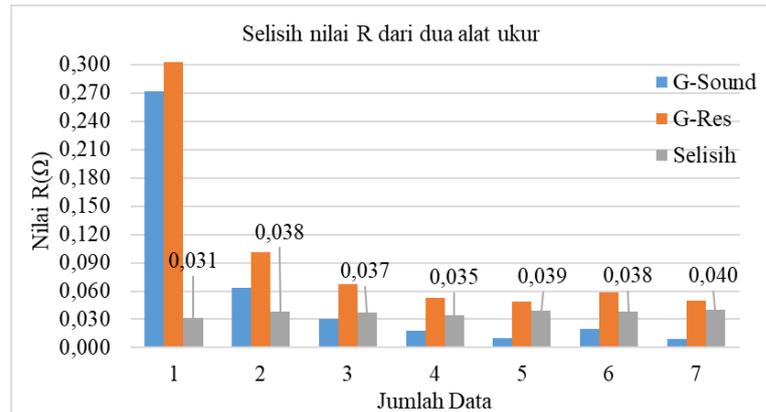
Pengujian skala lapangan merupakan pengujian tahap akhir dari alat *resistivity meter* yang sudah dirancang. Pengujian dilakukan dengan pengukuran secara langsung pada bumi menggunakan alat rancangan (G-Res). Kemudian pada

lintasan yang sama juga dilakukan pengukuran dengan alat *G-Sound* standar untuk sebagai pembandingan data hasil pengukuran. Proses pengujian dilakukan menggunakan konfigurasi *Schlumberger* 1D dengan panjang lintasan 400 meter



Gambar 5.12 Pengujian pengukuran di lapangan.

Berdasarkan proses uji lapangan, sumber arus injeksi mampu menginjeksikan arus paling besar $189,4mA$ pada panjang lintasan $250m$, jika dibandingkan dengan *G-Sound* yang pada jarak elektroda yang sama berhasil menginjeksikan arus sebesar $106,5mA$. Perbedaan tersebut diakibatkan adanya perbedaan spesifikasi dari kedua sumber arus yang diinjeksikan. Sumber arus injeksi *G-Res* dapat dikatakan mampu bekerja dengan baik berdasarkan percobaan injeksi arus pada panjang lintasan $400m$, sumber arus mampu injeksikan arus sebesar $165,5mA$. Namun, *G-Res* belum mampu melakukan pengukuran untuk banyak titik. Dimana daya sumber untuk injeksi kebumi yang menggunakan accu $12V$ sebanyak 1 buah mengalami penurunan daya, dimana hanya cukup untuk 1 lintasan atau 1 titik pengukuran. Sumber arus injeksi juga belum memiliki komponen pendingin, akibatnya pada bagian trafo mengalami panas sehingga dapat mempengaruhi kinerja dari sumber arus injeksi. Kemudian untuk sistem pengukuran resistivity meter, untuk sistem pengukuran tegangan masih belum stabil dalam melakukan pengukuran, akibatnya dibeberapa percobaan pengukuran dilakukan perbandingan langsung menggunakan multimeter untuk memperoleh nilai yang paling mendekati. Adapun data hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 5.13.



Gambar 5.13 Grafik analisa nilai resistansi dari G-Sound dan G-Res.

Berdasarkan analisa grafik pada gambar 5.13 menunjukkan adanya perbedaan nilai resistansi yang diperoleh dari pengukuran di lapangan. Selisih dari kedua alat ukur cukup stabil dengan nilai di antara 0,031 hingga 0,040. Dimana selisih terbesar diperoleh pada data ke-7 dengan jarak elektroda AB/2 200m dan elektroda MN/2 50m yaitu sebesar 0,040. Perbedaan selisih yang diperoleh dipengaruhi oleh tingkat akurasi pengukuran dari masing-masing alat. Alat *G-Sound* sebagai alat ukur memiliki eror dalam proses pengukuran. Sehingga hasil pengukuran alat *G-Sound* belum bisa dijadikan nilai standar untuk menentukan tingkat akurasi dari alat *G-Res* yang sudah dirancang. Namun dari selisih tersebut mendukung untuk sistem pengukuran alat G-Res dapat bekerja dengan baik.

Sehingga berdasarkan proses uji lapangan dan analisa hasil pengukuran tersebut, alat G-Res berhasil dirancang dengan sumber arus injeksi dan sistem otomatisasi resistivity meter. Dibuktikan dengan sumber arus G-Res yang mampu menginjeksikan arus yang lebih tinggi dari G-Sound. Kemudian dibuktikan juga dengan sistem otomatisasi resistivity meter yang dalam proses pengukuran memiliki nilai yang hampir sama dengan pengukuran G-Sound dengan selisih hasil pengukuran maksimal sebesar 0,040. Walaupun dari hasil uji, untuk beberapa bagian dari alat G-Res belum siap untuk digunakan dengan skala besar dilapangan.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa.

- a. Telah berhasil melakukan pengembangan sistem *resistivity meter* digital dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega2560, dimana hasil rancangan memiliki sumber arus injeksi maksimal $220mA$ dengan tegangan keluaran $615V$ dan dengan eror maksimal pembacaan sensor arus 1,84% dan sensor tegangan 1,11%.
- b. Berdasarkan hasil pengujian diketahui *G-Sound Res* mampu bekerja dengan baik, didukung dengan hasil selisih dengan alat *G-Sound* adalah 0,031 hingga 0,040, meskipun *G-Res* beberapa bagian dari alat *G-Res* belum siap untuk digunakan dengan skala besar dilapangan.

6.2 Saran

Masih ada beberapa bagian dari alat *G-Res* yang masih belum Stabil dan standar, sehingga sangat perlu untuk dianalisa dan dikembangkan. Alat *G-Res* yang dirancang masih single chanel, sehingga diharapkan dalam pengembangan selanjutnya dibuat multichannel digital dengan output hasil analisis berupa gambar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul. (2020). *Belajar Elektronika*. https://abdulelektro.blogspot.com/p/blog-page_94.html. Diakses pada 13/04/2022 pukul 13:16.
- Alatujicoid. (2019). *Tahukah Anda Apa itu Data logger*. <https://alatuji.co.id/> . Diakses pada 23/01/2022 pada pukul 21:45.
- Antosia, R. M. (2020). *Voltmeter Design Based On ADS1115 and Arduino Uno for DC Resistivity Measurement*. *Jurnal Teknologi Rekayasa*. 5(1). 75-80. DOI: 10.31544/jtera.
- Amin, S. A. (2017). Rancang Bangun Prototipe Alat Ukur Resistivitas Tanah. *Skripsi*. Program Studi Geofisika Jurusan Fisika, Universitas Hasanuddin Makassar.
- Bisri. M. (2012). *Air Tanah Jilid 1*. Malang: UB Press. Hal 25-26.
- Bobafis. (2021). *Pemanfaatan Metode Resistivitas Dalam Pendugaan Air Tanah*. <https://hmgf.fmipa.ugm.ac.id/> .Diakses pada 15/01/2022 pukul 02:40.
- Catalex. (2014). *Micro SD Card Micro SDHC Mini TF Card Adapter Reader Module for Arduino*. USA : Catalex.
- Darmawan, M.Y., Mohamat, S.A., Ali, K. (2019). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kinerja Panel Surya Tipe Mono-Crystalline Silicon Berbasis IoT. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*. 13 (3).
- Garaipoom. A. (2001). *Four CD4047 Inverter Circuits 60W-100W 12VDC to 220VAC*. <https://www.eleccircuit.com/>. Diakses pada 21/01/2022 pada pukul 17:17.
- Grandis, H. (2009). *Diktat Kuliah Geo-Elektromagnetik*. Departemen Geofisika, FTTM, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Hakim., Rahma, H., dan Manrulu. (2016). Aplikasi Konfigurasi Wenner dalam Menganalisis Jenis Material Bawah Permukaan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*. 05(1). e-ISSN: 2503-023X.
- Hendrajaya, L. dan Idam, A. (1990). *Geolistrik Tahanan Jenis*. Laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika, FMIPA, ITB. Bandung.
- Instruments, Texas. (2015). *INA219 Zero-Drift, Bidirectional Current/Power Monitor With I2C Interface*. Texas : Texas Instruments Incorporated.

- John, (2018). *16Bit 12C ADC+PGA-ADS1115*. <https://grabcad.com/library/16bit-12C-adc-pga-ads1115-1>. Diakses pada 15/02/2022, pukul 10:51 WITA.
- Juhari, K. N., Nurunadiah, M. N., Mohamad, H. J., Mohamad, F. H., Ahmad, A. S. (2017). *The Development of a Small Range Soil Electrical Resistivity meter Based on Wenner Configuration*. 41(09): 1473-804, DOI 10.5013/IJSSST.
- Kho, Dickson. (2020). *Pengertian ADC dan Cara Kerja ADC*. <https://teknikelektronika.com/>. Diakses 05/02/2022, pukul 21:34 WITA.
- Luqman, M., Herwandi., dan Denda, D. (2020). Rancang Bangun *Inverter* 12Vdc ke 220 Vac 500 Watt. *Jurnal Teknik Elektro*. 18(2):2355-0740, DOI: 10.33795/eltek.
- Maiyatullah, A. I., Agus, G. P., dan Dadan, N. R. (2019). Perancangan dan Implementasi *Inverter* Sebagai Solusi Elektrifikasi Warga di Perumahan Buah Batu. *e-Proceeding of Applied Science*. 5 (3). ISSN : 2442-5826.
- Morris, A.S. (2001), *Measurement and Instrumentation Principles*, Butterworth Heinemann, ISBN 0-7506-5081-8.
- Muhayadi, S. (2018). Rancang Bangun Sistem Data Logger *Resistivity meter* Digital Berbasis Arduino Mega2560. *Skripsi*. Universitas Mataram.
- Munaji., Syaiful. I., dan Ismi. L. (2013). Penentuan Tahanan Jenis Batuan Andesit Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus Polosiri). *Jurnal Fisika*. 03(2). 117-121.
- Prasetia, A. M., Rachmad, A., dan Rahmat, F. (2018). Penggunaan Resistivity Meter Berbasis *Boost Converter* untuk Identifikasi Batuan Dasar Pancang Pondasi Bangunan di Pulau Tarakan. *Jurnal Teknik Sipil*. 2(2). ISSN 2581-1134.
- Reed, Paul. (2018). *What is Resistivity meter ?*. <https://www.wisegeek.com/> . Diakses pada 15/01/2022 pada pukul 01:20.
- Reynolds, J. M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley and Sons Ltd. Baffins, Chichester. West Sussex PO19 1UD. England.
- Rifa'i, Slamet. (2021). *Pembagi Tegangan*. <https://riverspace.org/>. Diakses pada 02/02/2022 pada pukul 11:00 WITA.

- Setyobudi, P. T. (2010). *Geolistrik*. <https://ptbudie.wordpress.com/> . Di akses pada 12/01/2022 pukul 12:38.
- Sudenasahaq, G. R. F., Hasto, S., dan Bachtera, I. (2016). Rancang Bangun Catu Daya dengan Sumber Arus Konstan Untuk Geolistrik Resistivitas Meter. *Jurnal Teknik*. 1(1):1-6.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sherif, R.E. (1990). *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University Press. Cambridge.New York.
- Texas Instruments. (2018). *Ads111x Ultra-Small, Low-Power, I2C-Compatible, 860-SPS, 16-Bit ADCs With Internal Reference, Oscillator, and Programmable Comparator*. Texas : Texas Instruments Incorporated.
- Whites, K. W. (2009), *Diode Rectifier Circuits (Half Cycle, Full Cycle, and Bridge)*. Lecture handout: South Dakota School of Mines and Technology.
- Zain, Ruri Hartika. (2013). Sistem Keamanan Ruangan Menggunakan Sensor PIR dilengkapi Kontrol Penerangan Pada Ruangan Berbasis Mikrokontroler Tmega8535 dan Real Time Clock DS1307. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*. 6 (1).

LAMPIRAN

LAMPIRAN I: Dokumentasi Hasil Rancangan

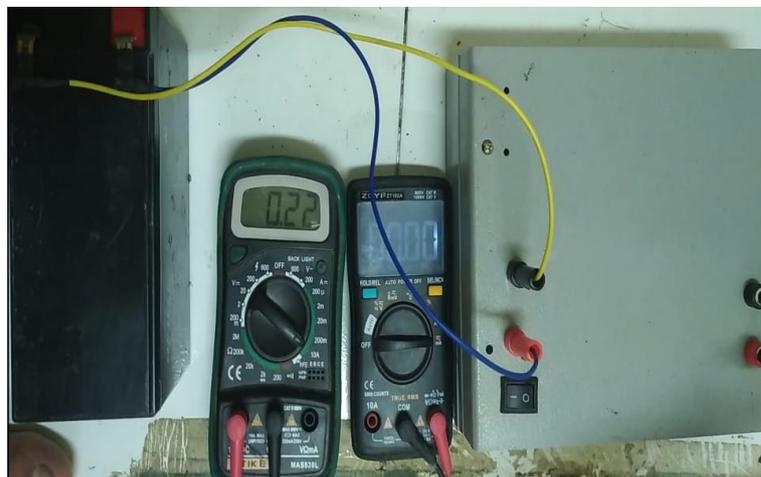
a. Sumber Arus Injeksi



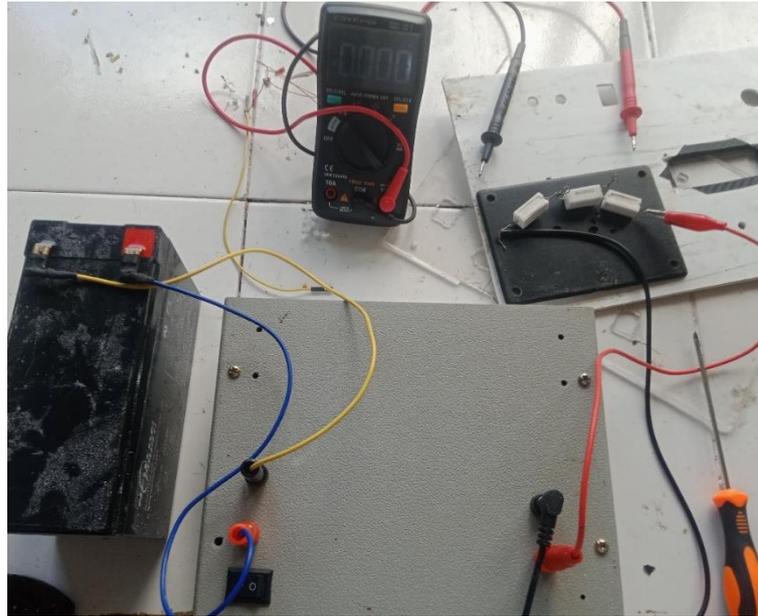
Gambar L.1. Proses pengukuran tegangan sumber arus injeksi.



Gambar L.2. Pengukuran frekuensi dari sumber arus injeksi.



Gambar L.3. pengukuran arus keluaran.



Gambar L.4. Pengukuran pembebanan sumber arus injeksi.

LAMPIRAN II: Data kalibrasi

a. Data awal kalibrasi sensor arus

Multimeter(<i>mA</i>)	Sensor(<i>mA</i>)	Eror(%)	Akurasi(%)
10,00	10,20	2,00	98,00
20,00	20,50	2,50	97,50
30,00	30,70	2,33	97,67
40,00	40,80	2,00	98,00
50,00	51,00	2,00	98,00
60,00	61,00	1,67	98,33
70,00	71,30	1,86	98,14
80,00	81,30	1,63	98,38
90,00	91,30	1,44	98,56
100,00	101,50	1,50	98,50
200,00	201,90	0,95	99,05
300,00	301,20	0,40	99,60
400,00	405,10	1,28	98,73

b. Data setelah kalibrasi sensor arus

Multimeter(<i>mA</i>)	Sensor(<i>mA</i>)	Eror(%)	Akurasi(%)
9,90	9,90	0,00	100,00
20,10	20,21	0,55	99,45
32,00	31,71	0,91	99,09
46,70	46,79	0,19	99,81
58,60	59,68	1,84	98,16

79,70	79,80	0,13	99,87
100,50	100,52	0,02	99,98
150,50	150,69	0,13	99,87
199,40	200,07	0,34	99,66
252,00	253,31	0,52	99,48
300,00	300,80	0,27	99,73

c. Data awal kalibrasi sensor tegangan

Multimeter(<i>mV</i>)	Sensor(<i>mV</i>)	Error(%)	Akurasi(%)
10	10	0,00	100,00
20	20	0,00	100,00
30	30	0,00	100,00
40	40	0,00	100,00
50	50	0,00	100,00
60	60	0,00	100,00
70	70	0,00	100,00
80	80	0,00	100,00
90	90	0,00	100,00
100	100	0,00	100,00
150	150	0,00	100,00
200	210	5,00	95,00
250	261	4,40	95,60
300	310	3,33	96,67
350	361	3,14	96,86
400	410	2,50	97,50
450	460	2,22	97,78
500	510	2,00	98,00
600	610	1,67	98,33
700	711	1,57	98,43
800	810	1,25	98,75
900	910	1,11	98,89
950	960	1,05	98,95
1000	1010	1,00	99,00
1500	1520	1,33	98,67
2000	2030	1,50	98,50
2500	2530	1,20	98,80

d. Data setelah kalibrasi sensor tegangan

Multimeter(<i>mV</i>)	Sensor(<i>mV</i>)	Error(%)	Akurasi(%)
50	50	0,00	100,00
90	91	1,11	98,89
150	153	2,00	98,00
200	203	1,50	98,50

350	351	0,29	99,71
400	401	0,25	99,75
500	500	0,00	100,00
700	699	0,14	99,86
900	892	0,89	99,11
950	940	1,05	98,95
1000	995	0,50	99,50
2000	2004	0,20	99,80
2500	2500	0,00	100,00

LAMPIRAN III: Data pengukuran lapangan

a. Data lapangan alat G-Sound

No	AB/2(m)	MN/2(m)	V(mV)	I(mA)	V(mV)	I(mA)	V rata ² (mV)	I rata ² (mA)	R(Ω)
1	50	25	29,6	109,1	29,7	109,1	29,65	109,1	0,272
2	75	25	6,6	105,5	6,7	105,5	6,65	105,5	0,063
3	100	25	3,2	104,1	3,1	104,1	3,15	104,1	0,030
4	125	25	2	106,5	1,9	106,5	1,95	106,5	0,018
5	150	25	1,1	107,2	1	107,2	1,05	107,2	0,010
6	150	50	2,1	107,2	2,2	107,2	2,15	107,2	0,020
7	200	50	1	105,2	1	105,2	1	105,2	0,010

b. Data lapangan alat G-Res

No	AB/2(m)	MN/2(m)	V(mV)	I(mA)	V(mV)	I(mA)	V rata ² (mV)	I rata ² (mA)	R(Ω)
1	50	25	42,22	140,3	42,8	140,1	42,51	140,2	0,303
2	75	25	15,61	154,8	15,61	154,2	15,61	154,5	0,101
3	100	25	11,23	165,8	11,12	165,8	11,175	165,8	0,067
4	125	25	10	187,9	10	189,4	10	188,65	0,053
5	150	25	8,8	171	8	171	8,4	171	0,049
6	150	50	10	171	10	171	10	171	0,058
7	200	50	8,1	166	8,4	165,5	8,25	165,75	0,050

LAMPIRAN IV: Data Pengujian Sumber Arus

Tabel. Data pengujian Sumber Arus

V(V)	I(mA)	Rh(k Ω)	Rm(k Ω)	Error(%)
541,00	1,08	500,93	512,30	2,22
529,60	1,32	401,21	409,90	2,12
514,40	1,70	302,59	309,20	2,14
491,20	2,44	201,31	204,60	1,61
451,30	4,50	100,29	101,30	1,00

LAMPIRAN V: Program Software

```
#include <Adafruit_ADS1X15.h>
```

```

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "SdFat.h"

#define RATE_ADS1115_860SPS
#define CS SS

Adafruit_ADS1115 ads;
Adafruit_INA219 ina219;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20 , 4);
SdFat sd;
File data;

uint32_t currentFrequency;
int16_t adc0;
int tombol = 2, InjectPin = A0, i;
float tegangan = 0.0, arus = 0.0, tegangan1;
float Tegangan = 0.0;
float Arus = 0.0;

void setup() {
  pinMode(tombol, INPUT_PULLUP);
  pinMode(InjectPin, OUTPUT);

  digitalWrite(InjectPin, HIGH);

  ina219.begin();
  ads.begin();
  lcd.init();
  lcd.backlight();

  intro();
}

void intro(){
  if(!sd.begin(CS)){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print("Auto G-Sound");
    lcd.setCursor(4,1);
    lcd.print("Rizal Aeta");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("Fisika Instrumentasi");
  }
}

```

```

    lcd.setCursor(5,3);
    lcd.print("No MikroSD");
    delay(500);
}
else{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print("Auto G-Sound");
    lcd.setCursor(4,1);
    lcd.print("Rizal Aeta");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("Fisika Instrumentasi");
    lcd.setCursor(5,3);
    lcd.print("INJEKSI?");
    delay(500);
}
}
void loop() {
    if(digitalRead(tombol) == LOW){
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(3,0);
        lcd.print("Auto G-Sound");
        lcd.setCursor(4,1);
        lcd.print("Rizal Aeta");
        lcd.setCursor(0,2);
        lcd.print("Fisika Instrumentasi");
        lcd.setCursor(4,3);
        lcd.print("INJEKSI !");
        delay(1000);
        proses();

    }

    if(i=2){
        data.println("");
    }
    //menutup file
    data.close();
    delay(500);

    return intro();
}

void injeksi(){
    float multiplier = 0.1875F;

```

```

int16_t result;
float a = 0.0;

//mulai injeksi
digitalWrite(InjectPin,LOW);
delay(4000);
//membaca tegangan
result = ads.readADC_Differential_0_1();
tegangan1 = (result * multiplier);
tegangan = tegangan1 / 0.0099;
if(tegangan>1&& tegangan <200){
  Tegangan=tegangan;
} else {
  Tegangan=(tegangan-5.2202)/1.0097;
}
arus = ina219.getCurrent_mA();
Arus = (arus-0.4117)/1.0086;
data.print(String(Tegangan,3) + "," + String(Arus,3) + ",");

//selesai injeksi
digitalWrite(InjectPin, HIGH);

//menampilkan hasil
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("V: ");
lcd.print(Tegangan);
lcd.print(" mV");

//Serial.print(tegangan);

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("I: ");
lcd.print(Arus);
lcd.print(" mA");
}
void proses(){
  data = sd.open("dataVI.txt", FILE_WRITE);
  for(i=0; i<3; i++){
    injeksi();
    delay(4000);
  }
}
}

```