

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN *EARTH RESISTIVITY DATA*
LOGGER BERBASIS MIKROKONTROLLER**

Disusun dan diajukan oleh :

MUHAMMAD IRSAN SADRI

D041 18 1516



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**RANCANG BANGUN *EARTH RESISTIVITY METER DATA LOGGER* BERBASIS
MIKROKONTROLLER**

Disusun dan diajukan oleh:

MUHAMMAD IRSAN SADRI

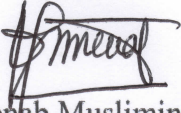
D041 18 1516

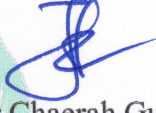
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 16 Februari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui


Pembimbing I,

Pembimbing II,


Dr. Ir. Zaenab Muslimin, MT.
NIP. 19660201 199202 2 002


Dr. Indar Chaerah Gunadin, ST., MT.
NIP. 19731118 199803 2 001

Ketua Departemen Teknik Elektro,


Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.
NIP. 19691026 199412 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Muhammad Irsan Sadri
NIM : D041181516
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

RANCANG BANGUN *EARTH RESISTIVITY METER DATA LOGGER* BERBASIS MIKROKONTROLLER

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 03 Maret 2023

Yang menyatakan



Muhammad Irsan Sadri

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan karena atas segala rahmat dan nikmat-Nya penulis dapat menulis dan menyelesaikan laporan hasil penelitian ini dengan judul “RANCANG BANGUN *EARTH RESISTIVITY DATA LOGGER* BERBASIS MIKROKONTROLER” dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa selama proses penyusunan tugas akhir ini mengalami beberapa kendala, namun berkat nasihat, bimbingan, bantuan dari berbagai pihak dan berkah dari Tuhan sehingga semua kendala yang ada dapat diatasi oleh penulis.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada: Keluarga tercinta yang selalu mendukung dan mendoakan penulis dalam berusaha menyelesaikan studi. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ibu Dr. Ir. Hj. Zaenab Muslimin, M.T. dan Bapak Dr. Indar Chaerah Gunadin, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, motivasi, dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis dalam menyusun laporan hasil ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen yang telah memberikan ilmunya selama studi, karyawan, dan keluarga besar Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari terdapat kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca, segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua dan keluarga, atas doa dan dukungan moral maupun materil.
2. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T., selaku Kepala Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

3. Ibu Dr. Ir. Hj. Zaenab Muslimin M.T. selaku pembimbing I dan Bapak Dr. Indar Chaerah Gunadin S.T., M.T. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan laporan skripsi ini.
4. Ibu Maya dan Ibu Hasniaty selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik yang membangun serta saran yang baik kepada penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
5. Segenap Dosen dan Staf pegawai Departemen Teknik Elektro, yang telah banyak membantu dalam berbagai hal.
6. Seluruh teman-teman CAL18RATOR yang menjadi teman seperjuangan penulis selama perkuliahan.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

Gowa, 28 September 2022

Penulis

ABSTRAK

MUHAMMAD IRSAN SADRI, *Rancang Bangun Earth Resistivity Data Logger Berbasis Mikrokontroler* (dibimbing oleh Zaenab Muslimin dan Indar Chaerah Gunadin)

Pengukuran resistivitas merupakan aspek penting dari karakterisasi dan pengukuran material. Saat ini, proses pencatatan data resistivitas secara manual memakan waktu, rawan kesalahan, dan kurang akurat. Perancangan resistivity meter yang dibuat pada penelitian ini menggunakan data logger berbasis mikrokontroler yang memudahkan pengguna alat merekam data dalam mencari resistivitas seperti tegangan dan arus. Keunggulan utama perancangan ini terletak pada perekaman data secara otomatis yang didesain multichannel. Dengan adanya alat ini diharapkan dapat membuat penelitian menjadi lebih efisien dengan mengurangi waktu dan tenaga yang digunakan dalam proses pengambilan data resistivitas tanah. Metode penelitian ini meliputi proses perancangan dan pengujian alat. Kinerja alat dilakukan dengan membandingkan hasil pemetaan berdasarkan data yang direkam oleh alat dengan menggunakan konfigurasi dua elektroda. Konfigurasi elektroda yang digunakan adalah konfigurasi Wenner dan konfigurasi Dipol kemudian dievaluasi akurasi data logger dari resistivity meter yang dirancang menggunakan aplikasi ResIPy. Konfigurasi Wenner dan Dipol masing-masing menghasilkan 84 dan 520 konfigurasi elektroda dan penggambaran bawah tanah dengan akurasi terbaik sebesar +/- 2,5% dan +/- 1,5. Dimana untuk nilai resistivitas konfigurasi Wanner yang berhasil didapatkan berdasarkan data yang dicatat oleh alat berada di kisaran $3,0 \log_{10} \text{ Ohm.m}$ sampai dengan $0,2 \log_{10} \text{ Ohm.m}$ untuk pengukuran di lapangan dan $310,7 \text{ Ohm.m}$ sampai dengan $1,9 \text{ Ohm.m}$ untuk pengukuran di laboratorium. Adapun konfigurasi dipol-dipol berada dikisaran $3,3 \log_{10} \text{ Ohm.m}$ sampai dengan $0,2 \log_{10} \text{ Ohm.m}$ untuk pengukuran lapangan dan $235,9 \text{ Ohm.m}$ sampai $12,3 \text{ Ohm.m}$ untuk pengukuran di laboratorium.

Kata kunci: perancangan, mikrokontroler, resistivitas, konfigurasi

ABSTRACT

MUHAMMAD IRSAN SADRI, *Design and Build a Microcontroller-Based Earth Resistivity Data Logger (guided by Zaenab Muslimin and Indar Chaerah Gunadin)*

Resistivity measurement is an important aspect of material characterization and testing. Currently, the process of manually recording resistivity data is time-consuming, error-prone, and less accurate. The design of the resistivity meter used in this study uses a microcontroller-based data logger that makes it easier for users of data recording tools to find resistivity, such as voltage and current. The main advantage of this design lies in the automatic recording of data designed to be multichannel. With this tool, it is hoped that it can make research more efficient by reducing the time and energy used in the process of collecting soil resistivity data. This research method includes the process of designing and testing tools. Tool testing is carried out by comparing mapping results based on data recorded by the tool using a two-electrode configuration. The electrode configuration used was Wenner's configuration, and the dipole configuration was then evaluated for the accuracy of the data logger of the resistivity meter designed using the ResIPy application. The Wenner and Dipol configurations produced 84 and 520 electrode configurations and underground depictions with the best accuracy of +/- 2.5% and +/- 1.5%, respectively. The resistivity value of the Wannner configuration that was successfully obtained based on the data recorded by the tool was in the range of 3.0 log₁₀ Ohm.m to 0.2 log₁₀ Ohm.m for measurements in the field and 310.7 Ohm.m to 1.9 Ohm.m for measurements in the laboratory. The dipol-dipole configuration is in the range of 3.3 Ohm.m to 0.2 log 10 Ohm.m for field measurements and 235.9 Ohm.m to 12.3 Ohm.m for measurements in the laboratory.

Keywords: design, microcontroller, resistivity, configuration

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Resistivitas Tanah.....	6
2.2 <i>Vertical Electrical Sounding</i>	7
2.2.1 Konfigurasi Wenner	8
2.2.2 Konfigurasi Dipol dipol	9
2.3 Power Supply.....	10
2.4 <i>Converter</i>	11
2.4.1 Inverter	12
2.4.2 Rectifier.....	13
2.4.3 <i>DC-DC Boost converter</i>	14
2.5 Amperemeter	14
2.6 Voltmeter.....	15
2.7 Relai Tegangan.....	16
2.8 Mikrokontroler	17

2.9	ResIPy.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....		20
3.1	Judul Penelitian	20
3.2	Rancangan Penelitian	20
3.3	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	21
3.4	Peralatan Penelitian	22
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	25
3.6	Metode Pengambilan Data	26
3.7	Metode Analisis Data	27
3.8	Perancangan Resistivity Meter	27
3.8.1	<i>Boost converter</i> DC-DC.....	27
3.8.2	Switch Box.....	29
3.8.3	Mikrokontroler.....	31
3.8.4	Konfigurasi Elektroda Wenner	33
3.8.5	Konfigurasi Elektroda Dipol dipol.....	34
3.8.6	Media Uji	37
3.8.7	Desain rancangan rangkaian alat.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Pengukuran Resistivitas Tanah.....	42
4.1.1	Pengukuran Laboratorium.....	42
4.1.2	Pengukuran Lapangan.....	46
4.2	Hasil Pengolahan Software.....	49
4.2.1	Hasil Pengolahan Data Laboratorium	49
4.2.2	Hasil Pengolahan Data Lapangan	54
4.3	Persentase kesalahan data.....	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN.....		69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Nilai resistivitas batuan (Nugroho dkk, 2018)	6
Gambar 2.2 Jenis - jenis konfigurasi elektroda	8
Gambar 2.3 Konfigurasi wenner	9
Gambar 2.4 Konfigurasi dipol dipol	10
Gambar 2.5 <i>Power supply</i>	11
Gambar 2.6 Inverter setengah-jembatan satu fasa	13
Gambar 2.7 Inverter jembatan satu fasa	13
Gambar 2.8 Rangkaian dasar boost converter	14
Gambar 2.9 Contoh amperemeter	15
Gambar 2.10 Amperemeter dirangkai seri dengan beban	15
Gambar 2.11 Contoh voltmeter	16
Gambar 2.12 Relay proteksi tegangan	16
Gambar 2.13 Mikrokontroler arduino	18
Gambar 2.14 Interface ResIPy 3.4.1	19
Gambar 3.1 Lokasi penelitian (Google Earth, 2022)	21
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian	25
Gambar 3.3 Diagram alir metode pengambilan data	26
Gambar 3.4 Diagram alir metode analisis data	27
Gambar 3.5 Rangkaian boost converter	28
Gambar 3.6 Diagram boost converter	28
Gambar 3.7 Boost converter dengan 4 tingkat keluaran	29
Gambar 3.8 Rancangan <i>switch box</i>	30
Gambar 3.9 <i>Switch box</i>	30
Gambar 3.10 Rangkaian mikrokontroler arduino	31
Gambar 3.11 Kalibrasi hasil pengukuran arduino dengan multimeter	32
Gambar 3.12 Konfigurasi elektroda wenner	33
Gambar 3.13 Penyebaran nilai R pada konfigurasi wenner	33
Gambar 3.14 Konfigurasi elektroda dipol dipol	35
Gambar 3.15 Penyebaran nilai R pada konfigurasi dipol dipol	35

Gambar 3.16 Media Uji Laboratorium.....	37
Gambar 3.17 Media uji coba yang terdiri atas pasir, tanah dan benda dengan resistivitas tinggi	37
Gambar 3.18 Bentangan elektroda yang terhubung ke <i>switch box</i>	39
Gambar 3.19 Pengambilan data lapangan.....	39
Gambar 3.20 Rancangan rangkaian alat.....	40
Gambar 3.21 Block diagram prinsip kerja alat	41
Gambar 4.1 Pengukuran Laboratorium.....	42
Gambar 4.2 Arus yang tercatat pada konfigurasi wenner pengukuran laboratorium	42
Gambar 4.3 Tegangan yang tercatat pada konfigurasi wenner pengukuran laboratorium	43
Gambar 4.4 Arus yang tercatat pada konfigurasi dipol dipol pengukuran laboratorium	44
Gambar 4.5 Tegangan yang tercatat pada konfigurasi dipol dipol pengukuran laboratorium	45
Gambar 4.6 Grafik arus yang tercatat pada konfigurasi dipol dipol pengukuran lapangan	46
Gambar 4.7 Grafik tegangan yang tercatat pada konfigurasi dipol dipol pengukuran lapangan	47
Gambar 4.8 Grafik arus yang tercatat pada konfigurasi wenner pengukuran lapangan	48
Gambar 4.9 Grafik tegangan yang tercatat pada konfigurasi wenner pengukuran lapangan	48
Gambar 4.10 Resistivitas semu pengukuran laboratorium pertama.....	50
Gambar 4.11 Hubungan nilai RMS dan iterasi pada pengukuran pertama.....	50
Gambar 4.12 Hasil akhir pengukuran resistivitas laboratorium pertama.....	51
Gambar 4.13 Resistivitas semu pengukuran laboratorium kedua.....	52
Gambar 4.14 Hubungan nilai RMS dan iterasi pada pengukuran kedua	52
Gambar 4.15 Hasil akhir pengukuran resistivitas laboratorium kedua	53
Gambar 4.16 Resistivitas semu pengukuran lapangan pertama.....	55
Gambar 4.17 Hubungan nilai RMS dan iterasi pada pengukuran ketiga.....	56
Gambar 4.18 Hasil pengukuran resistivitas lapangan pertama	56

Gambar 4.19 Resistivitas semu pengukuran lapangan kedua	57
Gambar 4.20 Hubungan nilai RMS dan iterasi pada pengukuran keempat	58
Gambar 4.21 Hasil akhir pengukuran resistivitas lapangan kedua	59
Gambar 4.22 Normalized error dari pengukuran laboratorium menggunakan konfigurasi wenner.....	61
Gambar 4.23 Normalized error dari pengukuran laboratorium menggunakan konfigurasi dipol-dipol.....	62
Gambar 4.24 Normalized error dari pengukuran lapangan menggunakan konfigurasi dipol-dipol.....	63
Gambar 4.25 Normalized error data dari pengukuran lapangan menggunakan konfigurasi wenner.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Alat yang digunakan dalam pembuatan alat dan pengolahan data	22
Tabel 2 Bahan yang digunakan dalam pembuatan alat	23
Tabel 3 Pengeluaran Penelitian	24
Tabel 4 Hasil pengukuran laboratorium dengan konfigurasi wenner	43
Tabel 5 Hasil Pengukuran Laboratorium menggunakan Konfigurasi Dipol dipol	45
Tabel 6 Hasil Pengukuran Lapangan menggunakan Konfigurasi Dipol Dipol.....	47
Tabel 7 Hasil Pengukuran Lapangan menggunakan Konfigurasi Wenner	49
Tabel 8 Perbandingan kedua pengukuran laboratorium.....	54
Tabel 9 Perbandingan kedua pengukuran lapangan.....	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era kemajuan teknologi sekarang ini, energi listrik menjadi hal yang penting untuk menunjang aktivitas dan kebutuhan hidup sehari-hari. Listrik merupakan salah satu bentuk energi final yang dapat digunakan untuk menghidupkan alat elektronik, menyalakan lampu, dan hal lain yang dapat mempermudah pekerjaan pengguna. Salah satu contoh pemanfaatan energi listrik saat ini yaitu pada proses pengukuran resistivitas.

Metode resistivitas merupakan salah satu metode geolistrik, dimana metode geolistrik ini mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi melalui pengukuran potensial dan arus serta medan elektromagnetik (Broto & Afifah, 2008). Dimana metode ini digunakan untuk menyelidiki struktur bawah permukaan tanah berdasarkan perbedaan nilai resistivitas pada batuan.

Struktur bawah tanah merupakan sistem lapisan dengan nilai resistivitas yang beragam. Banyak faktor yang mempengaruhi nilai resistivitas ini, antara lain: homogenitas masing-masing tanah, kandungan mineral logam, kandungan akuifer (misalnya air, minyak, dan gas), porositas, permeabilitas, suhu, dan umur geologi tanah. Fakta ini menunjukkan bahwa ketika pengukuran dilakukan di permukaan, bukan resistivitas sebenarnya yang diukur, tetapi kombinasi nilai resistivitas untuk berbagai tanah, termasuk variasi lateral dan longitudinal. Nilai resistivitas pada setiap titik akan memiliki besaran yang berbeda sehingga menyebabkan medan ekuipotensial menjadi tidak beraturan (Muallifah, 2009).

Dahulu, sebelum ada teknologi yang maju kita membutuhkan waktu yang lama untuk mengetahui sistem lapisan tanah dengan cara mengebor tanah, namun seiring dengan perkembangan zaman, teknologi untuk mengetahui

sistem lapisan tanah juga telah dikembangkan agar dapat dideteksi dalam waktu yang singkat. Resistivitas batuan diperoleh dengan pengolahan data lebih lanjut untuk mendapatkan nilai resistivitas masing-masing lapisan batuan. Oleh karena itu, lapisan bawah permukaan tanah dapat dideskripsikan sesuai dengan perbedaan nilai resistivitas masing-masing lapisan (Muis Prasetya et al., 2018).

Hasil pemetaan bawah tanah ini dapat dijadikan rancangan dalam merangkai sistem pentanahan pada suatu instalasi listrik. Selain itu, pemetaan bawah tanah ini tidak hanya berfungsi dalam sektor elektro saja. Pada sektor pertanian pemetaan bawah tanah ini dapat dimanfaatkan untuk mencari lapisan akuifer yang mana nantinya dapat dijadikan sebagai sumur dan berfungsi sebagai sumber air untuk penyiraman tanaman. Pada sektor pertambangan pemetaan bawah tanah ini dapat dimanfaatkan untuk mencari lapisan mineral yang dapat diolah nantinya. Pada sektor infrastruktur pemetaan bawah tanah ini dapat dimanfaatkan untuk mencari lapisan tanah yang cocok untuk dijadikan sebagai landasan dari pondasi bangunan, dan beberapa sektor lainnya.

Hal ini dapat mengefisiensikan waktu dan anggaran dalam sektor-sektor tersebut karena dengan cara tersebut kita tidak perlu melakukan pengeboran di area hanya berdasarkan asumsi dan pengamatan atas permukaan tanah saja. Selain biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pengeboran termasuk mahal, kita juga dapat menjaga lingkungan dengan menggunakan peralatan untuk mendeteksi terlebih dahulu tempat dan lokasi yang benar sesuai kebutuhan kita. Keunggulan dari metode geolistrik adalah harga peralatan dan biaya survey relatif murah. Tidak membutuhkan waktu yang lama, peralatan relatif ringan sehingga lebih memudahkan untuk mobilisasi dibandingkan dengan penggunaan metode lain (Hurriyah & Jannah, 2017).

Perancangan Resistivity Meter yang dibuat dalam penelitian ini menggunakan data logger dengan basis mikrokontroler untuk mempermudah pengguna alat dalam melakukan pencatatan data yang diperlukan dalam mencari resistivitas yakni tegangan dan arus. Pada rancangan resistivity meter yang dibuat, kelebihan utamanya berada pada pencatatan data secara otomatis

dibanding dengan Resistivity Meter - Naniura NRD-300 yang masih mengharuskan peneliti untuk mencatat data secara manual. Selain itu alat dirancang menjadi multichannel dengan ditambahkan *switch box* pada alat ini yang mempermudah proses pengambilan data karena dapat menghubungkan 24 elektroda pada satu box yang mana pada proses penggantian elektroda dapat dilakukan pada *switch box* tersebut. Dengan adanya alat ini membantu penelitian lebih efisien dalam mengurangi waktu dan tenaga yang digunakan dalam proses melakukan pengambilan data resistivitas tanah.

Hasil pengukuran alat dibandingkan dimana hasil pemetaan berdasarkan data yang dicatat oleh alat menggunakan dua konfigurasi elektroda. Konfigurasi elektroda yang digunakan adalah konfigurasi wenner dan konfigurasi dipol dipol. Kedua konfigurasi ini dibandingkan satu sama lain karena memiliki jumlah data yang relatif jauh berbeda, dengan perbedaan jumlah data yang besar tersebut akan dilihat hasil pengolahan datanya apakah akan memberikan pemetaan bawah tanah berdasarkan nilai resistivitas, yang kemudian dilihat apakah menghasilkan pemetaan bawah tanah yang relatif sama atau berbeda.

Hasil rancangan penelitian dan alat ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan referensi untuk merancang alat pengukur resistivitas secara mandiri dengan mengeluarkan budget yang relatif lebih rendah dibanding membeli alat yang telah komersial sehingga lebih hemat untuk dapat digunakan dengan tujuan pembelajaran atau penggunaan individu dalam menentukan nilai resistivitas di lapangan. Karena desain alat purwarupa yang termasuk *open source* ini, alat memiliki potensi besar untuk dilakukan modifikasi dan pengembangan kedepannya. Alat pengukur resistivitas yang sudah dikembangkan bahkan dapat dipatenkan dengan tujuan alat dapat dikomersialkan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang perangkat pengukur resistivitas tanah?
2. Bagaimana menentukan resistivitas tanah menggunakan konfigurasi Wenner?
3. Bagaimana menentukan resistivitas tanah menggunakan konfigurasi Dipol dipol?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Merancang dan menghasilkan prototipe perangkat pengukur resistivitas tanah
2. Menentukan resistivitas tanah menggunakan konfigurasi Wenner
3. Menentukan resistivitas tanah menggunakan konfigurasi Dipol dipol

1.4 Manfaat Penelitian

1. Terbentuknya sebuah alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi dibawah permukaan tanah berdasarkan variasi nilai resistivitas.
2. Kemampuan alat untuk mendeteksi nilai resistivitas bawah permukaan berguna dalam banyak hal baik dalam sektor kelistrikan, pembangunan, pendidikan, lingkungan, sumber daya alam, mitigasi maupun pertanian.
3. Rancangan dan prototipe yang sederhana membuat alat ini berpotensi untuk dapat dikembangkan kedepannya.

1.5 Batasan Masalah

1. Parameter yang dicatat berupa jarak antar elektroda, tegangan dan arus
2. Pengukuran dilakukan terbatas di lokasi penelitian
3. Pengukuran dilakukan menggunakan dua jenis konfigurasi elektroda
4. Hasil pengukuran alat ditampilkan terbatas dalam dua dimensi
5. Pemodelan hasil pengukuran alat diproses menggunakan *software* ResIPy
6. Tidak membahas lebih lanjut mengenai jenis lapisan tanah

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi uraian tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan teori-teori pendukung materi penelitian yang diambil dari berbagai sumber ilmiah yang digunakan dalam penulisan laporan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang metode perancangan alat dan pengolahan data dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang data yang diperoleh dan analisis dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

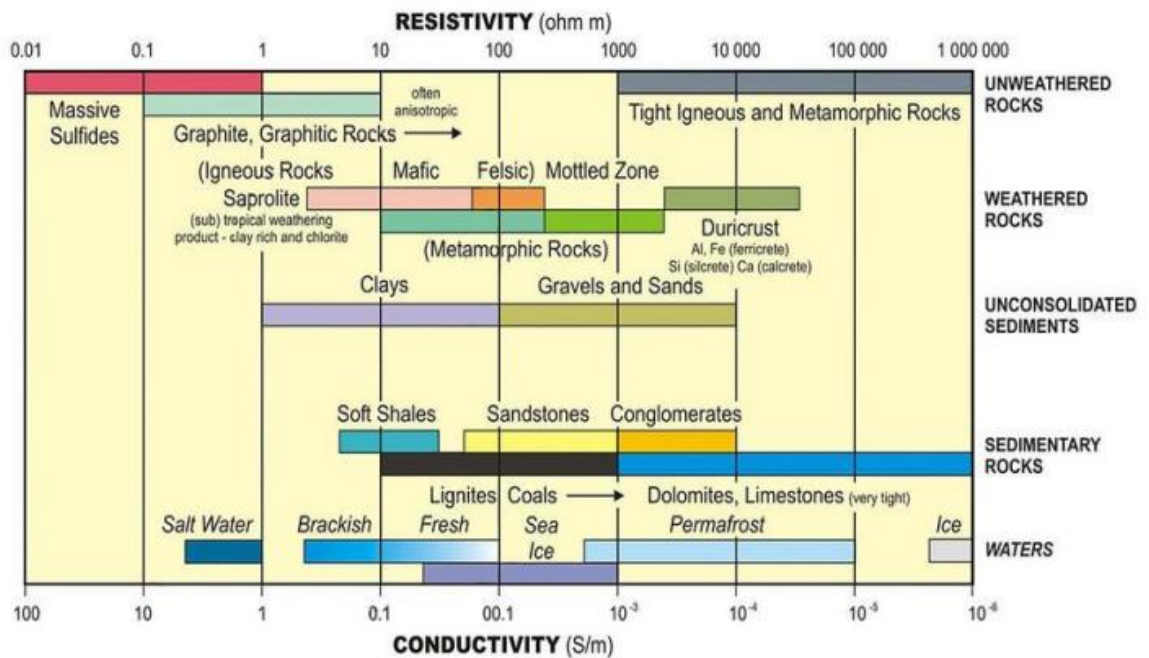
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini membahas tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang berkaitan dengan penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Resistivitas Tanah

Tahanan jenis atau resistivitas adalah kemampuan suatu bahan untuk menahan arus listrik yang direpresentasikan dengan ρ (rho) dalam sebuah persamaan matematik. Materi yang kita jumpai sehari-hari merupakan kumpulan sejumlah besar atom atau molekul. Molekul terdiri atas atom-atom, sedangkan atom-atom itu sendiri terdiri dari inti yang bermuatan positif yang dikelilingi oleh awan elektron yang bermuatan negatif. Batuan merupakan suatu jenis materi sehingga batuan mempunyai sifat-sifat kelistrikan (Telford et al., 2012). Nilai resistivitas dari beberapa batuan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Nilai resistivitas batuan (Nugroho dkk, 2018)

Menurut Reynolds (1997), Konduktivitas atau lebih dikenal dengan istilah daya hantar listrik, adalah besaran yang menyatakan banyaknya ion yang terlarut dalam air yang dapat menghantarkan arus listrik sebesar 1 mikrovolt dalam luas 1 cm lapisan logam. Sifat ini dipengaruhi oleh kandungan yang disebut ion bebas (Reynolds, 1997). Bumi terdiri dari lapisan batuan dengan nilai resistivitas yang

berbeda, sehingga potensial terukur dipengaruhi oleh lapisan tersebut dan menyebabkan nilai resistivitas yang terukur bergantung pada jarak elektroda. Nilai tahanan jenis yang terukur bukanlah tahanan jenis yang sebenarnya melainkan tahanan jenis semu (ρ_a).

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (1)$$

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

dengan:

ρ = Resistivitas (Ωm),

R = Resistansi (Ω),

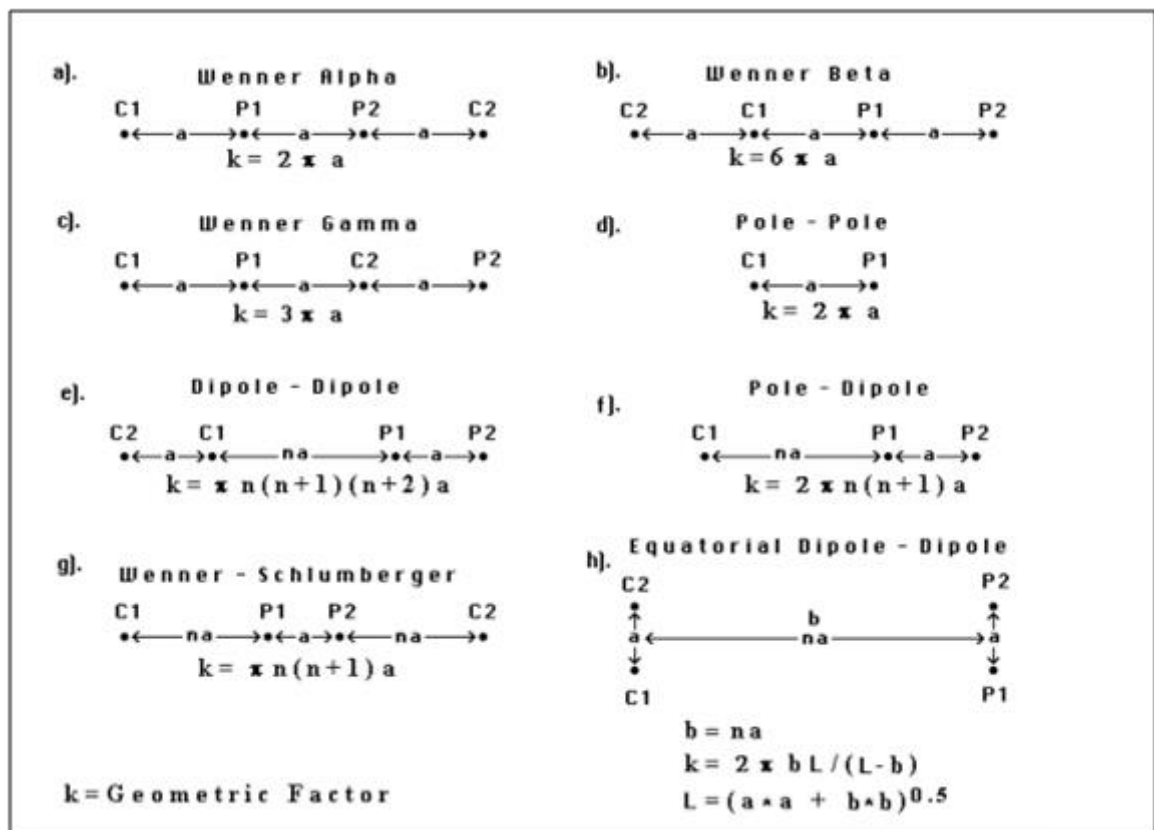
I = Arus Listrik (A),

L = Panjang Lintasan (m),

ΔV = Tegangan (V)

2.2 *Vertical Electrical Sounding*

Vertical electrical sounding (VES) didasarkan pada pengukuran potensial antara sepasang elektroda sambil mentransmisikan arus searah antara sepasang elektroda lainnya. Kedalaman penetrasi arus sebanding dengan jarak antara elektroda dalam homogen ground, dan memvariasikan pemisahan elektroda menyediakan informasi tentang stratifikasi tanah berdasarkan analisa geolistrik (Hamzah et al., 2007).



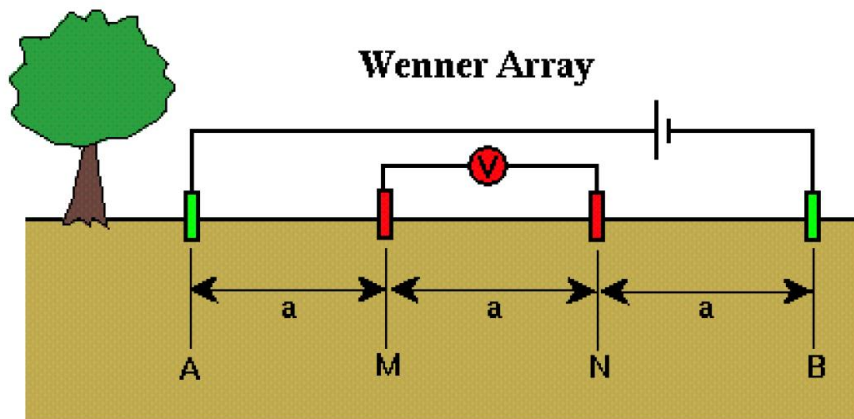
Gambar 2.2 Jenis - jenis konfigurasi elektroda

Konfigurasi elektroda seperti pada Gambar 2.2 memiliki nilai faktor geometri yang berbeda-beda. Dimana konfigurasi elektroda tersebut digunakan dalam melakukan pemetaan bawah tanah dengan metode Geolistrik. Geolistrik adalah suatu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat arus listrik di bumi dan cara mendeteksinya. Deteksi meliputi pengukuran potensi, arus dan medan elektromagnetik yang timbul secara alami atau sebagai akibat dari injeksi arus ke dalam bumi. Metode ini digunakan untuk menjelaskan permukaan bawah permukaan menggunakan konsep fisik tanpa merusak material tersebut. Geolistrik bekerja dengan mengukur resistivitas dengan mengalirkan arus listrik melalui elektroda arus ke dalam batuan atau tanah. Elektroda potensial kemudian menerima arus dengan memperlakukan tanah sebagai resistor.

2.2.1 Konfigurasi Wenner

Metode ini diperkenalkan oleh Wenner (1915). Konfigurasi Wenner adalah salah satu konfigurasi yang sering digunakan pada prospeksi geolistrik berjarak

sama ($R_1 = R_4 = a$ dan $R_2 = R_3 = 2a$). Jarak antara elektroda arus adalah tiga kali jarak elektroda potensial, jarak potensial ke titik kedalaman *sounding* adalah $\frac{a}{2}$, maka jarak antar elektroda arus titik sounding adalah $\frac{3a}{2}$. Target kedalaman yang dapat dicapai dengan metode ini adalah $\frac{a}{2}$.

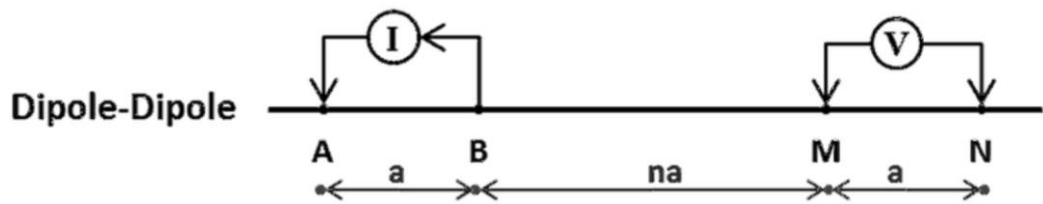


Gambar 2.3 Konfigurasi wenner

Pada gambar 2.3 dapat dilihat bagaimana elektroda diatur untuk membuat konfigurasi wenner. Pengumpulan data pengaturan elektroda di tempat penempatan arus dan potensial simetri dengan titik *sounding*. Pada konfigurasi Wenner jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial adalah sama ($AM = MN = BN = a$).

2.2.2 Konfigurasi Dipol dipol

Konfigurasi Dipole-Dipole yaitu konfigurasi dimana sepasang elektroda antara arus dan potensial terpisah, jarak spasi antar elektroda C1-C2 dan P1-P2 adalah a , sedangkan untuk jarak C1 dan P1 adalah na , atau lebih singkat dinyatakan jarak antar dipol harus lebih besar. Keunggulan dari konfigurasi ini sangat baik untuk penetrasi kedalaman. Memiliki kesensitifan yang tinggi untuk arah horizontal dan sedang untuk arah vertikal, untuk memperoleh data maksimal maka harus lebih banyak elektroda.



Gambar 2.4 Konfigurasi dipol dipol

Gambar 2.4 memperlihatkan bagaimana elektroda disusun sehingga dapat dikatan konfigurasi dipol-dipol. Konfigurasi ini tidak memakan biaya yang besar, dan hasil yang dihasilkan terlihat mendetail, berbeda dengan hasil Wenner yang hanya menunjukkan hasil keseluruhan. Konfigurasi jenis dipole-dipole ini lebih jarang digunakan pada kegiatan pendugaan air tanah. Tetapi lebih diarahkan penerapannya di lokasi pertambangan.

2.3 Power Supply

Power Supply adalah perangkat yang menyediakan energi listrik untuk satu atau lebih beban listrik. *Power Supply* adalah bagian penting dari elektronik dan berfungsi sebagai sumber daya, seperti pada aki atau baterai. Pada dasarnya, *Power Supply* memiliki struktur rangkaian yang hampir sama, termasuk transformator, penyearah, dan penghalus tegangan. Istilah ini paling sering digunakan untuk perangkat yang mengubah satu bentuk energi listrik menjadi energi lain, meskipun dapat juga merujuk pada perangkat yang mengubah bentuk energi lain (misalnya mekanik, kimia, matahari) menjadi energi listrik. Saat membuat rangkaian *Power Supply*, selain menggunakan komponen utama, komponen kitting juga diperlukan agar rangkaian dapat bekerja dengan baik (Bhisop, 2004).



Gambar 2.5 *Power supply*

Gambar 2.5 merupakan salah satu contoh *power supply*, tergantung jenis *Power Supply* nya umumnya memiliki dua jenis keluaran yakni tegangan AC dan DC. Selain *power supply* ada beberapa komponen atau alat yang juga dapat mengeluarkan tegangan AC seperti generator dan dinamo, sementara untuk tegangan DC contohnya seperti baterai dan aki.

2.4 *Converter*

Sistem tenaga yang beroperasi dalam mode saklar jauh lebih efisien daripada sistem tenaga linier. Oleh karena itu, hampir semua catu daya modern beroperasi dalam mode saklar, juga dikenal sebagai SMPS (*Switch Mode Power Supply*). Komponen utama dari sistem tenaga listrik adalah konverter DC-DC yang berfungsi untuk mengubah energi listrik berupa arus searah (*unidirectional*) menjadi nilai arus searah lainnya.

Secara umum, ada tiga rangkaian dasar untuk konverter DC-DC, yaitu buck, boost dan buck-boost. Sirkuit lain sering memiliki kinerja yang mirip dengan topologi dasar ini, sehingga sering disebut turunan (Kalmin, 2012). Pada penelitian

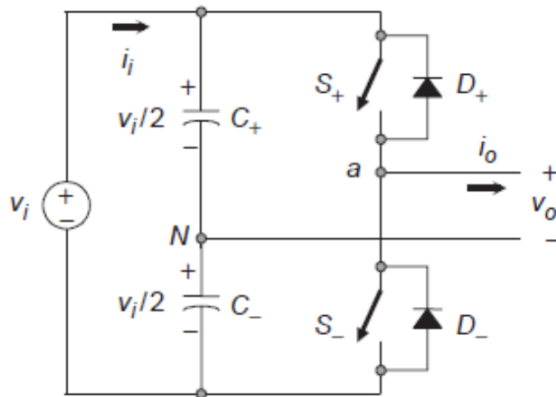
ini, penulis membuat rangkaian *boost converter* dari rangkaian inverter dan rangkaian *rectifier*.

2.4.1 Inverter

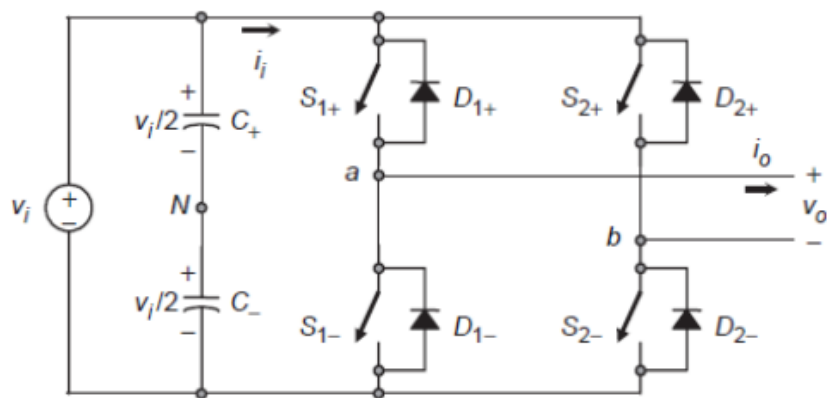
Prinsip Inverter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC menjadi sumber tegangan AC dengan frekuensi tertentu. Komponen semikonduktor daya yang digunakan dapat berupa SCR (*Silicon Controlled Rectifier*), transistor, dan MOSFET yang beroperasi sebagai saklar dan pengubah. Inverter dapat diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu: inverter satu fasa dan inverter tiga fasa (Ward, 1990).

Setiap jenis inverter tersebut dapat dikelompokkan dalam empat kategori ditinjau dari jenis rangkaian komutasi pada SCR, yaitu modulasi lebar pulsa, inverter resonansi, inverter komutasi bantu, dan inverter komutasi komplemen.

Inverter disebut sebagai inverter catu-tegangan (*voltage-fed inverter-VFI*) apabila tegangan masukan selalu dijaga konstan, disebut inverter catu-arus (*current-fed inverter-CFI*) apabila arus masukan selalu dipelihara konstan, dan disebut inverter variabel (*variable dc linked inverter*) apabila tegangan masukan dapat diatur. Selanjutnya, jika ditinjau dari proses konversi, inverter dapat dibedakan dalam tiga jenis, yaitu inverter: seri, paralel, dan jembatan. Inverter jembatan dapat dibedakan menjadi inverter setengah gelombang (*half-bridge*) dan gelombang penuh (*full bridge*). Dalam Bab ini akan difokuskan pada pembahasan inverter jembatan baik untuk inverter satu fasa maupun tiga fasa.



Gambar 2.6 Inverter setengah-jembatan satu fasa



Gambar 2.7 Inverter jembatan satu fasa

Sama seperti rangkaian inverter setengah jembatan di atas, pada rangkaian ini diperlukan dua buah kapasitor untuk membuat titik N agar tegangan pada masing-masing kapasitor $V_i/2$ dapat dijaga konstan.. Kondisi ON dan OFF pada kedua sisi saklar ditentukan dengan teknik modulasi, dalam hal ini menggunakan prinsip PWM, seperti yang dijelaskan pada inverter setengah jembatan satu fasa di atas (Hart, 2010).

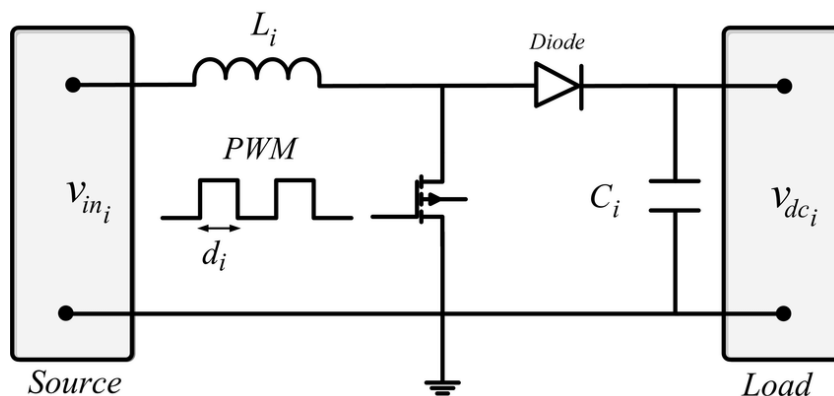
2.4.2 Rectifier

Rectifier merupakan rangkaian elektronika yang mengubah arus bolak-balik (Alternating Current) yang secara periodik berubah arah menjadi arus searah (Direct Current) (Mahobia & Kumrey, 2016). Berbeda dengan inverter yang mengubah arus DC menjadi AC (Tharo et al., 2016), komponen utama penyearah dalam proses penyearahan bentuk gelombang adalah dioda yang dikonfigurasi

untuk bias maju. Penyearah gelombang dibagi dalam 2 jenis, yaitu penyearah setengah gelombang (Half wave Rectifier) dan penyearah gelombang penuh (Full wave Rectifier).

2.4.3 DC-DC Boost converter

Boost converter adalah konverter yang menghasilkan tegangan keluaran lebih besar dari tegangan masukan. *Boost converter* menghasilkan tegangan keluaran dengan polaritas yang sama dengan tegangan masukan. Konverter beroperasi secara berkala saat sakelar membuka dan menutup. Rangkaian sederhana dari *boost converter* dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Rangkaian dasar boost converter.

Boost converter bekerja dalam dua situasi, saat saklar dalam keadaan ON dan saat saklar OFF. Saat saklar keadaan ON, dioda dibias mundur sehingga arus induktor sama dengan arus input. Dalam hal ini, induktor akan menyimpan energi. Pada saat yang sama, ketika saklar dimatikan, dioda dibias maju dan induktor melepaskan energi yang disimpan sebelumnya. Jadi dalam hal ini besarnya tegangan beban adalah tegangan input ditambah tegangan induktor (Mazta et al., 2016).

2.5 Amperemeter

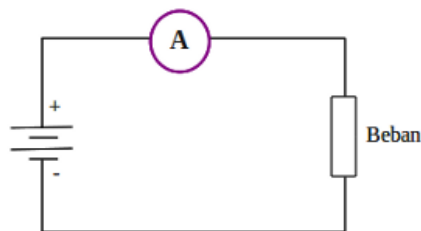
Amperemeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus. Biasanya, teknisi elektronik menggunakan alat ini dalam alat multitester listrik yang disebut multimeter, yang menggabungkan fungsi amperemeter, voltmeter, dan ohmmeter. sirkuit arus kecil. Amperemeter bekerja sesuai dengan gaya magnet Lorentz. Arus

yang mengalir dalam kumparan yang diliputi oleh medan magnet menciptakan gaya Lorentz yang dapat menggerakkan jarum amperemeter. Semakin besar arus, semakin besar deviasi (Sibarani et al., 2017).



Gambar 2.9 Contoh amperemeter

Saat ingin melakukan pengukuran arus listrik pada suatu rangkaian maka amperemeter harus dirangkai seri dengan beban. Amperemeter dipasang seri karena aliran arus yang sama adalah pada rangkaian seri. Jika dipasang paralel, maka arus yang terukur malah arus yang terbagi dari rangkaian utama.



Gambar 2.10 Amperemeter dirangkai seri dengan beban

2.6 Voltmeter

Voltmeter merupakan suatu alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur besarnya tegangan listrik dalam suatu rangkaian listrik. Cara menggunakan voltmeter sebagai alat ukur listrik adalah dengan merangkainya secara paralel dan jarum penunjuk pada voltmeter akan segera bergerak yang menunjukkan hasil pengukuran yang ditunjukkan. Selain voltmeter kita juga sering menjumpai alat ukur tegangan yakni multimeter, berbeda dengan multimeter selain dapat digunakan untuk mengukur tegangan listrik juga dapat digunakan untuk mengukur

besaran listrik yang lain, yakni arus dan hambatan. Multimeter adalah alat yang mungkin dapat menggantikan voltmeter karena lebih lengkap. multimeter seakan gabungan dari ampere meter, volt meter dan juga ohm meter yang semuanya diringkas dengan rapi dan simpel. Untuk menjadikan voltmeter dapat mengukur tegangan listrik yang berkali lipat maka perlu ditambahkan multiplier (Sari, 2013). Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Contoh voltmeter

2.7 Relai Tegangan

Tegangan listrik sering berfluktuasi naik turun dari harga biasanya karena berbagai gangguan sistem. Sebagian besar perangkat listrik atau elektronik masih dapat berfungsi dalam parameter tertentu. Namun, jika peningkatan atau pengurangan melebihi toleransi, peralatan yang terhubung ke jaringan yang dihidupkan dapat rusak (Sunomo, 1992).



Gambar 2.12 Relay proteksi tegangan

Relay adalah salah satu jenis saklar listrik. Banyak relai menggunakan elektromagnet untuk mengoperasikan mekanisme switching secara mekanis, meskipun prinsip kerja alternatif terkadang digunakan. Relay digunakan ketika sirkuit harus dikontrol oleh sinyal berdaya rendah (dengan isolasi listrik yang sempurna antara kontrol dan sirkuit terkontrol) atau ketika beberapa sirkuit harus dikontrol oleh satu sinyal (Bhosale et al., 2018). Relai tegangan merupakan salah satu dari beberapa jenis relay yang mana relai tegangan ini fokus pada parameter tegangan. Gambar 2.12 merupakan gambar rangkaian dari modul relay tegangan yang memproteksi rangkaian dari tegangan berlebih maupun tegangan kurang. Pada penelitian ini relai tegangan disetting pada batas tegangan atas 14,5V dan bawah pada nilai tegangan 11,6V.

2.8 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan chip mikrokomputer yang secara fisik berupa sebuah IC (*Integrated Circuit*). Mikrokontroler biasanya digunakan dalam sistem yang kecil, murah dan tidak membutuhkan perhitungan yang sangat kompleks seperti dalam aplikasi di PC. Mikrokontroler banyak ditemukan dalam peralatan *microwave, oven, keyboard, CD player, VCR, remote control, robot* dll. Mikrokontroler berisikan bagian-bagian utama yaitu CPU (*Central Processing Unit*), RAM (*Random-Access Memory*), ROM (*Read-Only Memory*) dan port I/O (*Input/Output*). Selain bagian-bagian utama tersebut, terdapat beberapa perangkat keras yang dapat digunakan untuk banyak keperluan seperti melakukan pencacahan, melakukan komunikasi serial, melakukan interupsi dll. Mikrokontroler tertentu bahkan menyertakan ADC (*Analog-To-Digital Converter*), USB controller, CAN (*Controller Area Network*) dll (Dharmawan, 2016).



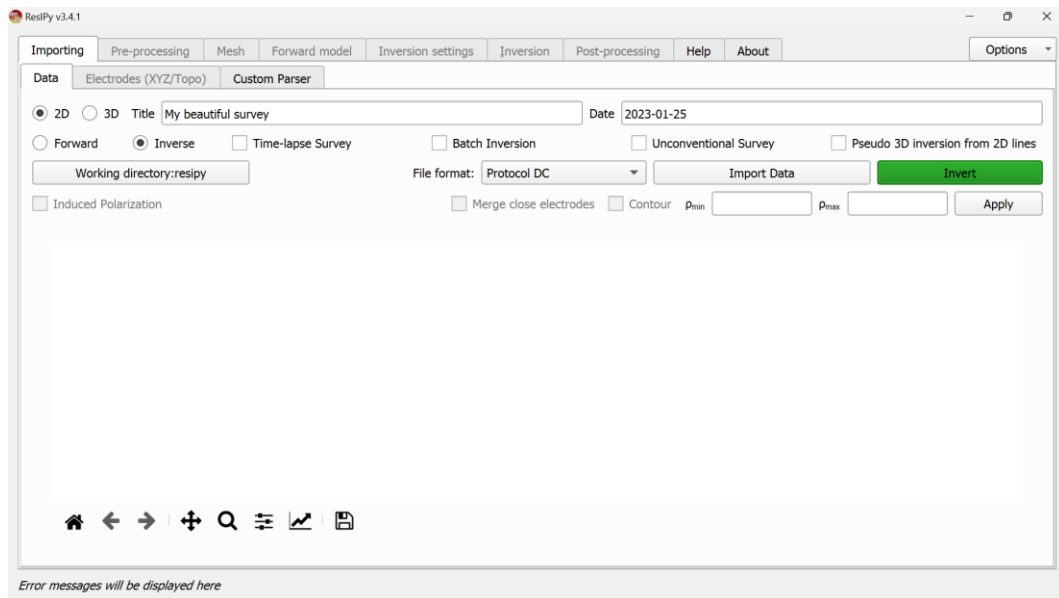
Gambar 2.13 Mikrokontroler arduino

Mikrokontroler bekerja berdasarkan program (perangkat lunak) yang ditanamkan di dalamnya, dan program tersebut dibuat sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Aplikasi mikrokontroler normalnya terkait pembacaan data dari luar dan atau pengontrolan peralatan di luarnya. Contoh aplikasi yang sangat sederhana adalah melakukan pengendalian untuk menyalakan dan mematikan LED yang terhubung ke kaki mikrokontroler.

2.9 ResIPy

Metode *electrical resistivity tomography* (ERT) dan *induced polarization* (IP) sekarang banyak digunakan dalam banyak proyek interdisipliner. Meskipun survei lapangan menggunakan metode ini relatif mudah, data ERT dan IP memerlukan penerapan metode inversi sebelum interpretasi apa pun. Beberapa kode inversi non-komersial yang mapan ada, tetapi biasanya memerlukan pengetahuan lanjutan untuk digunakan secara efektif.

ResIPy dikembangkan untuk memberikan pendekatan yang lebih intuitif, ramah pengguna, untuk inversi data geolistrik, menggunakan *open source graphical user interface* (GUI) dan *python application programming interface* (API). ResIPy memanfaatkan kode inversi R2/cR2/R3t dan cR3t untuk masing-masing pengolahan data ERT dan IP. ResIPy GUI memfasilitasi impor data, pemfilteran data, pemodelan kesalahan, pembuatan mesh, inversi data, dan pemplot model inversi.



Gambar 2.14 Interface ResIPy 3.4.1

Desain ResIPy yang mudah digunakan dan bantuan yang diberikan di dalamnya menjadikannya alat pendidikan yang efektif. ResIPy berkaitan dengan topografi, pemrosesan data tingkat lanjut, kemampuan untuk memperbaiki dan membatasi wilayah properti geolistrik yang diketahui, analisis selang waktu dan kemampuan untuk pemodelan ke depan dan desain survei.