

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian membutuhkan sebuah metode untuk menuntun peneliti dalam melakukan penelitian. Dalam bab ini, berisikan langkah-langkah dalam pembuatan sistem pengukur penurunan muka tanah mulai dari tahapan perancangan hingga pembuatan sistem.

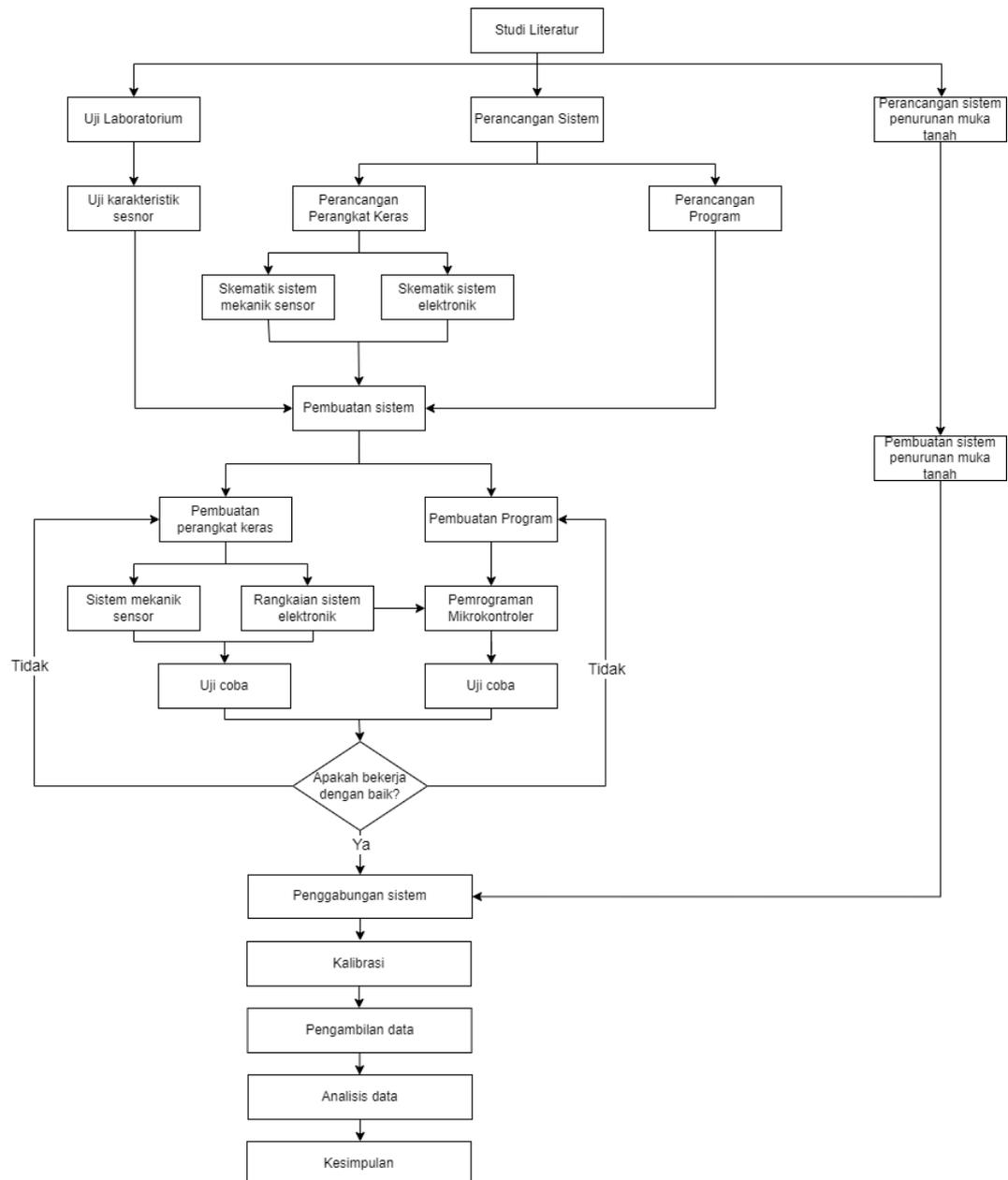
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pengukur Penurunan Muka Tanah Dengan Menggunakan Sensor *Giant Magnetoresistance* (GMR)” dimulai pada bulan Februari 2023, di Laboratorium Fisika Instrumentasi, Gedung FPMIPA B, Universitas Pendidikan Indonesia. Beralamat di Jalan Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung 40154, Jawa Barat, Indonesia.

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menguji respon sensor terhadap pergeseran yaitu penurunan tanah. Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur untuk mengumpulkan informasi mengenai topik penelitian dari artikel, karya ilmiah, buku digital serta media lainnya serta menentukan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.

Pada metode eksperimen dilakukan perancangan sistem, pembuatan sistem, serta pengujian sensor. Tahap perancangan sistem merupakan tahapan merancang sistem sensor yang akan digunakan dalam mengukur penurunan muka tanah serta menentukan elemen-elemen yang akan digunakan dalam pembuatan sistem sensor. Data dianalisis dengan menggunakan Teknik regresi linear sederhana, kemudian ditampilkan pada LCD. Secara garis besar prosedur penelitian ini dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Prosedur Penelitian

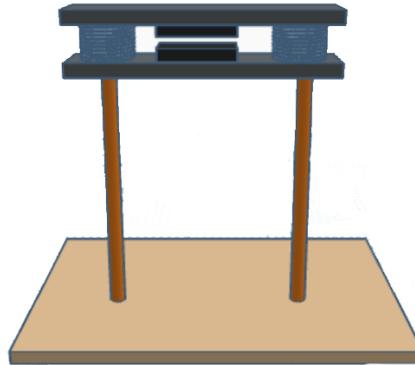
3.3.1 Perancangan Alat Ukur Penurunan Muka Tanah

Sistem mekanik sensor terdiri dari sensor GMR, sumber medan magnet, pegas, tiang penyangga, akrilik, dan pelat. Model sistem mekanik sensor dan media penurunan tanah dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut:

Adelia Nurulswarna, 2024

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKUR PENURUNAN MUKA TANAH DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR GIANT MAGNETORESISTANCE

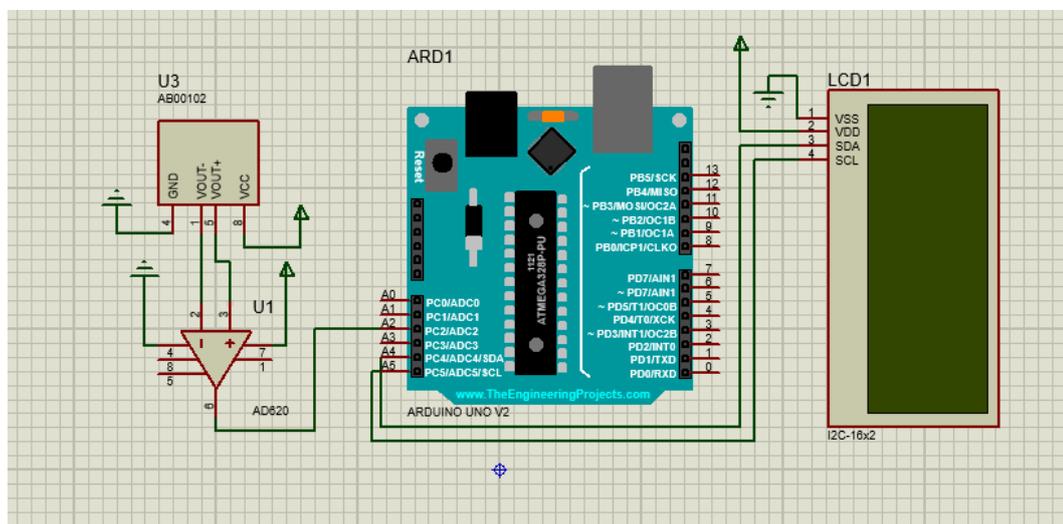
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 3. 2 Desain Prototipe Pengukur Penurunan Muka Tanah

3.3.2 Perancangan Sistem Elektronik Pengukur Penurunan Muka Tanah

Sistem elektronik merupakan sekelompok komponen elektronika yang disatukan dalam sebuah rangkaian elektronika. Sistem elektronik terdiri dari rangkaian sensor, penguat instrumentasi, mikrokontroler, LCD, dan power supply. Gambar 3.3 merupakan rancangan sistem elektronik untuk mengukur penurunan muka tanah.



Gambar 3. 3 Rancangan Sistem Elektronik untuk Mengukur Penurunan Muka Tanah

Skema ini dibuat berdasarkan kebutuhan sistem yaitu pemrosesan data untuk mendapatkan pergeseran pada aplikasinya yaitu penurunan muka tanah. Sensor GMR akan mendeteksi pergeseran yang ditampilkan melalui LCD

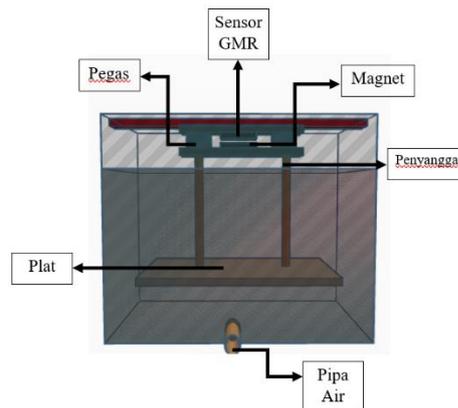
Adelia Nurulswarna, 2024

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKUR PENURUNAN MUKA TANAH DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR GIANT MAGNETORESISTANCE

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.3.3 Perancangan Sistem Penurunan Tanah

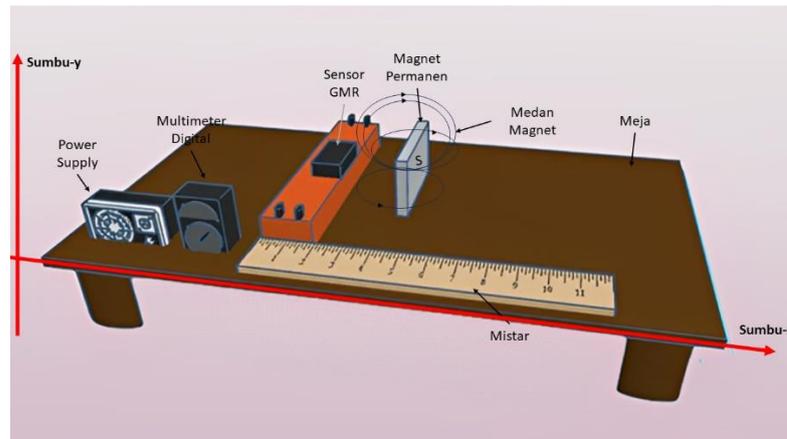
Perancangan sistem penurunan tanah menggunakan media berupa wadah yang menjadi ruang gerak tanah. Dalam penelitian ini, media penurunan tanah dibuat menggunakan wadah plastik transparan berbentuk kotak dengan bagian bawah wadah yang terdapat lubang sebagai tempat keluarnya air tanah. Model sistem penurunan tanah dapat dilihat pada Gambar 3.4:



Gambar 3. 4 Sistem Penurunan Muka Tanah

3.3.4 Uji Karakteristik Sensor GMR

Uji karakteristik sensor GMR dilakukan untuk mengetahui bagaimana karakteristik sensor GMR dalam mendeteksi perubahan medan magnet akibat adanya pergeseran. Terdapat 3 pengujian yang akan dilakukan yaitu pengujian jangkauan sensor, pengujian ketepatan (*repeatability*) sensor, serta pengujian pengaruh arah medan magnet bumi terhadap hasil pendeteksian oleh sensor GMR. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan mistar dan jangka sorong. Perubahan tegangan keluaran sensor GMR akan diamati dengan menggunakan multimeter digital. Pergeseran sumber medan magnet menjauhi sensor GMR dilakukan secara manual searah sumbu-x (horizontal) pada orde *cm* dan *mm*. Gambar 3.5 ini merupakan skema pengujian sensor GMR:



Gambar 3. 5 Skema Pengujian Karakteristik Sensor

3.3.5 Pembuatan Sistem

Pada tahapan ini, komponen-komponen yang digunakan akan dihubungkan sesuai dengan skema yang telah ditentukan sebelumnya. Komponen yang sudah terhubung disimpan di dalam wadah yang telah disiapkan. Sistem elektronik yang telah terhubung kemudian diberi perintah dengan menggunakan program yang telah diunggah ke mikrokontroler. Penelitian ini menggunakan Arduino ATmega328p sebagai mikrokontroler serta menggunakan LCD 16×2 sebagai display. Untuk menjalankan sistem Arduino dibutuhkan perintah tertentu dalam bentuk kode program. Sketch program yang dibutuhkan oleh Arduino dan LCD. Sketch program yang dibuat mencakup bentuk dasar pemrograman Arduino yaitu header yang berisikan library, deklarasi variabel yaitu nama, nilai, dan tipe data variabel, setup, serta loop.

3.3.6 Pembuatan Prototipe Sistem Pengukur Penurunan Muka Tanah

Pada tahapan ini, komponen-komponen yang digunakan akan dihubungkan sesuai dengan rancangan yang telah ditentukan sebelumnya. Komponen yang sudah terhubung disimpan di dalam wadah yang telah disiapkan. Sistem elektronik yang telah terhubung kemudian diberi perintah dengan menggunakan program yang telah diunggah ke mikrokontroler. Penelitian ini menggunakan Arduino ATmega328p sebagai mikrokontroler serta menggunakan LCD 16×2 sebagai display. Untuk menjalankan sistem Arduino dibutuhkan perintah tertentu dalam bentuk kode program. Sketch program yang dibutuhkan oleh Arduino dan LCD. Sketch program

yang dibuat mencakup bentuk dasar pemrograman Arduino yaitu header yang berisikan library, deklarasi variabel yaitu nama, nilai, dan tipe data variabel, setup, serta loop.

3.3.7 Pengujian Alat

Setelah tahapan pembuatan sistem selesai dilakukan selanjutnya adalah tahapan menguji sistem. Pengujian ini berguna untuk melihat kinerja sistem yang sebelumnya telah dibuat. Pada tahapan ini dapat diketahui apakah sistem mampu berjalan dengan baik atau tidak, sehingga dapat dilakukan perbaikan.

3.3.8 Pengambilan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan data dari sistem yang sudah dibuat dan diuji sebelumnya. Data respon sensor GMR dan pergeseran akan ditampilkan pada LCD dan serial monitor. Data kemudian disusun dalam bentuk tabel yang akan digunakan untuk analisis.

3.3.9 Analisis Data

Setelah tahapan pengambilan data selesai selanjutnya data-data yang telah diperoleh akan dianalisis. Analisis data ini bertujuan untuk mengetahui respon sensor GMR terhadap penurunan muka tanah. Respon sensor GMR meliputi sensitivitas sensor dalam mengukur penurunan muka tanah.

3.3.10 Kesimpulan Data

Hasil analisis data kemudian disimpulkan untuk menjawab rumusan masalah. Serta memberikan saran untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

3.4 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan sensor GMR berbasis mikrokontroler Arduino ATmega328p dengan alat dan bahan yang ditunjukkan pada tabel 3.1 dan 3.2 berikut:

Tabel 3. 1 Alat-alat Pembuatan Prototipe Pengukur Penurunan Muka Tanah

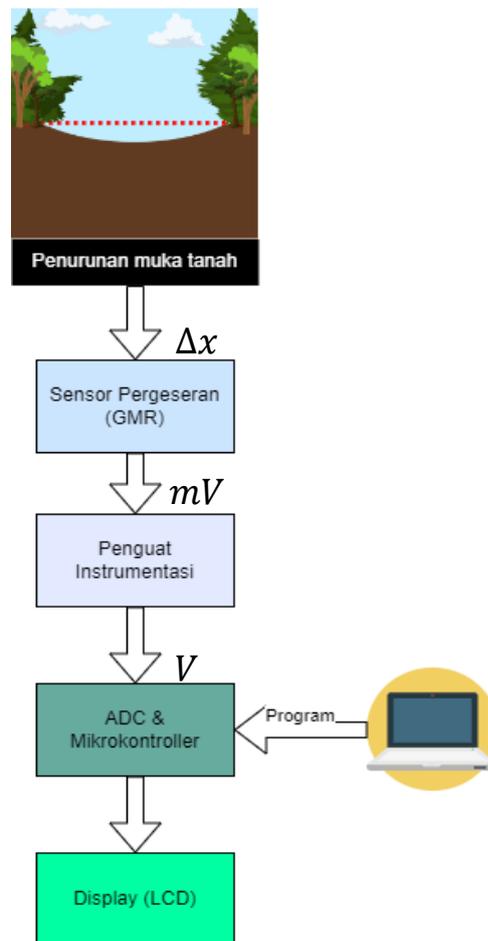
No	Alat	Jumlah
1	Laptop	1
2	Power Supply	1
3	Multimeter digital	2
4	Obeng	1

Tabel 3. 2Bahan-bahan Pembuatan Prototipe Pengukur Penurunan Muka Tanah

No	Bahan	Jumlah
1	Sensor GMR AB001-02	1
2	Mikrokontroler ATmega328p	1
3	Modul Penguat AD620	1
4	Kabel Jumper	secukupnya
5	Magnet	1
6	Mistar	1
7	Mikrometer sekrup	1
8	Kayu Penyangga	1
9	Akrilik	3
10	Tanah	22 kg
11	Air	6 liter
12	Pegas	2
13	LCD 16x2	1

3.5 Diagram Blok

Dalam pembuatan sistem pengukur penurunan muka tanah ada beberapa bagian yang berhubungan. Bagian-bagian tersebut dapat dilihat melalui diagram blok pada gambar ini:



Gambar 3. 6 Diagram Blok Sistem Penurunan Muka Tanah

Pada Gambar 3.5 terlihat bahwa keluaran dari sensor GMR akan dikuatkan menggunakan penguat instrumentasi AD620. Sinyal analog yang telah dikuatkan oleh penguat instrumentasi ini kemudian akan diproses oleh mikrokontroler Arduino ATmega328p. Pemrosesan yang dilakukan oleh mikrokontroler yaitu mengkonversi sinyal analog yang dihasilkan oleh sensor menjadi sinyal digital. Tahapan ini dilakukan dengan memberikan perintah kepada papan Arduino dengan menggunakan bantuan *software* Arduino IDE. Hasil pemrosesan oleh mikrokontroler ini kemudian akan ditampilkan pada display LCD.

3.6 Sensor GMR NVE AB001-02

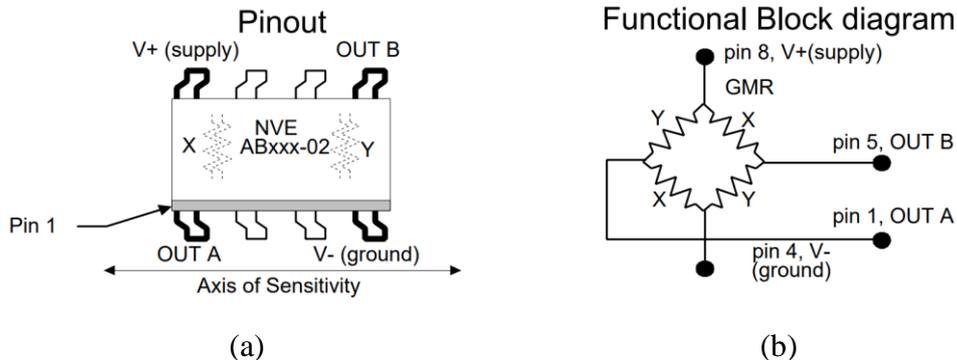
Dalam penelitian ini digunakan sensor GMR yang diproduksi oleh NVE Corporation dengan seri AB001-02. Sensor ini dibangun dengan menggunakan prinsip jembatan Wheatstone yang terdiri dari dua pasang resistor tanpa pelindung.

Adelia Nurulswarna, 2024

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKUR PENURUNAN MUKA TANAH DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR GIANT MAGNETORESISTANCE

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

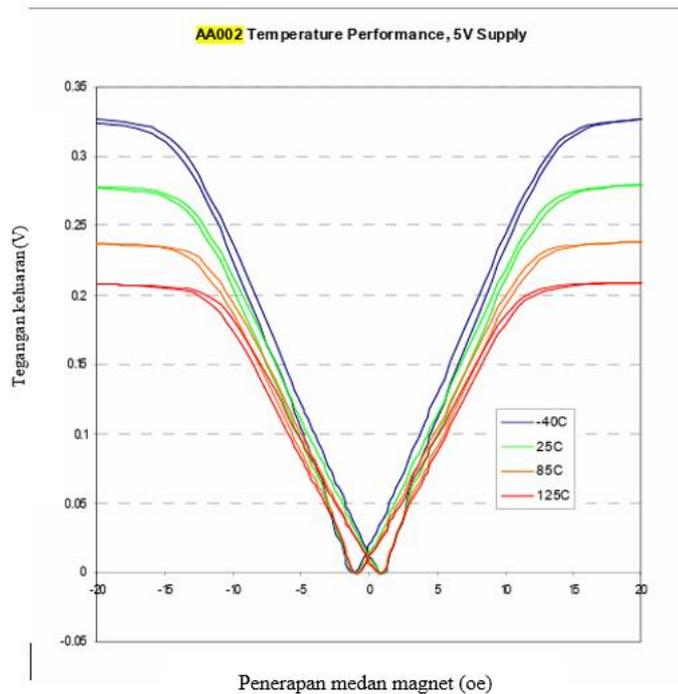
Oleh karena itu, keempat resistor aktif dalam mendeteksi perubahan yang terjadi. Gambar 3.6 merupakan arah sensitivitas sensor dan diagram fungsional sensor:



Gambar 3. 7 (a) Arah Sensitivitas Sensor GMR AB001-02, (b) Diagram Blok Fungsional Sensor GMR AB001-02

Berdasarkan pada datasheet sensor GMR (GMR sensor Catalog, 2012) dari NVE Corporation, GMR AB001-02 merupakan jenis sensor diferensial. Sensor akan merasakan gradien magnet yang melintasi IC sensor. Sensor ini memiliki empat elemen resistif, dua bagian disebelah kanan dan dua bagian disebelah kiri yang terhubung dalam bentuk jembatan Wheatstone. Ketika medan magnet mendekati IC sensor dari sebelah kanan maka dua elemen resistif sensor disebelah kanan akan lebih dulu mengalami pengurangan resistansi dibandingkan dengan sebelah kiri. Hal ini mengakibatkan terjadinya perubahan keluaran pada sensor.

Sensor ini memiliki banyak keunggulan yaitu stabil pada temperatur yang tinggi, ukurannya yang kecil, sifat magnet yang dapat divariasikan dalam rentang yang luas, serta konsumsi daya yang rendah. Berikut ini adalah grafik performa GMR pada temperatur tertentu dengan supply 5V:



Gambar 3. 8 Grafik Performa Sensor GMR pada Temperature Tertentu

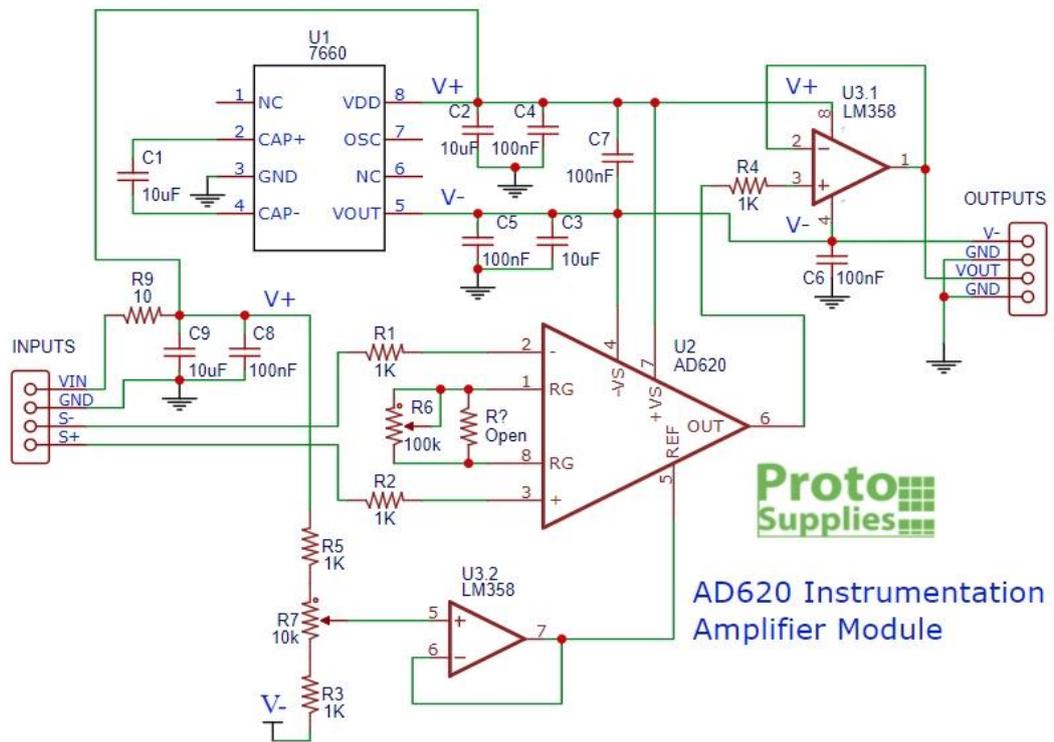
Grafik pada Gambar 3.7 menunjukkan performa sensor GMR pada temperature tertentu. Grafik tersebut menunjukkan seri AA002-02 yang mana grafik ini merepresentasikan material GMR yang digunakan oleh seri AA, AB, dan AD (GMR, 2012). Medan magnet luar yang diterapkan pada sensor GMR akan mengubah orientasi magnetisasi lapisan-lapisan ferromagnetik yang ada pada sensor GMR, sehingga mengubah nilai resistansi listrik sensor GMR. Medan magnet luar yang terlalu besar atau terlalu kecil dapat menyebabkan sensor GMR keluar dari daerah kerjanya, yaitu daerah dimana perubahan resistansi listrik sensor GMR sebanding dengan perubahan medan magnet luar (Djamal, Sanjaya, dkk., 2011). Ketika sensor keluar dari daerah kerjanya, keadaan ini disebut sebagai saturasi. Saturasi terjadi ketika keluaran sensor sudah berada pada nilai maksimalnya sehingga tidak terjadi perubahan apapun saat masukan mengalami perubahan. Pada suhu normal sekitar 25°C, sensor GMR mampu menghasilkan tegangan keluaran dari 0 – 0,25 V dalam pengaruh medan magnet 2 – 10 Oe.

3.7 Penguat Instrumentasi AD620

Penguat instrumentasi merupakan penguat yang mampu memperkuat sinyal langsung dari sensor. Pada umumnya sensor menghasilkan keluaran dalam rentang μV hingga mV . Oleh karena itu, untuk memudahkan pengukuran dan pengolahan data dibutuhkan penguat instrumentasi untuk memperkuat sinyal hingga berada pada orde V . Penguat instrumentasi terdiri dari beberapa topologi, namun yang umum digunakan adalah penguat instrumentasi dengan 3 buah penguat operasional dan beberapa resistor. Penguat operasional ini terdiri dari dua penguat non-inverting sebagai buffer yang keluarannya sebagai masukan untuk penguat diferensial, serta sebuah penguat diferensial yang memperkuat sinyal diferensial dari dua tegangan masukan serta menekan CMRR (*Common Mode Rejection Ratio*) (University of Windsor, 2018.).

Salah satu penguat instrumentasi yang menggunakan topologi 3 penguat operasional adalah modul AD620. Modul ini mampu memperkuat sinyal pada masukan minimal $1,0 \mu V$ dan tegangan supply maksimal $5V$.

Gambar 3.8 merupakan skema modul penguat AD620:



Gambar 3. 9Skema Modul Penguat AD620 (protosupplies.com, 2023)

Berdasarkan Gambar 3.8 diketahui modul penguat instrumentasi AD620 memiliki dua buah penguat operasional LM358 dan sebuah penguat diferensial AD620. Penguat operasional LM358 yang terhubung ke pin Ref AD620 berfungsi sebagai pengatur *zero offset*. Penguat operasional LM358 yang berada pada keluaran AD620 berfungsi sebagai buffer yang berfungsi untuk meningkatkan impedansi sinyal.

Penguatan pada AD620 diatur dengan resistor variable (R_g) 10K yang ditempatkan antara pin 1 dan 8. Penguatan yang dihasilkan 1,5 hingga 1000 kali penguatan. Besarnya penguatan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$A = \frac{49,4k\Omega}{R_g} + 1 \quad (3.1)$$

Dengan A merupakan gain (penguatan) dan R_g nilai resistor variable (Maniam dkk., 2022)

3.8 Analog to Digital Conversion (ADC)

Analog to Digital Converter (ADC) merupakan perantara antara sensor yang umumnya memiliki keluaran analog dengan sistem komputer (digital). Salah satu sensor dengan keluaran analog adalah sensor GMR. Saat sensor membaca perubahan fisis yang terjadi, sensor akan mengubah besaran fisis menjadi besaran elektrik. Untuk melakukan pengolahan data dengan sistem komputer, maka harus dilakukan konversi data analog menjadi data digital. Pada penelitian ini digunakan mikrokontroler ATmega328p yang diproduksi oleh Atmel. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan 10-bit ADC dan tegangan referensi sebesar 5V.

ADC memiliki parameter berupa kecepatan sampling dan resolusi. Sampling menunjukkan seberapa sering suatu sinyal analog di konversikan ke dalam bentuk sinyal digital dalam rentang waktu tertentu dinyatakan dalam *sample per second* (sps). Resolusi adalah menunjukkan ketelitian dari konversi ADC, yang mana setiap bit memiliki dua kemungkinan kombinasi sehingga resolusi N bit dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\text{Resolusi} = (2^N - 1) \quad (3.2)$$

Prinsip kerja ADC yaitu dengan mengubah sinyal analog menjadi suatu besaran yaitu rasio perbandingan sinyal masukan dan tegangan referensi (Blalock, 2017). Contohnya apabila tegangan referensi sebesar 5V dan tegangan masukan 3V maka rasio tegangan masukan terhadap referensi adalah 60%. Jika menggunakan Arduino dengan ADC 8-bit maka skala maksimum yaitu 255, sehingga besarnya sinyal digital yaitu $60\% \times 255 = 153$. Sinyal digital didapatkan dengan cara seperti persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Signal} &= (\text{sample} / \text{max value}) \times \text{reference voltage} \\ &= (155 / 255) \times 5 \\ &= 3V \end{aligned} \quad (3.3)$$

Dengan *sample* merupakan tegangan masukan dari sensor dan *max value* merupakan resolusi mikrokontroler yang digunakan

3.9 Arduino ATmega328p

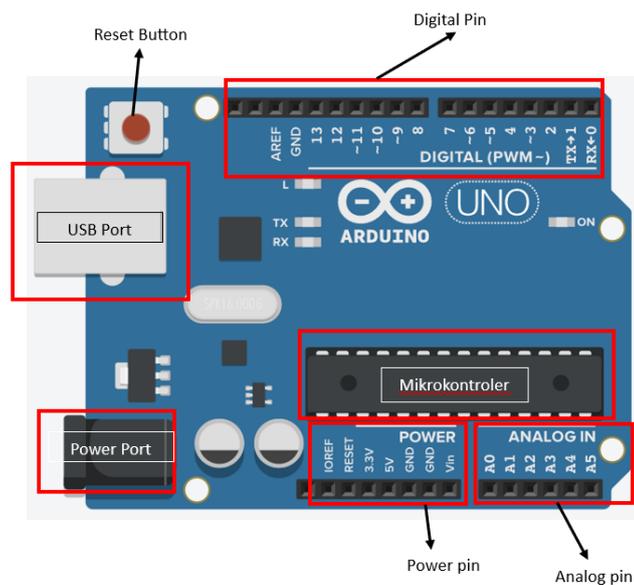
Arduino Uno merupakan sebuah papan pengembangan mikrokontroler yang bersifat *open source*. Papan mikrokontroler ini dirancang untuk membangun dan memprogram perangkat elektronik. Komponen utama dari papan Arduino ini adalah mikrokontroler. Jenis mikrokontroler yang digunakan pada papan Arduino umumnya adalah jenis ATmega328p (Louis, 2016). Arduino memiliki dua komponen yaitu perangkat keras seperti pin, port USB, mikrokontroler, serta beberapa komponen penting lainnya, dan perangkat lunak yang digunakan untuk mengembangkan kode program yaitu Arduino IDE. Papan Arduino ini mampu bekerja dengan tegangan sumber antara 1,8 – 5 Volt pada suhu yang berkisar dari -40°C hingga 85°C.



Gambar 3. 10Mikrokontroler ATmega328p (arduinoindonesia.id, 2022)

3.9.1 Perangkat keras Arduino

Papan Arduino terdiri dari banyak komponen untuk menjalankannya, berikut ini merupakan komponen papan Arduino:



Gambar 3. 11 Struktur Mirokontroler ATmega328p

a. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan bagian utama dari papan Arduino yang berfungsi seperti otak pada Arduino. Fungsi dari mikrokontroler ini adalah untuk mengirim dan menerima informasi dari perangkat yang terhubung dengannya. Jenis mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini adalah mikrokontroler ATmega328p.

b. Pin

Pin merupakan bagian yang berguna untuk menghubungkan papan Arduino dengan perangkat lain. Pada papan Arduino terdapat dua jenis pin yaitu pin digital dan pin analog. Pin digital merupakan pin yang dapat menerima atau mengirim sinyal digital. Dalam papan Arduino terdapat 14 pin digital yang dapat digunakan sebagai masukan dan keluaran. Fungsi dari pin analog pada papan Arduino adalah untuk menerima sinyal analog yang mana tegangan analog yang dapat diterima yaitu 0 – 5 Volt.

c. Konektor

Pada papan Arduino terdapat dua jenis konektor yaitu power konektor dan serial konektor. Power konektor merupakan konektor yang berguna untuk memberikan daya pada Arduino agar dapat menyala serta menghidupkan perangkat lain yang terhubung dengan papan Arduino. Serial konektor

merupakan konektor yang digunakan untuk menghubungkan papan Arduino dengan computer dan laptop serta dapat digunakan sebagai power konektor.

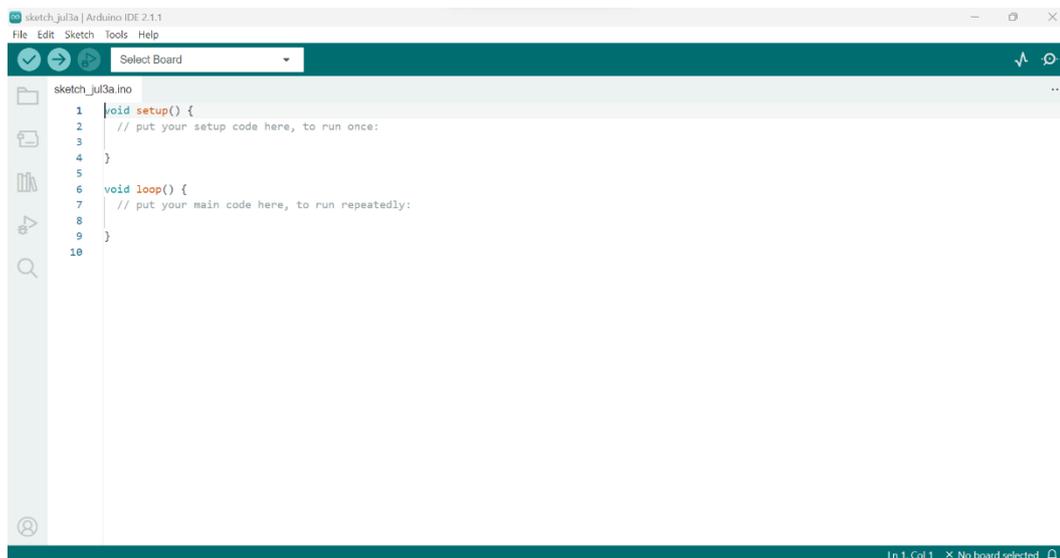
d. Tombol reset

Tombol reset merupakan tombol yang berguna untuk menjalankan ulang program yang telah dimasukkan ke dalam papan Arduino.

3.9.2 Perangkat lunak Arduino

Pemrograman mikrokontroler ATmega328p menggunakan bantuan *software* Arduino IDE. Program ditulis dengan menggunakan bahasa Arduino yang disederhanakan dari bahasa pemrograman C++. Bahasa arduino memiliki struktur dasar yang terdiri dari dua fungsi utama, yaitu void setup() dan void loop(). Fungsi void setup() digunakan untuk menginisialisasi atau mengatur kondisi awal dari program, seperti mendeklarasikan pin, mengatur *baud rate*, dan lainnya. Fungsi void loop() digunakan untuk menjalankan program secara berulang-ulang, seperti membaca sensor, mengontrol keluaran, dan lainnya.

Berikut merupakan tampilan awal dari *software* Arduino IDE seperti pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 12 Tampilan Awal *Software* Arduino IDE

3.10 Liquid Crystal Display (LCD)

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan komponen penampil yang dapat menampilkan informasi yang dapat berupa angka ataupun huruf. LCD yang digunakan pada penelitian ini adalah LCD 16x2 yang mana ini berarti LCD terdiri dari 16 kolom dan 2 baris karakter atau tulisan. Modul LCD juga dapat menampilkan *running text*. LCD dapat dihubungkan ke mikrokontroler apa saja (Links, 2016). Gambar 3.12 merupakan struktur LCD 16 × 2:



Gambar 3. 13 Fitur LCD

LCD memiliki beberapa pin kontrol yaitu:

- Pin data sebagai pin yang berguna untuk jalur data yang akan ditampilkan pada LCD.
- Pin RS (*Register Select*) berguna untuk memilih lokasi memori saat penulisan data.
- Pin R/W (*Read Write*) yaitu untuk menentukan pembacaan atau penulisan data, dimana logika *low* menunjukkan fungsi *write* dan logika *high* menunjukkan fungsi *read* data.
- Pin E (*Enable*) mengaktifkan atau menonaktifkan mode penulisan karakter
- VSS, merupakan ground (GND)
- VDD, untuk tegangan suplai atau VCC yang mana membutuhkan tegangan sebesar 5V

Adelia Nurulswarna, 2024

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKUR PENURUNAN MUKA TANAH DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR GIANT MAGNETORESISTANCE

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- g.** V0 atau VEE sebagai pengatur kontras pada LCD.