

## BAB III METODE PENELITIAN

Pada BAB III ini memuat metode penelitian yang dilakukan, meliputi desain penelitian, sampel penelitian, instrumen penelitian, waktu dan tempat penelitian, serta prosedur penelitian.

### 3.1 Desain Penelitian

Mengacu pada pedoman penulisan karya ilmiah UPI (2016), metode dalam penelitian ini masuk ke dalam kategori eksperimental. Penelitian ini bertujuan untuk membuat pengukur daya listrik (wattmeter) berbasis sensor *Giant Magnetoresistance* (GMR). Peneliti bermaksud meninjau kemungkinan penggunaan sensor GMR untuk pengukuran daya listrik, karena sensor magnetik yang umum digunakan sebagai komponen pengukur arus listrik dalam wattmeter adalah sensor Efek Hall.

### 3.2 Sampel Penelitian

Sampel pada penelitian ini merupakan nilai arus dan tegangan listrik DC yang terukur dari rangkaian beban. Pembacaan nilai arus dilakukan dengan menggunakan sensor GMR dengan cara mengalirkan arus listrik pada kumparan kawat yang melilit permukaan GMR. Sementara pembacaan nilai tegangan listrik dalam rangkaian akan diukur secara langsung menggunakan mikrokontroler. Nilai daya listrik kemudian akan diketahui setelah melakukan pengolahan data arus dan tegangan listrik menggunakan perangkat lunak mikrokontroler.

### 3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Alat dan bahan yang digunakan untuk membuat perangkat keras pengukur daya listrik dalam penelitian secara rinci disebutkan dalam Tabel 3.1. Perangkat lunak untuk pengolahan data yang digunakan antara lain aplikasi Arduino, Microsoft Word, Microsoft Excel, dan Microsoft Origin. Adapun perangkat lunak rancang desain yang digunakan adalah Proteus 8 Professional, KiCad, serta Eagle.

Tabel 3. 1  
Alat dan bahan untuk membuat perangkat keras pengukur daya listrik.

No	Alat dan Bahan	Keterangan
1	Sensor GMR berbentuk <i>Integrated Circuit</i> (IC) produksi NVE seri AA002.	
2	PCB ( <i>Print Circuit Board</i> )	Digunakan sebagai sirkuit untuk komponen GMR.
3	Kawat tembaga diameter 0,5 mm	
4	Saklar rotasi 6 posisi	Digunakan untuk mengatur jumlah lilitan kumparan.
5	Kabel <i>jumper</i>	
6	Penguat instrumentasi AD620	
7	Resistor	
8	Kapasitor	
9	Variabel resistor	
10	IC konverter tegangan ICL7660S	
11	Baterai DC 9V	
12	IC regulator 7805	
13	Arduino Uno	Arduino menggunakan mikrokontroler ATmega328.
14	LCD 16x2	Digunakan sebagai penampil data pada rangkaian perangkat keras.
15	Kabel USB/kabel adaptor	
16	<i>Power supply</i>	
17	Amperemeter digital	
18	Voltmeter digital	
19	<i>Breadboard</i>	Digunakan sebagai media rangkaian sebelum rangkaian dipasang secara permanen pada PCB.
20	Kertas ampelas	

Hafshah Suria Dhani, 2017

**PENGEMBANGAN APLIKASI SENSOR GIANT MAGNETORESISTANCE UNTUK PENGUKUR DAYA LISTRIK**

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

21	Tang pemotong	
22	Obeng	
23	Baut dan mur	
24	Perangkat solder	
25	Timah	
26	Kamera	Digunakan untuk pengambilan data.
27	Kotak plastik	Digunakan sebagai wadah komponen pengukur daya listrik.

### 3.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu Pelaksanaan : Juli – Oktober 2017

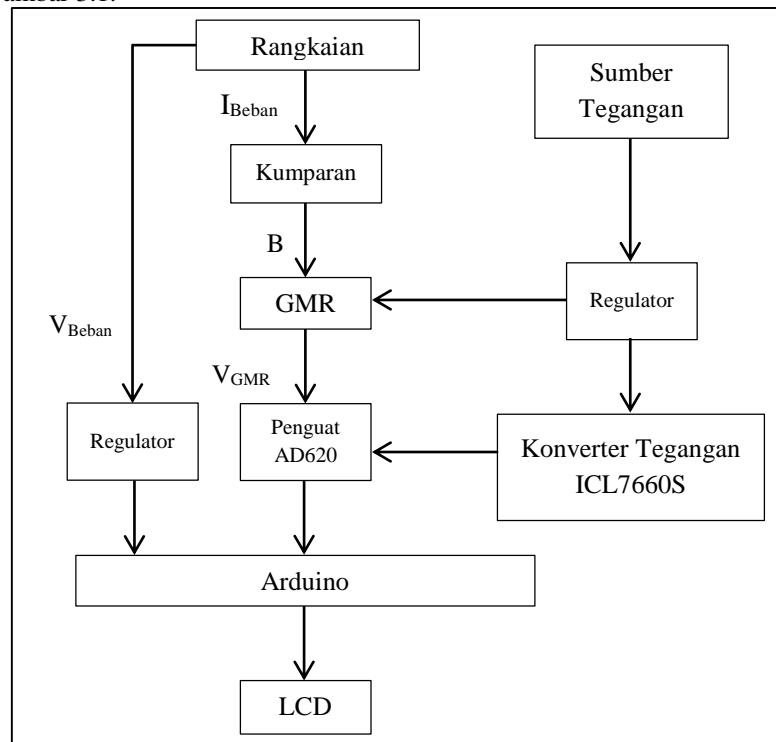
Tempat Pelaksanaan : Laboratorium Instrumentasi, Departemen

Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Alamat : Jl. Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung, Indonesia, 40154.

### 3.5 Prosedur Penelitian

Komponen utama pengukur daya listrik dalam penelitian ini terdiri dari sensor GMR, penguat instrumentasi AD620, konverter tegangan ICL7660S, regulator, Arduino, dan LCD. Adapun alur pengukuran daya secara utuh ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Blok pengukuran daya listrik.

Pada perangkat keras pengukur daya listrik, besar arus listrik dari rangkaian beban akan dialirkan menuju kumparan kawat. Medan magnet yang dihasilkan di sekitar kumparan tersebut akan terbaca oleh sensor magnetik GMR, menghasilkan nilai keluaran berupa tegangan. Orde nilai tegangan yang dihasilkan GMR adalah milivolt. Oleh karena itu digunakanlah penguat instrumentasi yang akan menguatkan sinyal analog tegangan. Setelah penguat menerima data dari GMR, maka sinyal keluaran dari penguat AD620 akan diteruskan menuju Arduino.

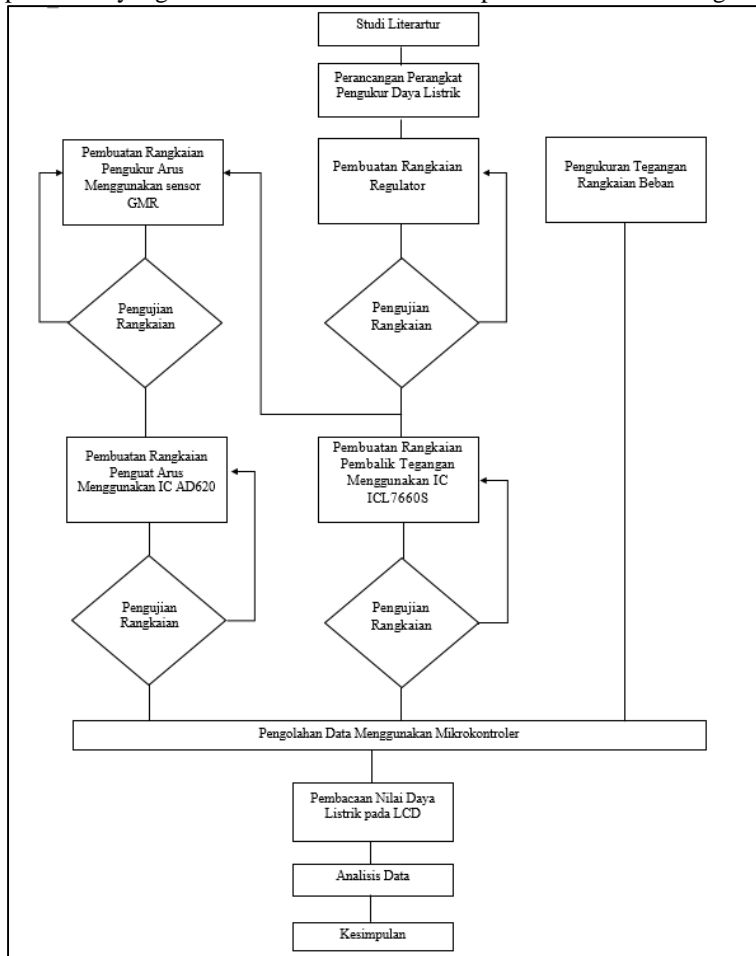
Sementara pada pengukuran nilai tegangan beban digunakan regulator yang bertujuan untuk mencegah nilai tegangan yang diteruskan ke Arduino melebihi nilai maksimum sebesar 5V. Apabila nilai tegangan masukan melebihi 5V dikhawatirkan komponen dalam papan Arduino akan mengalami kerusakan.

Setelah data tegangan dari GMR sekaligus data tegangan beban diterima, pada perangkat Arduino sinyal masukan analog akan dirubah terlebih dahulu menjadi sinyal digital melalui ADC (*Analog to Digital Converter*). Barulah setelah itu melalui perintah dalam aplikasi Arduino, nilai tegangan GMR dapat dikonversi menjadi nilai arus beban yang terukur. Hasil konversi tersebut kemudian diolah bersama nilai tegangan beban sehingga menghasilkan nilai daya listrik yang akan ditampilkan pada layar LCD.

Sumber tegangan yang dibutuhkan komponen LCD diberikan melalui pin 5V papan Arduino. Rangkaian regulator digunakan untuk memberikan sumber tegangan yang konstan sebesar 5V bagi sensor GMR. Sementara IC

AD620 membutuhkan sumber tegangan bernilai negatif sekaligus tegangan bernilai positif, maka digunakanlah konverter tegangan ICL7660S. Dengan demikian, sumber tegangan yang dibutuhkan rangkaian penguat akan melalui rangkaian konverter terlebih dahulu.

Setelah mengetahui prosedur pengukuran daya listrik sebagaimana yang telah disebutkan, maka urutan langkah penelitian yang akan dilakukan kemudian dapat disusun dalam diagram alur, ditunjukkan dalam Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Alur penelitian.

Studi pustaka dibutuhkan untuk menemukan bahan acuan penelitian serta mengetahui karakteristik dari komponen berdasarkan penelitian oleh produsen komponen tersebut. Sementara karakterisasi yang menjadi bagian dari alur penelitian dilakukan untuk melihat perilaku masing-masing komponen sebelum komponen tersebut dirangkai dalam satu perangkat alat ukur, apakah sesuai dengan karakteristik dari produsen dan memiliki respon seperti yang diprediksikan, atau mungkin terdapat anomali pada respon komponen. Setelah karakterisasi setiap komponen selesai dilakukan, maka dituliskanlah program pada Arduino untuk menguji pengukuran secara langsung. Apabila pengukuran berhasil maka rangkaian akan dirangkai pada papan PCB dan dikemas dalam wadah untuk meminimalisir volume alat ukur serta mencegah adanya jaringan kabel yang mungkin terputus.

Berdasarkan alur penelitian tersebut, maka disusunlah jadwal kegiatan penelitian yang ditunjukkan dalam Tabel 3.2.

Tabel 3. 2  
Tabel kegiatan penelitian.

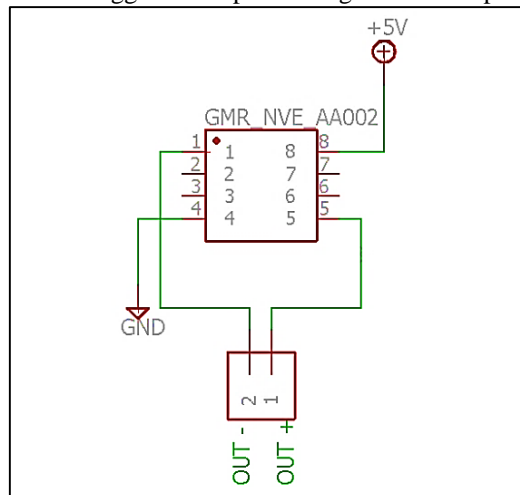
No	Kegiatan	Juli		Agustus		September		Oktober				
		Minggu ke	Minggu ke	Minggu ke	Minggu ke	Minggu ke	Minggu ke					
1	Studi Pustaka	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
2	Karakterisasi IC GMR											
3	Karakterisasi Penguat AD620											
4	Karakterisasi Konverter Tegangan											

5	Karakterisasi Rangkaian Regulator	
6	Karakterisasi Pembacaan Data pada Arduino	
7	Merangkai Perangkat Keras Pengukur Daya Listrik	
8	Pemrograman Arduino	
9	Karakterisasi Pengukur Daya Listrik	
10	Memaparkan Penemuan dan Analisa	

Setelah dilakukan kajian mengenai konsep dasar serta deskripsi perangkat yang digunakan dalam penelitian. Langkah penelitian berikutnya adalah melakukan karakterisasi masing-masing komponen yang telah digunakan serta melakukan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak pengukur daya, yang prosedurnya dijelaskan dalam poin-poin berikut.

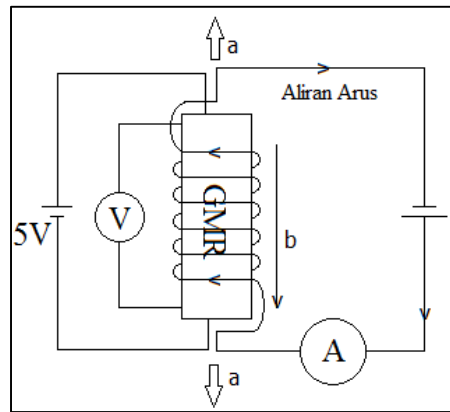
### 3.5.1 Karakterisasi IC GMR

Karakterisasi GMR dilakukan untuk melihat respon GMR terhadap nilai arus listrik. Untuk melakukan pengukuran, rangkaian sensor GMR harus sesuai dengan catatan penggunaan IC GMR produksi NVE AA002 (www.nve.com, 2007). Menurut catatan penggunaan tersebut, posisi pin 8 pada IC dihubungkan dengan tegangan masukan senilai 5V DC, pin 4 dihubungkan dengan GND, pin 5 sebagai pin keluaran positif, dan pin 1 sebagai pin keluaran negatif. Pin keluaran dari GMR kemudian akan diteruskan menuju IC penguat instrumentasi AD620. Skematik rangkaian GMR telah dibuat menggunakan aplikasi Eagle dan ditampilkan dalam Gambar 3.3.

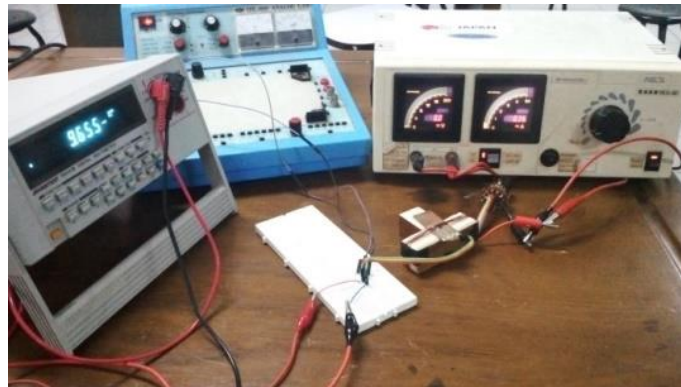


Gambar 3.3 Skematik rangkaian IC GMR menggunakan aplikasi Eagle.

Sebelum dihubungkan dengan IC penguat, IC GMR terlebih dahulu dikarakterisasi dan dilakukan pembacaan langsung menggunakan voltmeter digital. Kawat tembaga berdiameter 0,5 mm dililitkan pada GMR. Arah lilitan kawat harus tegak lurus dengan sumbu sensitivitas GMR untuk memperoleh sensitivitas maksimum (www.nve.com, 2008), sebagaimana telah disebutkan sebelumnya pada kajian pustaka. Untuk pengambilan data, akan dilakukan variasi jumlah kumparan kawat sebanyak 1 hingga 6 lilitan. Arus mengalir pada kumparan, sementara IC GMR memperoleh tegangan masukan senilai 5V DC. Pengambilan video dilakukan untuk memperoleh pembacaan nilai dengan lebih akurat. Secara lebih rinci, skematik pengambilan data ditampilkan dalam Gambar 3.4, sementara Gambar 3.5 merupakan implementasi dari skematik rangkaian.



Gambar 3. 4 Skematik rangkaian pengambilan data pada GMR, a merupakan sumbu sensitivitas sensor, b merupakan arah medan magnet.

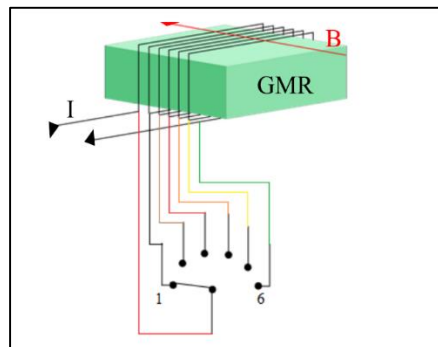


Gambar 3. 5 Implementasi skematik rangkaian pengambilan data pada GMR.

Dalam penelitian, saklar putar enam posisi dihubungkan dengan setiap ujung kawat untuk mempermudah menentukan variasi jumlah kumparan.

### 3. 5. 2 Saklar Putar 6 Posisi

Dengan tujuan untuk mempermudah pemilihan variasi kumparan dalam pengambilan data, masing-masing ujung kawat kumparan dihubungkan pada sumbu saklar putar enam posisi. Skematik saklar yang digunakan dalam rangkaian ditunjukkan dalam Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Skematik saklar putar 6 posisi yang digunakan dalam rangkaian.

Pin *center* dari saklar dihubungkan pada kawat yang mengalirkan arus masukan ke dalam kumparan, sedangkan pin 1 sampai pin 6 saklar dihubungkan berurutan sesuai urutan jumlah lilitan. Untuk menguji rangkaian saklar dan kumparan digunakan multimeter. Pengujian rangkaian saklar putar ditunjukkan dalam Gambar 3.7.



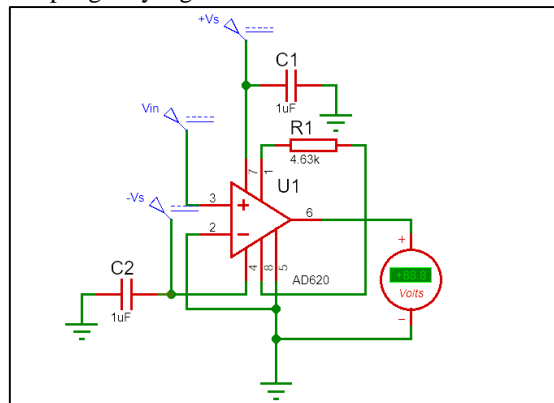
Gambar 3. 7 Pengujian saklar putar 6 posisi.

Multimeter yang dihubungkan pada setiap sumbu saklar dengan sambungan kawatnya akan menunjukkan angka nol, menandakan bahwa kumparan telah terhubung dengan saklar dan saklar rotasi dapat digunakan untuk pengambilan data sensor GMR.

### 3. 5. 3 Karakterisasi IC AD620

IC AD620 diperlukan untuk menguatkan nilai tegangan keluaran dari sensor GMR sebelum data diteruskan menuju *Analog to Digital Converter* (ADC). Skematik rangkaian penguat dibuat menggunakan simulator Proteus 8 Professional, ditunjukkan Gambar 3.8.

Faktor penguatan IC dipengaruhi dari nilai resistor eksternal yang diberikan. Pada penelitian ini, resistor eksternal yang digunakan sebesar 4,63 k $\Omega$ , sehingga hipotesis penguatan berdasarkan persamaan 2.17 diketahui sebesar 11,78 kali. Karakterisasi penguat yang dilakukan adalah membandingkan nilai tegangan masukan dari sumber tegangan dengan nilai keluaran dari penguat yang terbaca voltmeter.

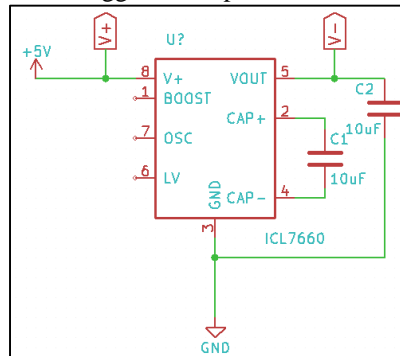


Gambar 3. 8 Skematik rangkaian penguat AD620 menggunakan simulator Proteus.

Berdasarkan catatan penggunaan (*datasheet*) IC AD620, pin 7 dari IC dihubungkan ke tegangan positif sementara tegangan pin 4 dihubungkan ke tegangan negatif dari sumber tegangan. Variasi nilai tegangan masukan dihubungkan ke pin 3 sedangkan pin 2 dihubungkan menuju GND. Dua buah kapasitor ditambahkan sebelum menuju GND berfungsi sebagai *noise filter* dari rangkaian.

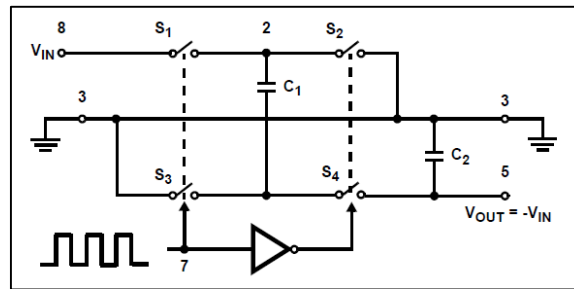
### 3. 5. 4 Rangkaian Konverter Tegangan ICL7660S

IC ICL7660S berfungsi sebagai konverter tegangan. IC ini akan mengkonversi tegangan masukan menjadi tegangan positif ( $V+$ ) dan tegangan negatif ( $V-$ ) sebagai sumber tegangan untuk IC penguat AD620. Skematik rangkaian konverter tegangan digambarkan menggunakan aplikasi KiCad, ditunjukkan Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Skematik rangkaian konverter tegangan menggunakan IC ICL7660S.

Pin keluaran ICL7660S yang akan diteruskan menuju IC penguat adalah pin 8 sebagai sumber tegangan positif dan pin 5 sebagai sumber tegangan negatif untuk IC penguat. Terminal positif pada kapasitor C1 mesti dihubungkan ke pin 2 sedangkan terminal positif dari kapasitor C2 mesti dihubungkan ke GND. Hal ini disebabkan pin 2 terhubung dengan pin masukan tegangan positif (pin 8), sementara pin 5 merupakan pin tegangan negatif. Proses konversi tegangan pada IC ICL7660S digambarkan melalui skematik Gambar 3.10.

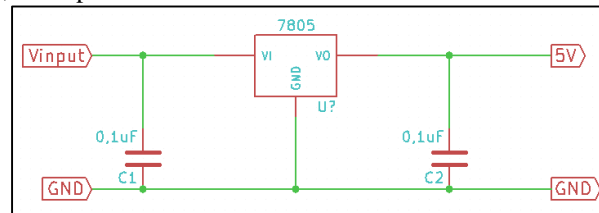


Gambar 3. 10 Skematik konversi tegangan pada IC ICL7660S (www.intersil.com, 2005).

Pada Gambar 3.10, kapasitor C1 dibebankan tegangan  $V+$  selama siklus pertama ketika saklar S1 dan S3 dalam keadaan tertutup sedangkan saklar S2 dan S4 dalam keadaan terbuka. Selama operasi siklus kedua, saklar S2 dan S4 kemudian dalam keadaan tertutup sementara S1 dan S3 terbuka, dengan cara demikian beban kemudian dipindahkan dari C1 ke C2 sehingga diperoleh tegangan dalam C2 sama besar dengan besar tegangan  $V+$ . Pada karakterisasi yang akan dilakukan akan dilihat apakah nilai tegangan positif ( $V+$ ) benar bernilai sama dengan nilai tegangan negatif ( $V-$ ). Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan voltmeter.

### 3. 5. 5 Rangkaian Regulator

Rangkaian regulator dibutuhkan untuk memberikan tegangan konstan pada rangkaian. Tegangan yang dibutuhkan untuk komponen GMR dan penguat AD620 melalui konverter tegangan ICL7660S adalah sebesar 5 V DC. Oleh karena itu digunakanlah rangkaian menggunakan IC regulator 7805. Skematik rangkaian regulator dibuat menggunakan aplikasi KiCad, ditampilkan dalam Gambar 3.11.



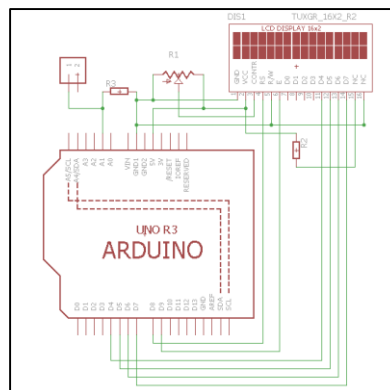
Gambar 3. 11 Skematik rangkaian regulator 7805.

Pin 1 dari regulator dihubungkan dengan sumber tegangan, pin 2 dihubungkan dengan GND, sementara nilai keluaran akan diperoleh melalui pin 3 IC. Karakterisasi pada rangkaian regulator yang dilakukan adalah membandingkan nilai dari keluaran dengan nilai yang diharapkan. Pengukuran dilakukan menggunakan voltmeter dan hipotesis dari pengukuran ini adalah nilai keluaran bernilai 5 V DC.

### 3. 5. 6 Layar Penampil Data LCD 16x2

Sinyal keluaran dari penguat AD620 akan diteruskan menuju mikrokontroler. ADC (*Analog to Digital Converter*) pada mikrokontroler akan mengkonversi sinyal analog masukan menjadi sinyal digital sehingga dapat diolah oleh komputer. Pengolahan data dilakukan dengan memberikan perintah melalui sketsa Arduino. Nilai tegangan keluaran GMR akan dikonversi menjadi nilai arus beban dan dikalikan dengan nilai tegangan beban yang terbaca mikrokontroler. Hasil perhitungan kemudian akan ditampilkan sebagai nilai daya listrik.

Media yang digunakan sebagai penampil data tersebut adalah layar LCD 16x2. LCD ini akan mendapat sumber tegangan dari papan Arduino. Skematik rangkaian LCD 16x2 pada mikrokontroler Arduino mengacu pada rangkaian LCD dalam *library* Arduino dan dibuat menggunakan aplikasi Eagle. Skematik rangkaian ditampilkan dalam Gambar 3.12.



Gambar 3. 12 Skematik rangkaian LCD 16x2 pada Arduino Uno.



Pada rangkaian, fungsi potensiometer R1 adalah sebagai pengatur cahaya layar LCD. Sementara resistor R2 sebagai hambatan sumber tegangan menuju pin 15 LCD dan resistor R3 dihubungkan pada pin analog menuju GND mikrokontroler untuk menghindari pembacaan *noise* oleh pin analog.

### 3. 5. 7 Pembacaan Nilai Tegangan dari Rangkaian Beban

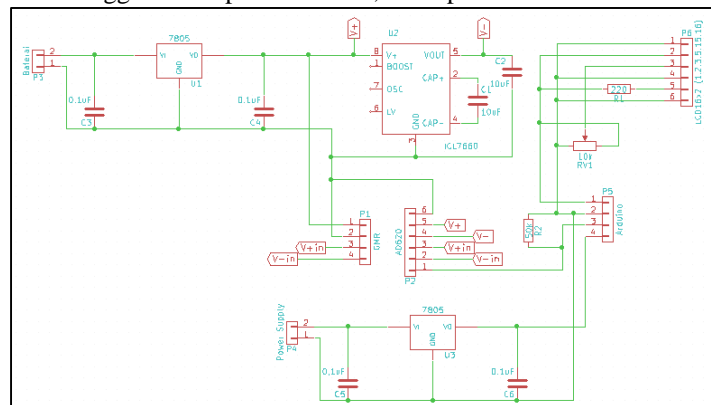
Untuk memperoleh nilai daya listrik dibutuhkan nilai arus listrik dan nilai tegangan listrik dari rangkaian beban. Nilai arus listrik akan diperoleh dari konversi nilai tegangan GMR. Sementara nilai tegangan beban akan dibaca langsung menggunakan mikrokontroler. Untuk menghindari kerusakan akibat nilai tegangan yang berlebih dibanding nilai tegangan maksimal yang mampu diterima mikrokontroler, maka digunakanlah rangkaian regulator 7805.

Tegangan yang dihasilkan beban akan diteruskan pada pin analog mikrokontroler dengan maksimal nilai tegangan adalah 5 V. Kemudian melalui perintah dalam sketsa perangkat lunak mikrokontroler, nilai tegangan beban akan dikalikan dengan nilai arus listrik sehingga diperoleh nilai daya listrik.

### 3. 5. 8 Pembuatan PCB Perangkat Keras Pengukur Daya

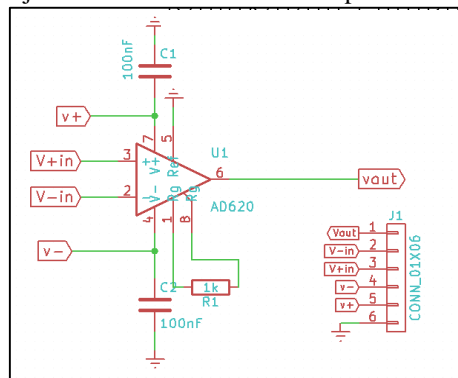
Setelah dilakukan karakterisasi pada masing-masing komponen, seluruh komponen tersebut dirangkai dalam PCB untuk efisiensi ukuran perangkat keras. Pencetakan sirkuit pada PCB juga dilakukan untuk menghindari terputusnya jalur rangkaian perangkat keras pengukur daya.

Rancangan PCB dibuat menggunakan aplikasi KiCad, ditampilkan dalam Gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Skematik rancangan PCB perangkat keras pengukur daya listrik.

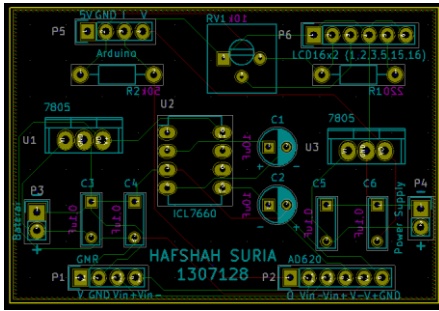
Sementara Gambar 3.14. berikut menampilkan rancangan PCB untuk rangkaian penguat AD620. Gambar skematik rancangan PCB secara lebih jelas dicantumkan dalam Lampiran 3.



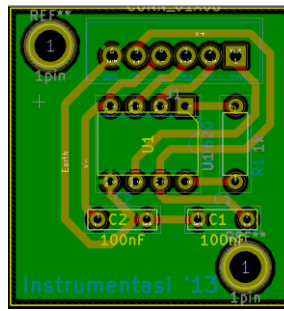
Gambar 3. 14 Skematik rancangan PCB rangkaian penguat AD620.

Dari skematik Gambar 3.13 dan 3.14 kemudian dibuat rangkaian file Gerber untuk selanjutnya dapat dicetak dalam bentuk PCB. Rangkaian tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.15 dan 3.16. File Gerber rangkaian dicantumkan dalam Lampiran 3.





Gambar 3. 15 Rangkaian PCB perangkat keras pengukur daya listrik.



Gambar 3. 16 Rangkaian PCB penguat AD620.

Setelah papan PCB selesai dicetak, seluruh bagian komponen perangkat keras pengukur daya disolder pada papan PCB kemudian dibuat sketsa perintah pada mikrokontroler sehingga pengambilan data dapat dilakukan.

### 3. 5. 9 Pengolahan Data Menggunakan Mikrokontroler

Perintah pembacaan dan pengolahan data pada perangkat pengukur daya listrik dituliskan melalui sketsa perangkat lunak mikrokontroler. Dalam penelitian ini, perintah tersebut meliputi pembacaan data tegangan GMR, konversi data tegangan GMR menjadi nilai arus listrik, pembacaan nilai tegangan listrik, perhitungan nilai daya listrik, serta perintah menampilkan data pada layar LCD. Seluruh perintah tersebut dituliskan dalam Lampiran 1.

Setelah penulisan program sketsa mikrokontroler dilakukan, maka seluruh komponen dirangkai dan dikemas dalam satu wadah untuk mengefisiensi tempat serta ukuran. Tahap terakhir yang dilakukan adalah mengkarakterisasi pengukuran daya listrik serta menganalisa data yang diperoleh sehingga dapat diambil kesimpulan yang mampu menjawab tujuan penelitian.