

**PROTOTIPE GENERATOR MAGNET PERMANEN *SINGLE*
MAGNET UNTUK MENINGKATKAN DAYA KELUARAN
PADA GENERATOR**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan
Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

Dieaz Zandrian NIM : 0031936

Jibran Septembi NIM : 0031941

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2022**

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR

**PROTOTYPE GENERATOR MAGNET PERMANEN *SINGLE* MAGNET
UNTUK MENINGKATKAN DAYA KELUARAN PADA GENERATOR**

Oleh :

Dieaz Zandrian/0031936

Jibran Septembi/0031941

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan/Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka
Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1



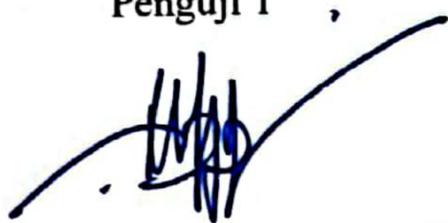
Yudhi, M.T

Pembimbing 2



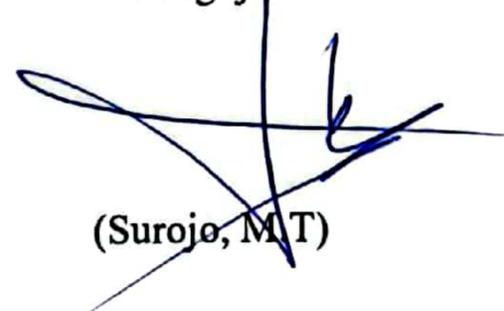
Zanu Saputra, M.Tr.T

Penguji 1



(Muhammad Iqbal Nugraha, M.Eng)

Penguji/2



(Surojo, M.T)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa 1 : Dieaz Zandrian NIM : 0031936

Nama Mahasiswa 2 : Jibrán Septembi NIM : 0031941

Dengan Judul : PROTOTIPE GENERATOR MAGNET PERMANEN
SINGLE MAGNET UNTUK MENINGKATKAN DAYA KELUARAN PADA
GENERATOR.

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 26 Agustus 2022

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Dieaz Zandrian



2. Jibrán Septembi



ABSTRAK

Generator pada umumnya memerlukan kecepatan putaran yang tinggi untuk dapat menghasilkan energi listrik pada medan magnet. Proyek Akhir ini bertujuan untuk membuat suatu prototipe generator AC satu fasa menggunakan magnet permanen type Neodymium. Pada perancangan dari generator menggunakan single stator dan single rotor. Keluaran dari generator AC ini berupa nilai arus, tegangan dan daya. Metodologi proyek akhir ini yaitu membuat konstruksi generator yang terdiri dari rotor, shaft, stator, kaki tumpuan shaft, tiang penyangga dan piringan. Prototipe generator digerakkan oleh motor DC 220 VDC sebagai penggerak utama dengan putaran 200 - 600 rpm. Hasil dari proyek akhir ini adalah sebuah prototipe generator dengan magnet permanen pada kecepatan 200 - 600 rpm menghasilkan nilai keluaran generator tegangan AC 0 – 12 volt tanpa beban, dan menghasilkan tegangan DC 0 - 11 volt tanpa beban. Sedangkan pada saat pengujian dengan beban resistansi dan kecepatan yang sama yaitu 200 - 600 rpm menghasilkan tegangan DC 1 - 8 volt, arus DC yang dihasilkan 0 – 0,021 ampere, dan daya 0 – 0,16 watt. Semakin tinggi kecepatan putaran maka tegangan yang dihasilkan semakin besar juga.

Kata kunci : *Generator AC Magnet Permanen, Magnet Neodymium, Rotor, Stator.*

ABSTRACT

Generators generally require a high rotational speed to be able to produce electrical energy in a magnetic field. This final project aims to make a prototype of a single phase AC generator using Neodymium type permanent magnets. In the design of the generator using a single stator and single rotor. The output of this AC generator is in the form of current, voltage and power values. The methodology of this final project is to construct a generator consisting of a rotor, shaft, stator, shaft pedestal, support pole and disc. The prototype generator is driven by a 220 VDC DC motor as the main driver with a rotation of 200 - 600 rpm. The result of this final project is a prototype generator with permanent magnets at a speed of 200 - 600 rpm producing an output value of 0 - 12 volts AC voltage without load, and produces a DC voltage of 0 - 11 volts without load. Meanwhile, when testing with the same resistance load and speed of 200 - 600 rpm, it produces a DC voltage of 1 - 8 volts, the resulting DC current is 0 - 0.021 amperes, and a power of 0 - 0.16 watts. The higher the rotation speed, the greater the voltage generated.

Keywords: *Permanent Magnet AC Generator, Neodymium Magnet, Rotor, Stator.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat dan ridha-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir ini dengan tepat waktu. Laporan proyek akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan perkuliahan program Diploma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Laporan proyek akhir ini berisikan dari proses pembuatan hasil alat proyek akhir yang telah penulis selesaikan. Dalam proyek akhir ini penulis juga menerapkan ilmu pengetahuan yang telah ditempuh selama 3 tahun pendidikan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dan juga pengalaman selama penulis menjalankan praktik kerja lapangan pada semester ke-5.

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada orang-orang yang telah berperan membantu maupun membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini, sebagai berikut kepada :

1. Bapak Yudhi, M.T, selaku pembimbing 1 penulis dalam proyek akhir.
2. Bapak Zanu Saputra, M.Tr.T, selaku pembimbing 2 penulis dalam proyek akhir.
3. Bapak Ocsirendi, M.T, selaku Kepala Prodi D-III Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Muhammad Iqbal Nugraha, M. Eng, selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro dan Informatika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Seluruh staf pengajar dan karyawan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Rekan-rekan mahasiswa di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah membantu dalam menyelesaikan Proyek Akhir.
7. Keluarga besar (Ayah, Ibu, saudara-saudari penulis maupun yang lainnya) yang selalu memberikan doa, dan dukungan berupa materi maupun yang lainnya.

8. Pihak-pihak lain yang telah membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan proyek akhir ini. Mohon maaf sebesar-besarnya karena tidak dapat menyebutkan namanya satu persatu. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan proyek akhir ini masih terdapat kekurangan baik dari segi kata maupun penulisannya. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca agar kedepannya penulis dapat membuat yang lebih baik lagi. Penulis juga berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk penulis sendiri maupun untuk pembaca lainnya. Atas perhatiannya penulis ucapkan terimakasih.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT.....	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Proyek Akhir.....	2
BAB II.....	3
DASAR TEORI.....	3
2.1. Generator.....	3
2.2. Generator Magnet Permanen.....	4
2.3. Medan Magnet.....	5
2.4. <i>Fluks</i> Magnetik.....	5
2.5. Celah Udara.....	5

2.6.	Magnet Permanen <i>Type Neodymium</i>	6
2.7.	Arduino UNO	7
2.8.	Sensor INA219	8
2.9.	Sensor <i>Infra Red</i>	9
2.10.	LCD 16x2	10
2.11.	<i>Keypad</i> 4 x 4	12
2.12.	<i>Switch – Mode Power Supply</i>	13
BAB III.....		14
METODE PELAKSANAAN		14
3.1.	<i>Flow Chart</i> Perancangan dan Pembuatan Alat	14
3.2.	Pengumpulan Data dan Pengolahan Data Proyek Akhir.....	16
3.3.	Perancangan Kontruksi Generator dan Kontrol Keluaran Generator ...	16
3.4.	Pengujian Komponen Kontrol Keluaran Generator.....	25
3.5.	Pembuatan Kontruksi Generator dan Kontrol Keluaran Generator	26
3.6.	Pengujian Kontruksi Generator dan Kontrol Keluaran Generator.....	27
3.7.	Perbaikan Alat.....	27
3.8.	Pembuatan Laporan.....	28
BAB IV.....		29
PEMBAHASAN		29
4.1.	Diagram Blok.....	29
4.2.	Prinsip Kerja.....	30
4.3.	Penyearah Jembatan Gelombang Penuh	30
4.4.	Pengujian Konstruksi Generator.....	34
BAB V		42
PENUTUP		42

5.1	Kesimpulan.....	42
5.2	Saran.....	42
	DAFTAR PUSTAKA.....	43



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino UNO	7
Tabel 2.2 Fungsi pin sensor INA219	9
Tabel 2.3 Spesifikasi <i>Switch-Mode Power Supply</i> 12V	13
Tabel 3.1 Jenis Magnet.....	18
Tabel 4.1 Pengujian generator tanpa beban (media 16 magnet).....	35
Tabel 4.2 Pengujian generator tanpa beban (media 12 magnet).....	36
Tabel 4.3 Pengujian generator tanpa beban (media 8 magnet).....	37
Tabel 4.4 Pengujian generator dengan beban (media 16 magnet)	38
Tabel 4.5 Pengujian generator dengan beban (media 12 magnet)	38
Tabel 4.6 Pengujian generator dengan beban (media 8 magnet)	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Generator	4
Gambar 2. 2 Posisi Celah Udara pada Generator.....	6
Gambar 2. 3 Magnet <i>Neodymium</i>	6
Gambar 2. 4 Arduino UNO.....	7
Gambar 2. 5 Sensor INA219.....	8
Gambar 2. 6 Sensor <i>Infra Red</i>	10
Gambar 2. 7 LCD 16 x 2	10
Gambar 2. 8 Bus I2C.....	11
Gambar 2. 9 <i>Keypad</i> 4x4	12
Gambar 2. 10 <i>Switch – Mode Power Supply</i> 12V.....	13
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Perancangan dan Pembuatan Alat.....	14
Gambar 3. 2 Desain Kontruksi Generator	16
Gambar 3. 3 Bentuk Kontruksi Rotor.....	17
Gambar 3. 4 Bentuk konstruksi Stator	21
Gambar 3. 5 Tiang Penyangga Stator.....	21
Gambar 3. 6 Rancangan <i>Shaft</i>	23
Gambar 3. 7 <i>Shaft</i> Generator	23
Gambar 3. 8 Alas bawah generator	24
Gambar 3. 9 Kaki Tumpuan <i>Shaft</i>	24
Gambar 3. 10 <i>Box</i> control keluaran generator	25
Gambar 3. 11 Kontruksi Generator	25

Gambar 3. 12 Desain Kontrol	26
Gambar 3. 13 Komponen Kontrol Generator	27
Gambar 4. 1 Diagram Blok.....	29
Gambar 4. 2 Penyearah Jembatan Gelombang Penuh.....	30
Gambar 4. 3 Bentuk Gelombang Masukan AC	31
Gambar 4. 4 Bentuk Gelombang Keluaran Penyearah Jembatan Gelombang Penuh	31
Gambar 4. 5 Penyearah Jembatan Gelombang Penuh dengan Kapasitor.....	32
Gambar 4. 6 Bentuk Gelombang Keluaran Penyearah Jembatan Gelombang Penuh dengan Kapasitor	32
Gambar 4. 7 Pendekatan Tegangan Ripple dengan Bentuk Segitiga	33
Gambar 4. 8 Rangkaian Alat Proyek Akhir.....	34
Gambar 4. 9 Pengukuran Generator tanpa Beban.....	35
Gambar 4. 10 Grafik Pengukuran Media Magnet 16 tanpa Beban.....	36
Gambar 4. 11 Grafik Pengukuran Media Magnet 12 tanpa Beban.....	37
Gambar 4. 12 Grafik Pengukuran Media Magnet 12 tanpa Beban.....	38
Gambar 4. 13 Pengukuran Generator dengan Beban	39
Gambar 4. 14 Grafik Pengukuran Media Magnet 16 dengan Beban	40
Gambar 4. 15 Grafik Pengukuran Media Magnet 12 dengan Beban	41
Gambar 4. 14 Grafik Pengukuran Media Magnet 8 dengan Beban.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	44
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	45
LAMPIRAN 2	47
Program Pengujian Keypad 4x4	48
Program Pengujian Sensor INA219	51
Program Pengujian Sensor <i>InfraRed</i> (RPM)	53
Program Gabungan Kontrol Generator	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dengan kemajuan masyarakat, terjadi peningkatan permintaan energi listrik, yang bertepatan dengan ekspansi masyarakat global. Sumber energi alternatif dari sumber energi seperti angin, air, dan gelombang laut digunakan karena bahan bakar fosil mahal dan sulit didapat, yang menjadikannya pilihan yang buruk untuk kebutuhan energi listrik. Sebuah generator diperlukan untuk menciptakan energi listrik dari sumber energi alternatif. Alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik adalah generator. Magnet induksi dibuat di generator ini menggunakan magnet permanen. Karena magnet permanen dapat mengeluarkan energi listrik sementara memiliki rotasi terbatas, mereka adalah alat yang sangat efektif untuk menghasilkan listrik dalam jumlah kecil.

Berdasarkan hukum Faraday prinsip kerja dari generator yaitu “Apabila suatu kumparan atau belitan kawat dan kemudian ada magnet yang digerakkan atau sebaliknya maka akan timbul fluks magnet yang mengalir pada kumparan tersebut yang diakibatkan oleh Gaya Gerak Listrik (GGL) induksi, aliran fluks magnet yang mengalir pada kumparan disebut sebagai aliran arus, sedangkan GGL induksi yang berubah-ubah pada ujung-ujung kumparan sebagai beda potensial atau tegangan”[1]. Generator terdiri dari 2 bagian utama yaitu stator dan rotor. Pada bagian stator terdapat kumparan atau belitan kawat yang menghasilkan GGL induksi, sedangkan pada bagian rotor terdapat magnet permanen sebagai sumber magnetik. Magnet permanen yang digunakan yaitu tipe magnet *type Neodymium*.

Pada pembuatan proyek akhir yang berjudul “Prototipe Generator Magnet Permanen *Single Magnet* untuk Meningkatkan Daya Keluaran pada Generator”

bertujuan sebagai media pembelajaran untuk mengetahui penggunaan magnet permanen dalam pemanfaatannya menghasilkan energi listrik. Alat ini dirancang untuk membantu mahasiswa memahami prinsip kerja generator AC menggunakan magnet permanen. Alat ini juga dilengkapi dengan tampilan di LCD 16x2 yang menunjukkan keluaran generator berupa nilai tegangan, arus, kecepatan putaran dan daya.

1.2. Rumusan Masalah

Berikut ini adalah rumusan masalah yang diangkat dari latar belakang proyek akhir yaitu :

1. Bagaimana pengaruh besar celah udara terhadap kerapatan fluks.
2. Bagaimana pengaruh jumlah kutub magnet terhadap kerapatan fluks.
3. Bagaimana analisa hasil keluaran generator .

1.3. Tujuan Proyek Akhir

Berikut ini adalah tujuan dari proyek akhir yang diangkat berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yaitu:

1. Menghasilkan prototipe generator AC menggunakan magnet permanen yang digunakan sebagai media pembelajaran.
2. Menghasilkan prototipe generator AC yang dapat mengeluarkan nilai tegangan, arus, kecepatan putaran dan daya yang ditampilkan pada LCD 16x2.

BAB II DASAR TEORI

2.1. Generator

Generator merupakan suatu mesin yang bisa mengganti tenaga mekanik jadi tenaga listrik. Tenaga mekanik tersebut bisa berasal dari tenaga panas, tenaga potensial air, motor diesel, motor bensin ataupun motor listrik. Prinsip kerja generator berdasarkan pada hukum Faraday ialah apabila sesuatu kumparan kawat penghantar listrik terletak dalam fluks magnet berubah-ubah, maka di dalam kawat terbentuk Gaya Gerak Listrik (GGL) induksi. Aliran fluks magnet yang mengalir pada kumparan biasanya disebut aliran arus, sementara itu GGL induksi yang berubah-ubah pada ujung–ujung pada kumparan sebagai tegangan. Hukum Faraday bisa dinyatakan dengan rumus persamaan (2.1) dibawah ini [2] :

$$e = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

e = GGL induksi yang dibangkitkan (volt)

N = banyaknya jumlah lilitan

$\Delta\Phi$ = perubahan fluks magnetik (Webber)

Δt = perubahan waktu (detik)

Berikut ini merupakan hal-hal yang dapat menyebabkan GGL yaitu [1]:

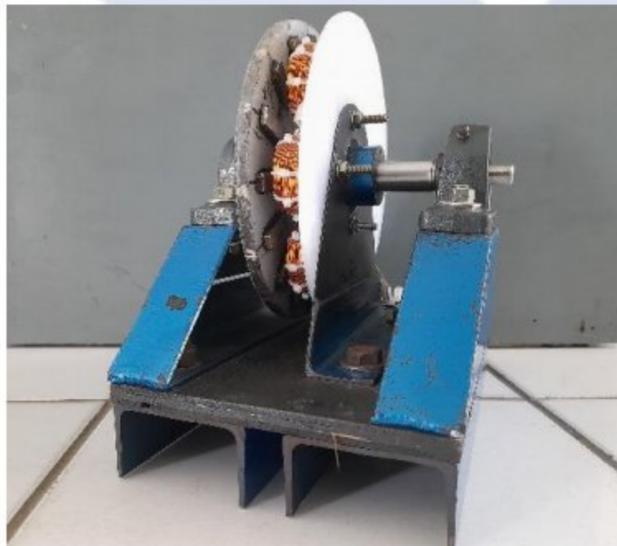
1. Banyaknya jumlah lilitan pada kumparan kawat
2. Kecepatan dari magnet permanen dalam menginduksi kumparan.
3. Kekuatan dari magnet permanen yang digunakan.

2.2. Generator Magnet Permanen

Generator magnet permanen adalah generator dengan medan magnet dihasilkan oleh magnet permanen sehingga tidak memerlukan arus DC untuk membangkitkan medan magnet. Penggunaan magnet permanen pada generator ini dapat menghasilkan medan magnet pada celah udara tanpa perlu eksitasi, dan tanpa disipasi daya listrik. Kelebihan dari menggunakan magnet permanen pada konstruksi generator adalah [3]:

- 1) Tidak ada energi listrik yang diserap sistem medan magnet sehingga tidak ada kerugian energi listrik yang artinya dapat meningkatkan efisiensi.
- 2) Menghasilkan torsi yang lebih besar dari pada yang menggunakan elektromagnetik.
- 3) Menghasilkan performa dinamis yang lebih besar (kerapatan fluks magnet lebih besar pada celah udara) dari pada yang menggunakan magnet non permanen.
- 4) Menyederhanakan konstruksi dan perawatan, mengurangi biaya pemeliharaan pada beberapa tipe mesin.

Bentuk dari generator dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini :



Gambar 2.1 Generator

2.3. Medan Magnet

Medan magnet adalah suatu daerah yang mengalami gaya magnet. Garis gaya magnet atau fluks menggambarkan adanya medan magnet. Sedangkan garis gaya magnet digambarkan dengan garis lengkung. Berikut ini adalah sifat-sifat dari garis-garis gaya magnetik [2]:

- 5) Garis-garis gaya magnet tidak pernah saling berpotongan.
- 6) Garis-garis gaya magnet selalu keluar dari kutub utara dan masuk ke kutub selatan magnet.
- 7) Garis-garis gaya magnet rapat = medan magnetnya kuat.
- 8) Garis-garis gaya magnet renggang = medan magnetnya lemah.

2.4. Fluks Magnetik

Fluks magnetik (Φ_m) adalah ukuran atau jumlah medan magnet (B) yang melewati luas penampang tertentu. Satuan fluks magnetik adalah *webber* (Wb) turunan dari volt-detik. Fluks magnetik yang melalui bidang tertentu sebanding dengan jumlah medan magnet yang melalui bidang tersebut [4]. Berikut ini adalah rumus persamaan fluks magnetik yaitu :

$$B_{mak} = B_r \cdot \frac{l_m}{l_m + \delta} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

B_r = nilai kerapatan fluks Magnet

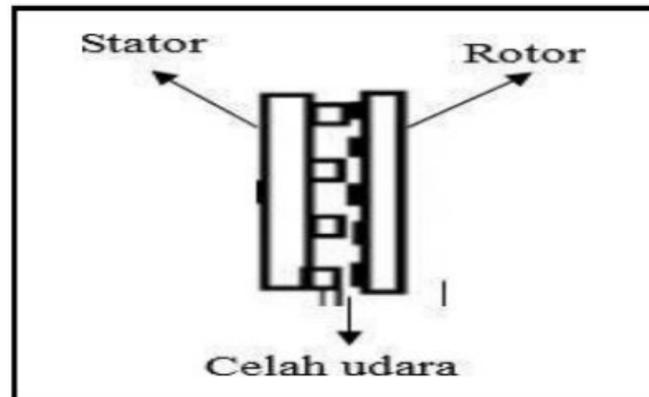
l_m = panjang magnet (m)

δ = Celah udara antara rotor dan stator

2.5. Celah Udara (δ)

Ruang antara stator dan rotor dikenal sebagai celah udara. Fluks induksi yang memotong magnet permanen pada rotor dan menghasilkan GGL terjadi pada celah udara antara kumparan kawat stator. Untuk mendapatkan hasil pekerjaan generator terbaik, jarak ini harus dipertimbangkan. Jika celah udara pada generator sinkron semakin kecil atau sempit maka tegangan akan semakin tinggi.

Hal ini disebabkan oleh perluasan medan induksi yang dihasilkan [4]. Posisi celah udara pada generator dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Posisi Celah Udara pada generator

2.6. Magnet Permanen Type Neodymium

Magnet permanen adalah magnet yang mempertahankan kekuatan magnetnya dalam jangka waktu yang lama. Magnet permanen terbuat dari bahan feromagnetik keras. Pada bahan feromagnetik ketika medan magnet eksternal secara bertahap hilang bahan tahan demagnetisasi pada rentang yang lebih panjang dari kekuatan medan magnet. Salah satu jenis magnet permanen yaitu *type Neodymium*.

Magnet permanen *type Neodymium* merupakan magnet permanen yang paling kuat. Magnet *Neodymium* juga dikenal sebagai NdFeB, NIB, atau magnet *Neo*. Magnet tersebut merupakan magnet tanah jarang yang terbuat dari campuran logam *neodymium* [5]. Magnet permanen atau magnet tetap tidak memerlukan tenaga atau bantuan dari luar untuk menghasilkan daya magnet. Magnet *Neodymium* dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.3 Magnet *Neodymium*

2.7. Arduino UNO

Arduino UNO adalah sebuah papan mikrokontroler yang memiliki 14 pin digital *input/output* (6 diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), regulator 5 volt sebagai sumber tegangan Arduino, 6 *input* analog, osilator Kristal 16 MHz untuk operasi berbasis waktu, koneksi USB untuk menghubungkan Arduino dengan komputer, *power jack* sebagai tempat catu daya eksternal untuk Arduino, ICSP header, dan tombol reset. Arduino Uno dilengkapi dengan *static random-access* memori berukuran 2 Kb data, *Sflash memory* berukuran 32 Kb dan *erasable programmable read-only* (EEPROM) untuk menyimpan program. Arduino UNO juga menyediakan UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) untuk komunikasi serial yang tersedia di pin digital 0 (RX) dan 1 (TX) [6]. Arduino UNO dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4 Arduino UNO

Berikut ini adalah spesifikasi dari Arduino UNO yang terdapat pada tabel 2.1 dibawah ini.

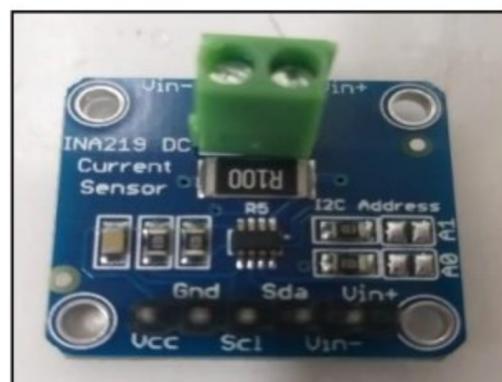
Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino UNO

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Mikrokontroler	ATmega328
2	Tegangan kerja	5V
3	Tegangan <i>input</i>	7 – 12 V

4	Jumlah pin I/O digital	14 (6 pin PWM)
5	Jumlah pin <i>input</i> analog	6
6	Arus DC tiap pin I/O	40 Ma
7	Arus DC untuk pin 3.3 V	50Ma
8	<i>Flash memory</i>	32 KB
9	SRAM	2 KB
10	EEPROM	1 KB

2.8. Sensor INA219

Sensor INA219 merupakan sensor yang dapat membaca arus dari listrik DC. Sensor ini didukung dengan kemampuan mengukur sumber beban sampai dengan 26 VDC dan arus 3,2 *ampere*. Sensor ini tidak hanya dapat mengukur arus, tetapi juga dapat mengukur tegangan lewat komunikasi I2C dengan tingkat presisi 1%. Sensor ini juga dapat menghitung daya pada beban dengan memanfaatkan perkalian hukum ohm. Besaran daya yang dapat diukur menggunakan sensor ini mencapai lebih dari 75 *watt* daya. Pada proyek akhir ini kami menggunakan sensor INA219 digunakan untuk membaca arus, tegangan dan daya pada keluaran generator. Sensor INA219 dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Sensor INA219

Berikut ini adalah fungsi dari pin sensor INA219 yang terdapat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Fungsi pin sensor INA219

No.	Nama Pin	Keterangan
1.	IN+	<i>Input positif</i>
2.	IN-	<i>Input negative</i>
3.	GND	<i>Ground</i>
4.	Vs	<i>Power supply 3-5 volt</i>
5.	SCL	Pin serial komunikasi I2C ke Arduino UNO
6.	SDA	Pin serial komunikasi I2C ke Arduino UNO

2.9. Sensor Infrared

Infrared adalah komponen elektronika yang dapat mengidentifikasi cahaya infra merah (*infrared/IR*). Sensor *infrared* saat ini ada yang dibuat khusus dalam satu modul dan dinamakan sebagai *IR Detector Photomodules*.

IR Detector Photomodules merupakan sebuah *chip* detektor infra merah digital yang di dalamnya terdapat fotodiode dan penguat (*amplifier*) dengan *output* berupa keadaan *HIGH* atau *LOW*. Konfigurasi pin *infrared* (IR) *receiver* atau penerima infra merah tipe TSOP adalah *output* (Out), Vs (VCC + 5 volt DC), dan *ground* (GND). Sensor penerima infra merah TSOP (*TEMIC Semiconductors Optoelectronics Photomodules*) memiliki fitur-fitur utama yaitu :

- Menggunakan Fotodiode sebagai IR *Receiver* (penerima sinar infra merah).
- Menggunakan rangkaian Penguat LM393.
- *Output* aktif rendah.
- Konsumsi daya rendah dengan rentang deteksi yang lumayan jauh.
- Serta mendukung logika TTL dan CMOS.

Berikut ini adalah bentuk dari sensor *infrared* yang terdapat pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6 Sensor *Infrared*

2.10. LCD 16x2

LCD 16x2 adalah modul yang menampilkan 16 karakter per baris dan ada 2 garis. Pada LCD ini setiap karakternya ditampilkan dalam matriks 5x7 piksel. LCD 16x2 ini juga memiliki dua register yaitu, *command* dan data. Register perintah menyimpan instruksi perintah yang diberikan kepada LCD. Perintah adalah instruksi yang diberikan kepada tugas yang telah ditentukan LCD seperti menginisialisasi, membersihkan layarnya, mengatur posisi kursor, mengontrol tampilan dan lainnya. Sedangkan register data menyimpan data yang akan ditampilkan pada LCD, data ASCII ditampilkan pada LCD [9]. LCD 16x2 pada gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7 LCD 16x2

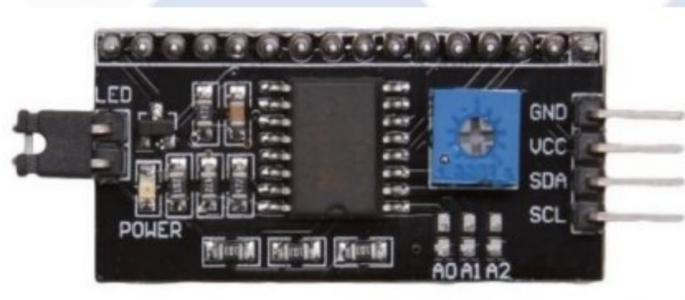
Berikut ini adalah fungsi dari pin-pin pada konfigurasi dari LCD 16x2 yaitu [10] :

1. Pin DATA dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti *Microcontroller* dengan lebar data 8 bit.
2. Pin RS (*Register Select*) berfungsi sebagai indikator atau yang

menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika *low* menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika *high* menunjukkan data.

3. Pin R atau W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data.
4. Pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
5. Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan variabel resistor 5 kOhm, jika tidak digunakan dihubungkan ke *ground*, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt.

Inter Integrated Circuit (I2C) adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. I2C tidak hanya digunakan pada komponen yang terletak pada satu *board*, tetapi juga digunakan untuk menghubungkan komponen yang terhubung melalui kabel [10]. Modul *Inter Integrated Circuit* (I2C) dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8 Bus I2C

Berikut ini adalah fitur-fitur signifikan dari bus I2C yaitu [10] :

1. Hanya 2 jalur/kabel yang dibutuhkan.
2. Tidak ada aturan *baud rate* yang ketat seperti pada RS232, di bus ini IC yang berperan sebagai master akan mengeluarkan bus *clock*.
3. Hubungan master/*slave* berlaku antara komponen satu dengan yang lain,

setiap perangkat yang terhubung dengan bus mempunyai alamat unik yang diset melalui *software*.

4. IC yang berperan sebagai master mengontrol seluruh jalur komunikasi dengan mengatur *clock* dan menentukan siapa yang menggunakan jalur komunikasi. Jadi IC yang berperan sebagai *slave* tidak akan mengirim data kalau tidak diperintah oleh Master.
5. I2C merupakan bus yang mendukung multimaster yang mempunyai kemampuan arbitrase dan pendeteksi tabrakan data.

2.11. Keypad 4x4

Keypad 4x4 merupakan serangkaian tombol yang berfungsi untuk memberi sinyal pada suatu rangkaian dengan menghubungkan jalur-jalur tertentu. *Keypad* terdiri dari sejumlah saklat atau tombol yang terhubung sebagai baris dan kolom yang biasanya disusun secara matriks 4x4. Dalam susunan *keypad* ini terdapat 4 buah kolom (C1, ..., C4) dan 4 buah baris (R1, ..., R4); salah satu kaki saklar akan terhubung dengan salah satu kolom dan kaki yang lainnya akan terhubung dengan salah satu baris. Kolom dan baris dihubungkan ke *port* mikrokontroler, jika saklar ditekan, maka akan menghubungkan baris dan kolom yang terhubung kepadanya. Pembacaan baris dilakukan dengan membuat semua kolom berada di logika rendah. Pada saat ini port yang terhubung ke kolom berfungsi sebagai *output* dan *port* yang dihubungkan ke baris akan berfungsi sebagai *input*[10]. *Keypad* matriks 4x4 dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9 Keypad 4x4

2.12. *Switch – Mode Power Supply*

Switch-Mode Power Supply (SMPS) merupakan jenis *Power Supply* yang langsung menyearahkan (*rectify*) dan menyaring (*filter*) tegangan *Input AC* untuk mendapatkan tegangan DC untuk di-*switch ON* dan *OFF* pada frekuensi tinggi dengan sirkuit frekuensi tinggi sehingga menghasilkan arus AC yang dapat melewati transformator frekuensi tinggi. *Power Supply* 12V 3A dapat dilihat pada gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10 *Switch – Mode Power Supply* 12V

Berikut ini merupakan spesifikasi dari *Switch-Mode Power Supply* 12V 3A yang terdapat pada tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Spesifikasi *Switch-Mode Power Supply* 12V

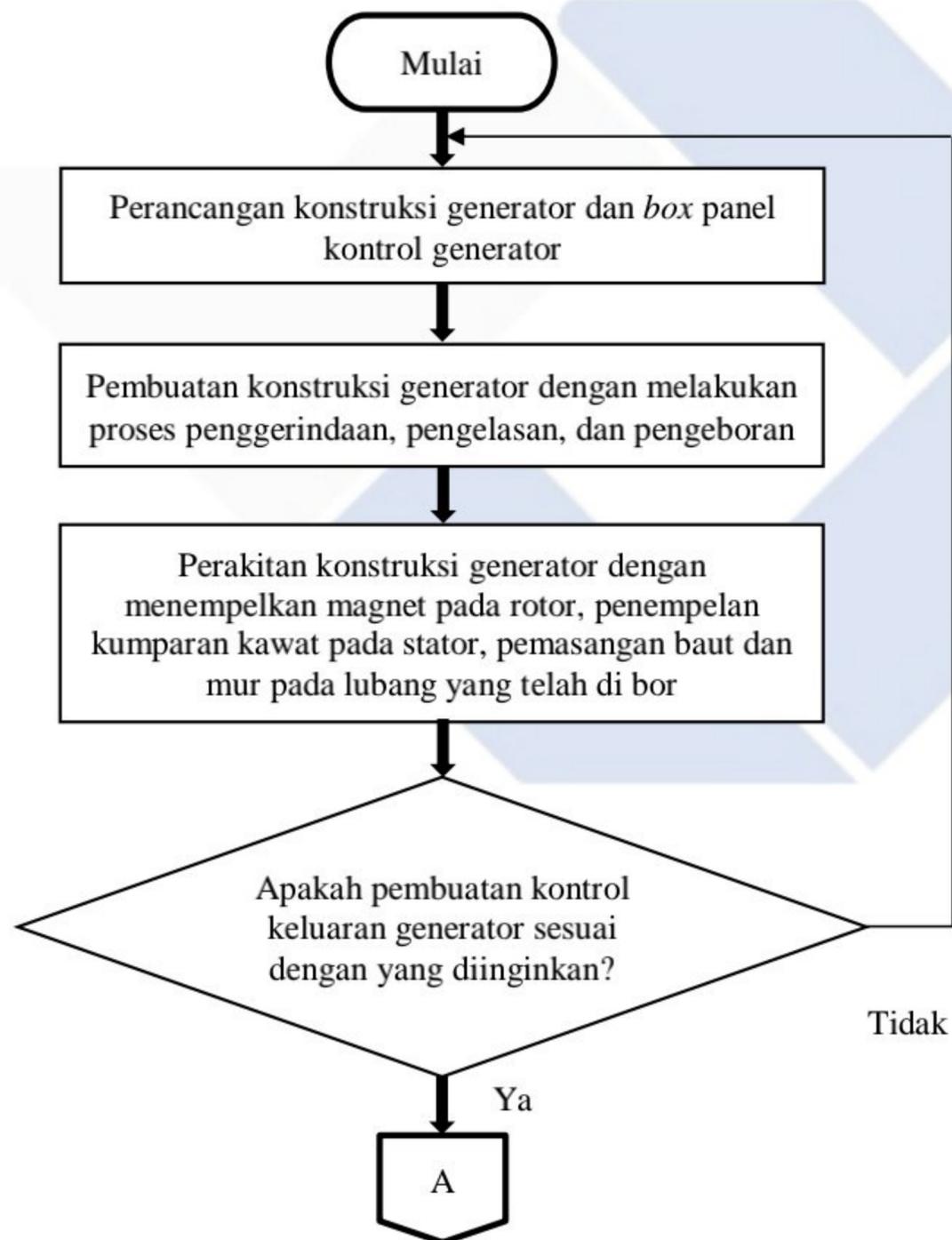
No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Sumber Tegangan <i>input</i>	110 - 220 VAC
2.	Tegangan <i>output</i>	12 VDC
3.	Dimensi	8.5 x 5.8 x 3.4 cm

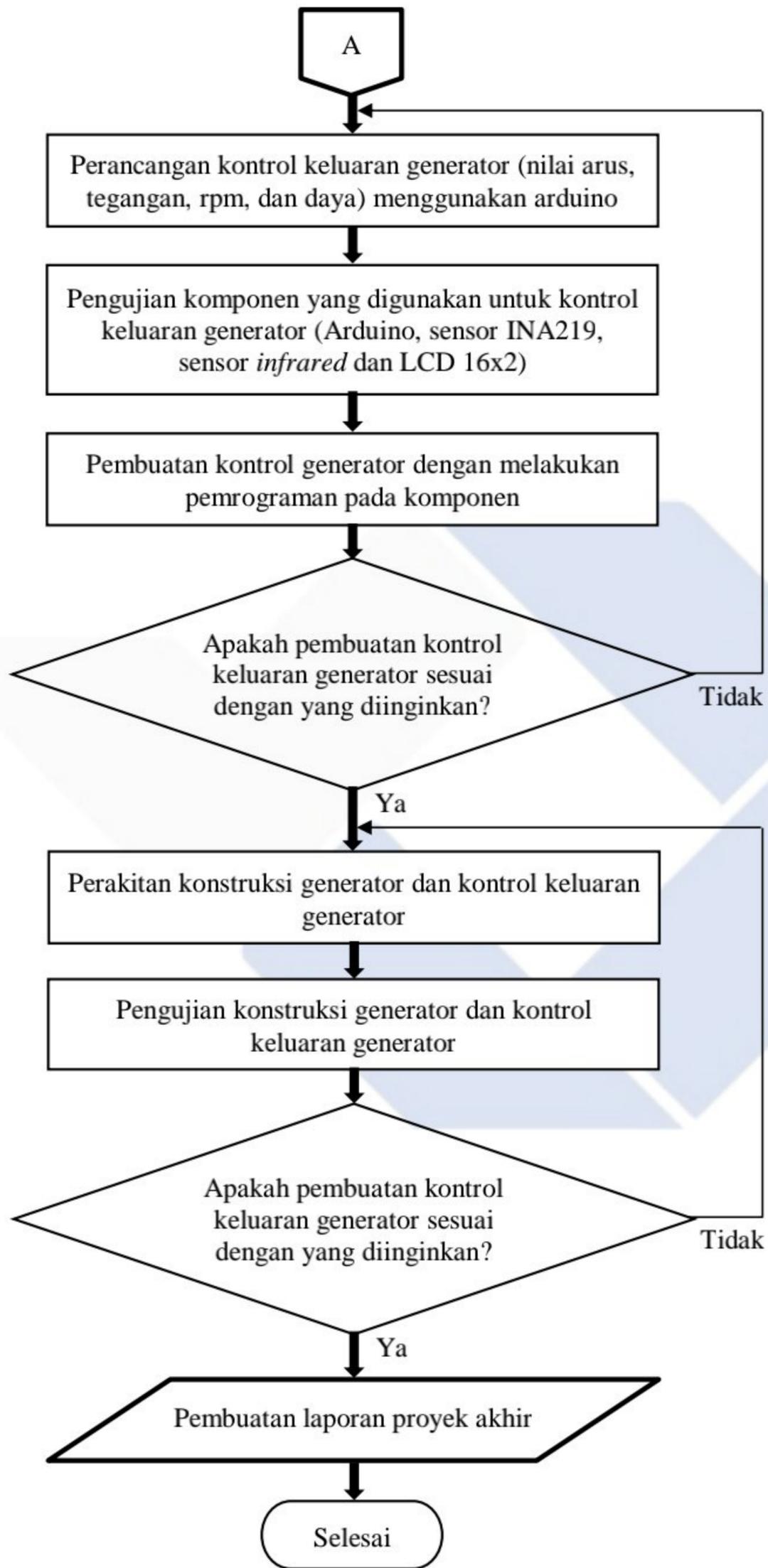
BAB III

METODE PELAKSANAAN

3.1. *Flow Chart* Perancangan dan Pembuatan Alat

Pembuatan proyek akhir ini yang berjudul “Prototipe Generator Magnet Permanen *Single Magnet* untuk Meningkatkan Daya Keluaran pada Generator” memiliki beberapa tahap dalam pembuatannya. Berikut adalah tahapan pelaksanaannya pada gambar dibawah ini.





Gambar 3.1 *Flowchart* Perancangan dan Pembuatan Alat

3.2. Pengumpulan Data dan Pengolahan Data Proyek Akhir

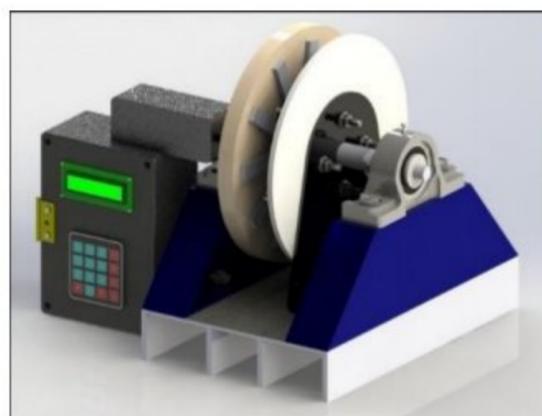
Pengolahan dan pengumpulan data bertujuan untuk mendapatkan informasi berupa materi mengenai tugas proyek akhir tersebut. Pada proses pengumpulan didapatkan dari referensi beberapa sumber yaitu jurnal, buku, makalah proyek akhir kakak tingkat, dosen pembimbing, internet, dan lainnya.

3.3. Perancangan Konstruksi Generator dan Kontrol Keluaran Generator

Perancangan alat berupa konstruksi generator dan kontrol keluaran dari generator bertujuan untuk memudahkan dalam proses pembuatan proyek akhir ini sesuai dengan keinginan. Hal-hal yang dilakukan dalam proses perancangan konstruksi alat yaitu mendesain rotor, stator, *shaft*, kaki tumpuan *shaft* dan alas bawah pada generator dan membuat program untuk menampilkan pada LCD 16x2 berupa nilai tegangan, arus, kecepatan putaran dan daya.

3.3.1. Desain Konstruksi Generator

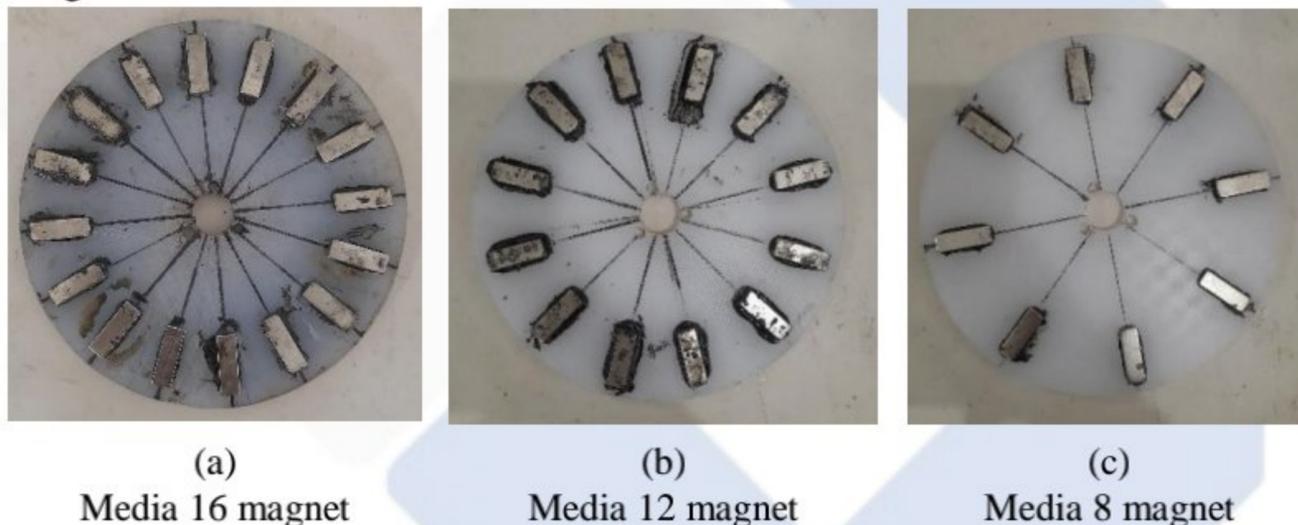
Pada pembuatan desain konstruksi generator menggunakan *software Inventor*. Kemudian kami menentukan peralatan apa saja yang akan digunakan dalam pembuatan konstruksi generator seperti rotor, stator, *shaft*, kaki tumpuan *shaft*, alas bawah generator, dan piringan pembacaan kecepatan putaran (rpm). Berikut ini adalah desain dari konstruksi generator proyek akhir kami seperti pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Desain Konstruksi Generator

3.3.2. Pembuatan Konstruksi Rotor

Rotor merupakan bagian dari generator yang berputar. Rotor terbuat dari piringan plastik berbentuk lingkaran yang akan ditempelkan 16 magnet, 12 magnet dan 8 magnet permanen. Ukuran dari piringan rotor tersebut berdiameter 200 mm, sedangkan ukuran magnetnya 30 x 10 x 5 mm. Ukuran lingkaran lubang tengah pada rotor yaitu 21 mm. Pada proses pembuatan konstruksi rotor dilakukan pemotongan pada piringan plastik sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Lalu dilakukan pengeboran untuk membuat lubang tengah pada piringan rotor tersebut. Kemudian dilakukan penempelan magnet pada rotor menggunakan lem *dextone*. Berikut ini adalah gambar rotor yang ditunjukkan pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Bentuk Konstruksi Rotor

Berikut ini adalah hal-hal yang diperlukan dalam membuat rotor pada generator dengan menggunakan magnet permanen :

3.3.2.1. Menentukan jenis magnet

Magnet permanen yang digunakan dalam pembuatan rotor adalah jenis magnet NdFeb (*Neodymium-Iron-Boron*). Magnet ini memiliki B_{hmax} (*Maximum energy product*) paling tinggi yaitu hingga 380 kJ/m^3 . Jenis-jenis dari magnet NdFeb sangat bervariasi. Pada proyek akhir ini kami menggunakan magnet tipe NdFeb N52 Ni berukuran 30 x 10 x 5 (mm) berbentuk balok.

Berikut ini adalah tabel jenis magnet tetap dan tingkat kekuatannya [11] :

Tabel 3.1 Jenis Magnet

NO	Jenis Magnet	Keterangan
1.	Magnet <i>Neodymium grade</i> N52	Magnet tetap yang paling kuat dengan BHmax
2.	Magnet <i>Neodymium grade</i> N35	Magnet tetap kuat yang kekuatannya berada dibawah magnet <i>neodymium grade</i> N52
3.	Magnet <i>Samarium-Cobalt</i>	Magnet tetap kuat yang kekuatannya berada dibawah magnet <i>neodymium grade</i> N35. Terbuat dari paduan samarium
4.	Magnet Keramik	Magnet yang tersusun dari senyawa anorganik bukan logam

3.3.2.2. Menentukan jumlah magnet

Berikut ini adalah rumus persamaan standar untuk menghitung jumlah magnet dari generator dengan frekuensi 50 Hz dan kecepatan 375 rpm yaitu[1]:

$$P = \frac{120 \cdot f}{n} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$P = \frac{120 \cdot 50}{375}$$

$$P = 16 \text{ kutub}$$

Jika menggunakan kecepatan 500 rpm dan jumlah magnet 16 kutub, maka rumus persamaan yang didapat adalah :

$$f = \frac{n \cdot P}{120} \dots\dots\dots (3.2)$$

$$f = \frac{16 \cdot 500}{120}$$

$$f = 67 \text{ Hz}$$

jadi, ketika kecepatan rpm bertambah dengan jumlah kutub magnet yang sama, maka frekuensi akan lebih besar.

Keterangan :

n = kecepatan (rpm)

f = frekuensi

p = jumlah kutub magnet pada rotor

3.3.2.3. Menentukan jarak antar magnet (A)

Berikut ini adalah rumus persamaan untuk mencari nilai dari A (jarak antar magnet) pada rotor untuk menentukan jarak penempelan 16 magnet yang terdapat pada persamaan 3.3 dibawah ini [1].

$$A = \sin \frac{360}{16} \times b \dots\dots\dots (3.3)$$

$$A = \sin 22,5^\circ \times 3 \text{ cm}$$

$$A = 1,14 \text{ cm}$$

Keterangan :

A = jarak antar magnet (cm)

b = panjang magnet (cm)

3.3.2.4. Menghitung luas magnet (L(magnet))

Berikut ini adalah persamaan untuk menghitung luas magnet permanen yang akan digunakan dengan panjang magnet 30 mm dan lebar 10 mm yaitu :

$$L(\text{magnet}) = p \times l \dots\dots\dots (3.4)$$

$$L(\text{magnet}) = 0,03 \text{ m} \times 0,01 \text{ m}$$

$$L(\text{magnet}) = 0,0003 \text{ m}^2$$

Keterangan :

p = panjang magnet (m)

l = lebar magnet (m)

3.3.2.5. Menghitung kerapatan fluks magnet maksimum (B_{max})

Berikut ini adalah persamaan untuk menghitung kerapatan fluks magnet maksimum (B_{max}) dari magnet permanen *type Neodymium N52* dengan panjang magnet 30 mm, celah udara rotor dengan stator 0,02 m yang mana telah ditentukan dan disesuaikan dengan ukuran badan *shaft* generator. Nilai kerapatan fluks magnet (B_r) 1,144 Tesla yaitu :

$$B_{max} = B_r \cdot \frac{L_m}{L_m + \delta} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$B_{max} = 1,144 \text{ T} \cdot \frac{0,03}{0,03 + 0,02 \text{ m}}$$

$$B_{max} = 0,6636 \text{ T}$$

Keterangan :

B_r = densitas fluks magnet (Tesla) atau nilai B_r dari magnet *neodymium N52*

L_m = panjang magnet (m)

δ = celah udara rotor dengan stator

3.3.2.6. Menghitung fluks magnet maksimum (Φ_{max})

Berikut ini adalah persamaan untuk menghitung fluks magnet maksimum (Φ_{max}) dari magnet permanen *type Neodymium N52* yaitu :

$$\Phi_{max} = L_{magnet} \times B_{max} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$\Phi_{max} = 0,0003 \text{ m}^2 \times 0,6636 \text{ T}$$

$$\Phi_{max} = 0,00009 \times 0,6636 \text{ T}$$

$$\Phi_{max} = 0,0000597 \text{ webber}$$

Keterangan :

L_{magnet} = luas magnet (m^2)

B_{max} = kerapatan fluks magnet maksimum (Tesla)

3.3.3. Pembuatan Konstruksi Stator

Stator merupakan bagian dari generator yang diam. Stator terbuat dari piringan plastik berbentuk lingkaran berdiameter 200 mm yang akan ditempelkan serangkaian kumparan kawat yang dibelit. Jumlah dari kumparan kawat tersebut yaitu 8 kumparan kawat. Jumlah lilitan pada satu kumparan kawat stator yaitu 570 lilitan perkumparan dengan ukuran kawat 0.5 mm. Lubang tengah pada stator berukuran 40 mm. Pada pembuatan stator kami melakukan proses pemotongan pada kayu sesuai dengan ukuran yang diinginkan, lalu melakukan pembelitan kawat untuk membuat kumparan kawat pada stator. Setelah itu melakukan penempelan kumparan kawat tersebut pada stator menggunakan lem *glu gun*. Kemudian kami membuat tiang penyangga dari stator yang terbuat dari besi L dan plat besi. Berikut adalah stator yang telah dibuat terdapat pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 Bentuk konstruksi Stator

Berikut ini adalah bentuk dari tiang penyangga stator yang terdapat pada gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5 Tiang Penyangga Stator

Berikut ini adalah hal-hal yang diperlukan dalam membuat stator pada generator magnet permanen :

Menentukan jumlah lilitan kumparan stator

$$E_{max} = \frac{2\pi f N_s \Phi_{max}}{\sqrt{2}} \dots \dots \dots (3.7)$$

$$8 \text{ volt} = \frac{2\pi \times 60 \times N_s \times 0,0000597}{\sqrt{2}}$$

$$8 \text{ volt} = 444063 \times N_s \times 67 \times 0,0000597 \times 8$$

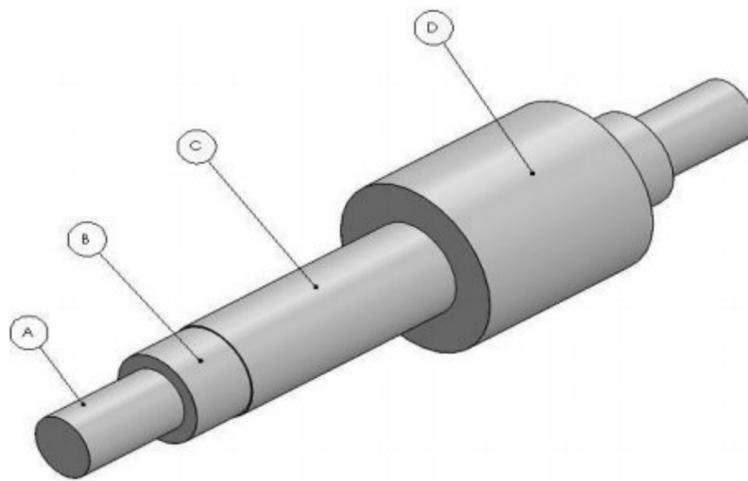
$$N_s = 569 \text{ lilitan}$$

Keterangan :

- N = jumlah lilitan kumparan
- F = frekuensi (Hz)
- Φ_{max} = fluks magnet maksimum (*webber*)
- Ns = jumlah kumparan
- Nph = jumlah fasa

3.3.4. Perancangan dan Pembuatan Konstruksi Shaft

Shaft merupakan suatu komponen alat berupa logam yang dijadikan sebagai poros tempat berdirinya rotor dan stator. *Shaft* terbuat dari bahan aluminium yang anti karat dengan ukuran panjang 200 mm dan lebarnya 40 mm. Rancangan dan juga fungsi *shaft* pada generator dapat dilihat pada gambar 3.6 dibawah ini:



Gambar 3.6 Rancangan *Shaft*

Pada bagian A merupakan batas *block bearing* agar rotor dapat berputar dengan baik. Pada bagian B merupakan batas rotor agar saat berputar rotor tidak menyentuh *block bearing*. Pada bagian C merupakan bagian badan *shaft* yang digunakan untuk meletakkan stator yang berada ditengah antara kedua rotor. Bagian D merupakan penyambung antara kedua rotor.

Pada pembuatan *shaft* dilakukan dengan menggunakan proses pembubutan dengan ukuran yang sesuai pada gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.7 *Shaft* Generator

3.3.5. Pembuatan Alas Bawah Generator

Alas bawah pada generator berfungsi untuk dudukan dari tiang penyangga. Alas bawah ini terbuat dari kayu dengan ukuran 300 mm x 200 mm. Sedangkan dibawah alas kayu tersebut terdapat besi U berukuran 300 x 200 mm yang berfungsi sebagai pemberat untuk generator AC tersebut. Pada pembuatan alas bawah ini menggunakan proses penggerindaan dan pengamplasan. Dalam pemasangan baut dilakukan dengan proses pengeboran. Berikut ini adalah

bentuk konstruksi alas bawah dari generator AC yang terdapat pada gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.8 Alas bawah generator

3.3.6. Pembuatan Kaki Tumpuan *Shaft*

Tiang penyangga merupakan bagian generator yang berfungsi untuk dudukan dari *bearing* dan *shaft*, yang terbuat dari besi L berukuran 40 mm x 40 mm yang disambungkan dengan proses pengelasan. Dan pemotongan dengan proses penggerindaan. Berikut ini adalah bentuk dari tiang penyangga konstruksi generator AC yang terdapat pada gambar 3.9 dibawah ini.



Gambar 3.9 Kaki Tumpuan *Shaft*

3.3.7. Pembuatan *Box* Kontrol Keluaran Generator

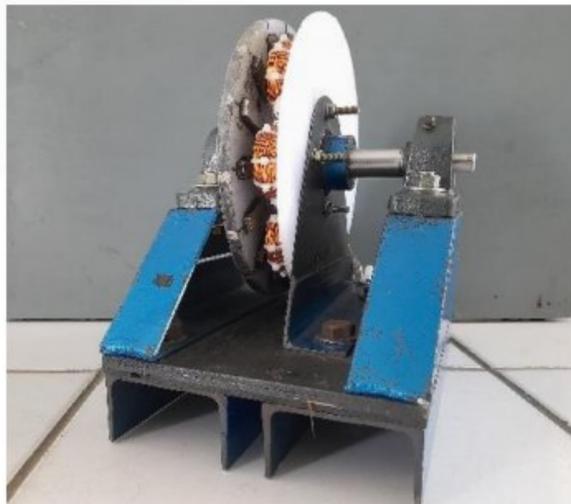
Pada pembuatan *box* kontrol keluaran generator melakukan proses pengeboran pada *box*. *Box* terbuat dari kotak plastik berwarna hitam berukuran 18 x 11.5 cm. Berikut ini adalah bentuk dari *box* kontrol keluaran generator yang terdapat pada gambar.3.10 dibawah ini.



Gambar 3.10 *Box* Kontrol Keluaran Generator

3.3.8. Perakitan Konstruksi Generator

Pada bagian ini adalah proses dari perakitan maupun penggabungan dari semua bagian-bagian konstruksi generator proyek akhir. Proses ini dilakukan dengan pemasangan baut untuk penggabungan konstruksi generator tersebut. Berikut ini bentuk dari konstruksi generator proyek akhir kami yang terdapat pada gambar 3.11 dibawah ini.



Gambar 3.11 Konstruksi Generator

3.4. Pengujian Komponen Kontrol Keluaran Generator

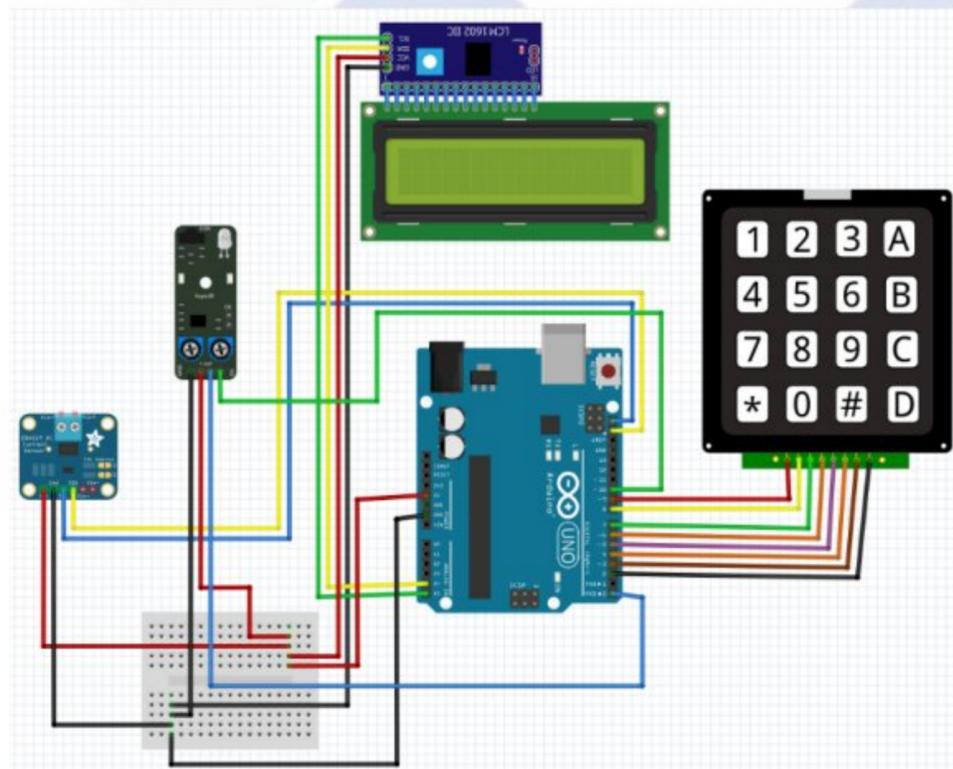
Pengujian komponen yang digunakan pada kontrol keluaran generator bertujuan untuk dapat mengetahui kondisi komponen yang akan digunakan dalam kondisi baik maupun rusak untuk digunakan.

3.5. Pembuatan Kontrol Keluaran Generator

Berikut adalah proses pembuatan dari kontrol keluaran generator AC proyek akhir kami. Pada kontrol dari alat proyek akhir kami terdapat komponen seperti : Arduino UNO, sensor INA219, sensor *Infrared*, LCD 16x2, power supply 12 VDC, dan juga keypad 4x4. Proses pembuatan kontrol dimulai dari pengecekan sensor INA219, pengecekan sensor *Infrared*, perancangan sistem kontrol, pemograman sistem kontrol dan perakitan dari kontrol keluaran generator tersebut.

3.5.1. Desain Kontrol Keluaran Generator

Pada proses perancangan desain kontrol keluaran generator kami melakukan perancangan untuk peletakkan komponen-komponen dan pemasangan pin-pin dari komponen tersebut. Pada perancangan sistem kontrol komponen yang digunakan yaitu Arduino UNO, sensor INA219, sensor *infrared*, LCD 16x2, *keypad* 4x4 dan lainnya. Berikut ini adalah desain dari kontrol keluaran generator proyek akhir yang terdapat pada gambar 3.12 dibawah ini.



Gambar 3.12 Desain Kontrol

3.5.2. Perakitan Komponen Kontrol Keluaran Generator

Pada saat perakitan sistem kontrol kami melakukan proses pemasangan komponen kedalam *box*. Berikut ini adalah bentuk dari *box* kontrol keluaran generator proyek akhir kami yang terdapat pada gambar 4.15 dibawah ini.



Gambar 3.13 Komponen Kontrol Generator

3.6. Pengujian Konstruksi Generator dan Kontrol Keluaran Generator

Proses pengujian alat bertujuan untuk melihat apakah kondisi alat sudah sesuai dengan fungsinya masing-masing maupun sesuai dengan target keinginan tugas proyek akhir ini. Dalam pengujian alat hal-hal yang dilakukannya itu pengujian putaran yang dihasilkan rotor pada generator tersebut, pengujian kontrol keluaran generator berupa nilai arus dan tegangan pada generator yang dihasilkan dari generator tersebut.

3.7. Perbaikan Alat

Pada proses perbaikan alat bertujuan untuk memperbaiki kegagalan maupun kekurangan dari alat proyek akhir tersebut sehingga dapat diperbaiki sesuai keinginan yang ingin dicapai. Hal ini dilakukan apabila pada saat pengujian alat mengalami kegagalan maupun kekurangan pada alat tersebut. Setelah diperbaiki maka alat tersebut dilakukan pengujian alat kembali sampai alat proyek akhir tersebut berhasil.

3.8. Pembuatan Laporan

Setelah semua alat selesai dibuat dan telah berhasil melakukan pengujian alat, maka proses yang terakhir yaitu melakukan pembuatan laporan proyek akhir tersebut. Laporan proyek akhir ini bertujuan untuk merangkum keseluruhan materi mengenai alat proyek akhir yang telah dibuat dan berisi tentang proses pengerjaan proyek akhir dari awal pengerjaan hingga akhir pengerjaan.

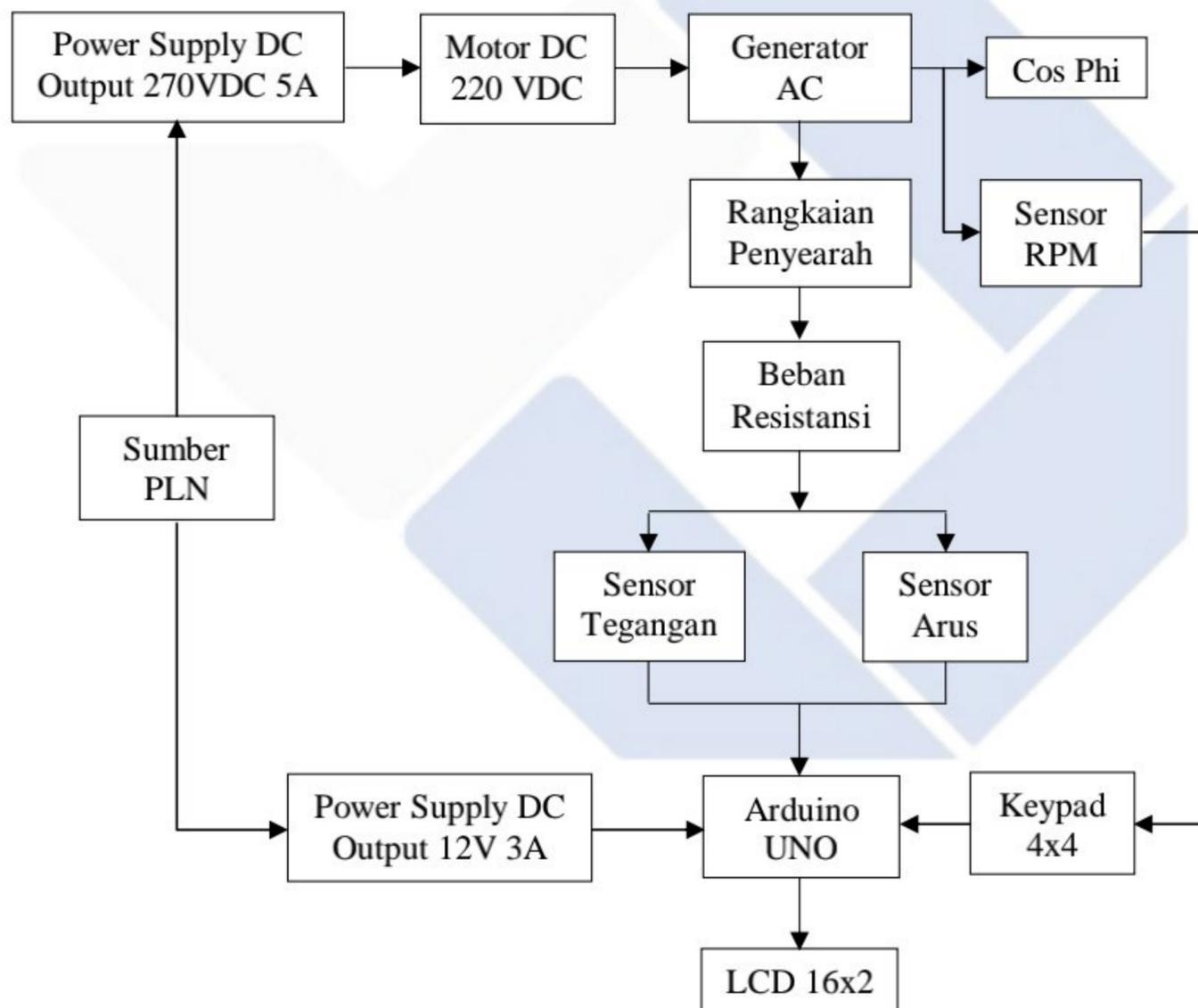


BAB IV

PEMBAHASAN

4.1. Diagram Blok

Berikut adalah diagram blok dari proyek akhir penulis yang berjudul “Prototipe Generator Magnet Permanen *Single Magnet* untuk Meningkatkan Daya Keluaran pada Generator” yang ditunjukkan pada gambar 4.1.



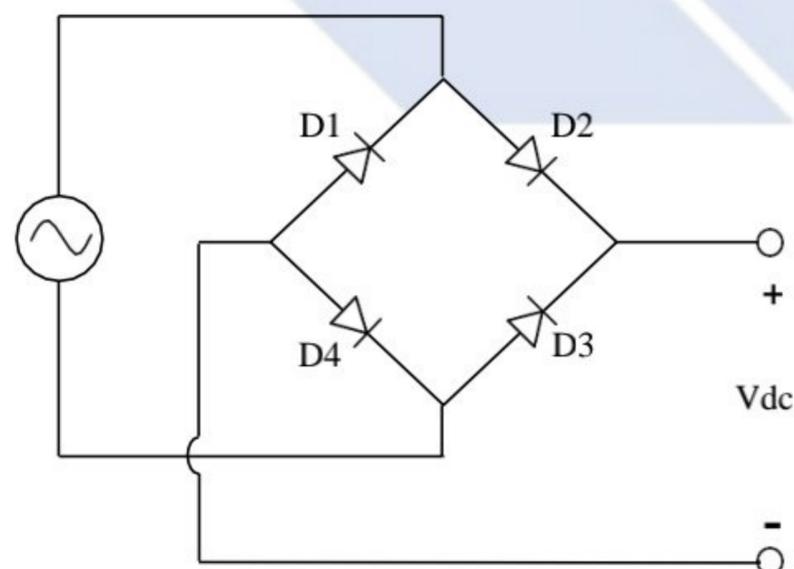
Gambar 4.1 Diagram Blok Prinsip Kerja Prototipe Generator AC

4.2. Prinsip Kerja

Prinsip kerja dari proyek akhir yang berjudul “Prototipe Generator Magnet Permanen *Single Magnet* untuk Meningkatkan Daya Keluaran pada Generator” yaitu pada saat motor DC 220 VDC menggerakkan rotor generator AC tersebut akan berputar sehingga dapat menghasilkan energi listrik yang disebabkan oleh fluks medan magnet yang membentuk GGL induksi pada stator. Keluaran dari generator tersebut berupa tegangan AC. Nilai keluaran dari generator tersebut kami ubah menjadi nilai arus dan tegangan DC. Setelah itu nilai arus dan tegangan akan dibaca oleh sensor arus INA219, nilai RPM akan dibaca oleh sensor *infrared*. Sedangkan nilai daya dihasilkan dari perkalian antara nilai tegangan dan nilai arus pada sensor INA219. Setelah terbaca nilai tersebut diolah oleh Arduino UNO dan ditampilkan pada LCD 16x2.

4.3. Penyearah Jembatan Gelombang Penuh

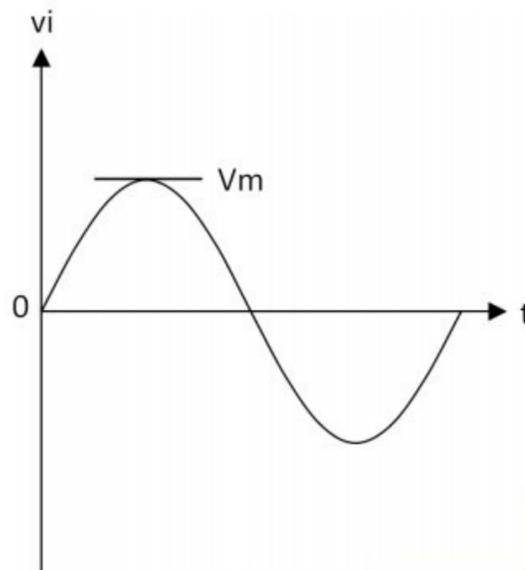
Untuk menghasilkan keluaran DC dengan masukan AC, salah satunya dapat menggunakan penyearah jembatan gelombang penuh (*full wave bridge rectifier*). Penyearah jembatan gelombang penuh menggunakan empat buah dioda yang disusun dengan konfigurasi *bridge* seperti ditunjukkan pada gambar 4.2 [12].



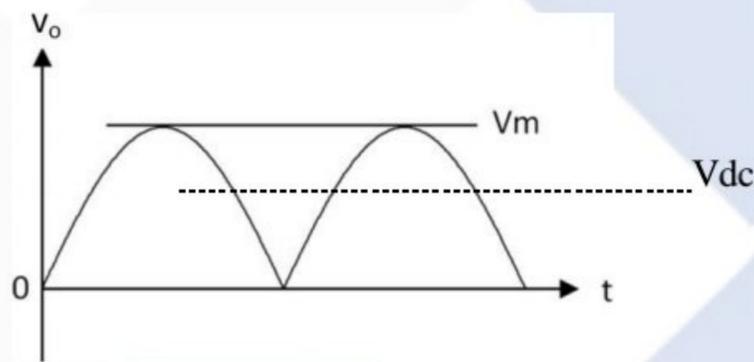
Gambar 4.2 Penyearah Jembatan Gelombang Penuh

Bentuk gelombang masukan AC ditunjukkan pada gambar 4.3 Pada siklus positif,

arus mengalir melalui dioda D2 dan D4 lalu pada siklus negatif, arus mengalir melalui dioda D3 dan D1. Proses ini kemudian menghasilkan keluaran DC seperti ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.3 Bentuk Gelombang Masukan AC



Gambar 4.4 Bentuk Gelombang Keluaran Penyearah Jembatan Gelombang Penuh

Besar tegangan rata-rata keluaran DC dapat diperoleh melalui pendekatan yang direpresentasikan oleh persamaan (4.1) [13].

$$V_{dc} = 0,636 \cdot V_m \dots\dots\dots (4.1)$$

dimana:

V_{dc} : tegangan DC rata-rata hasil keluaran penyearah (V)

V_m : tegangan maksimum/puncak dari masukan AC (V)

Untuk penyearah yang menggunakan dioda tidak ideal, pada kondisi dimana $V_m \gg 2V_T$, secara lebih akurat besar tegangan rata-rata DC keluaran penyearah ini dapat diperoleh menggunakan persamaan (4.2).

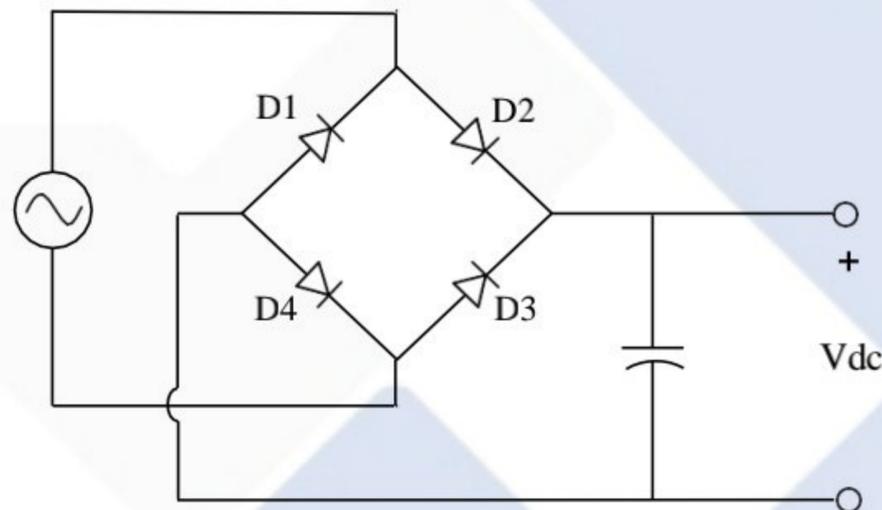
$$V_{dc} = 0,636 \cdot (V_m - 2V_T) \dots\dots\dots (4.2)$$

dimana:

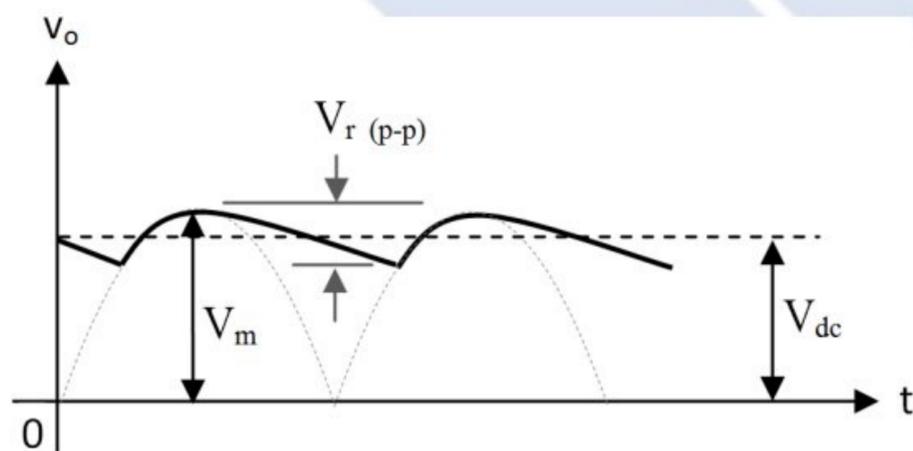
V_T = tegangan *threshold* dioda (0.7 V untuk dioda silikon)

4.3.1. Penyearah Jembatan Gelombang Penuh dengan Kapasitor

Penambahan kapasitor pada penyearah jembatan gelombang penuh bertujuan untuk menghasilkan gelombang keluaran DC yang lebih halus. Karakteristik kapasitor yang dapat melakukan pengisian dan pengosongan muatan dapat mengurangi tegangan *ripple* pada gelombang keluaran penyearah ini. Kapasitor yang ditambahkan pada penyearah terhubung secara paralel dengan beban seperti ditunjukkan pada gambar 4.5 [12].



Gambar 4.5 Penyearah Jembatan Gelombang Penuh dengan Kapasitor



Gambar 4.6 Bentuk Gelombang Keluaran Penyearah Jembatan Gelombang Penuh dengan Kapasitor

Hasil keluaran penyearah jembatan gelombang penuh dengan penambahan kapasitor ditunjukkan pada gambar 4.6. Pada gambar 4.6 terdapat tegangan

keluaran (V_{dc}) dimana nilainya dapat diperoleh menggunakan persamaan (4.3) [13].

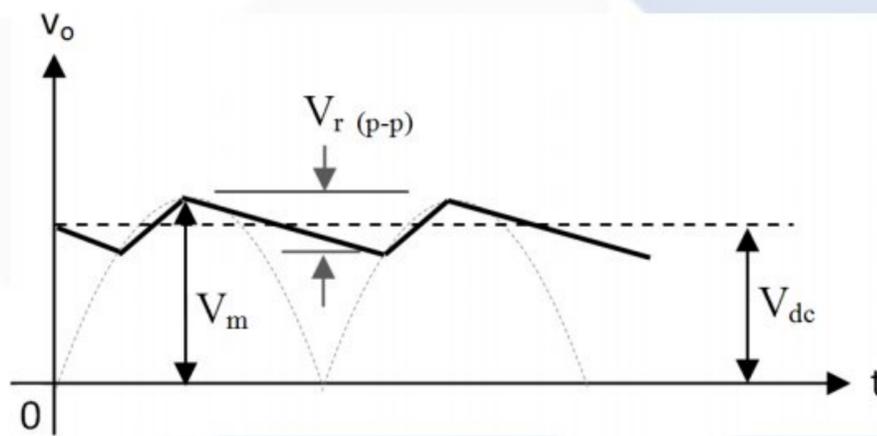
$$V_{dc} = V_m \frac{V_{r(p-p)}}{2} \dots \dots \dots (4.3)$$

Dengan menggunakan pendekatan bahwa tegangan *ripple* pada gelombang keluaran berbentuk segitiga seperti ditunjukkan pada gambar 2.10, maka tegangan *ripple* rms ($V_{r(rms)}$) dapat direpresentasikan oleh persamaan (2.18).

$$V_{r(rms)} = \frac{V_{r(p-p)}}{2\sqrt{3}} \dots \dots \dots (4.4)$$

atau

$$\frac{V_{r(p-p)}}{2} = V_{r(rms)} \cdot \sqrt{3} \dots \dots \dots (4.5)$$



Gambar 4.7 Pendekatan Tegangan *Ripple* dengan Bentuk Segitiga

Sedangkan perhitungan nilai $V_{r(rms)}$ dapat menggunakan persamaan (4.6).

$$V_{r(rms)} = \frac{I_{dc}}{4\sqrt{3}fC} \dots \dots \dots (4.6)$$

dimana:

I_{dc} : arus yang melalui beban (mA)

f : frekuensi sistem (Hz)

C : nilai kapasitansi dari kapasitor (μF)

Sehingga, dengan mengombinasikan persamaan (4.3) dengan persamaan (4.6), maka :

$$\frac{V_{r(p-p)}}{2} = \frac{I_{dc}}{4\sqrt{3}fC} \sqrt{3}$$

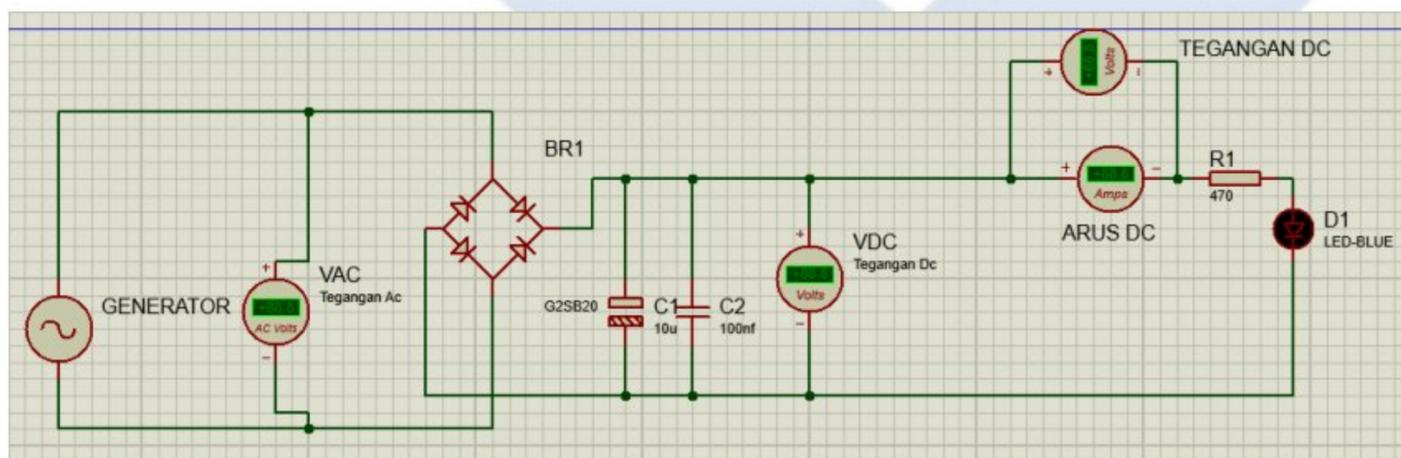
$$\frac{V_{r(p-p)}}{2} = \frac{I_{dc}}{4fC}$$

Dengan demikian, persamaan (4.3) dapat ditulis kembali menjadi:

$$V_{dc} = V_m \cdot \frac{I_{dc}}{4fC}$$

4.4. Pengujian Konstruksi Generator

Pada pengujian dari konstruksi mekanik generator kami menggunakan motor DC 220 VDC untuk menggerakkan generator magnet permanen proyek akhir kami. Disini kami hanya melihat tegangan yang dihasilkan oleh generator tersebut. Dengan menggunakan 3 media magnet yang berbeda yaitu 16, 12 dan 8 magnet permanen berukuran 30 x 10 x 5 mm dan 8 kumparan dengan 570 lilitan. Gambar di bawah ini adalah gambar rangkaian dari alat proyek akhir kami.



Gambar 4.8 Rangkaian alat proyek akhir

Komponen yang digunakan pada rangkaian *box* kontrol generator yaitu :

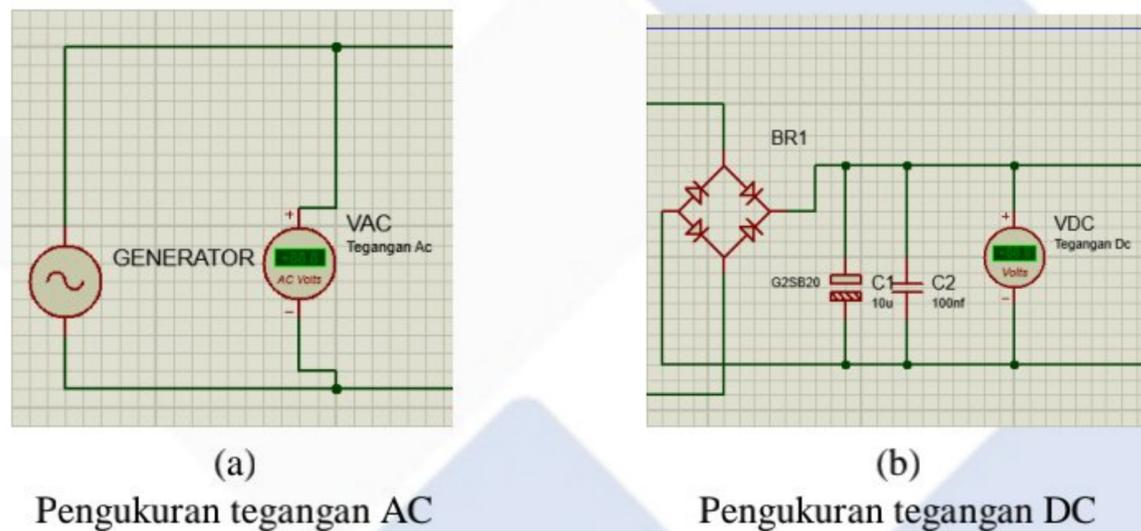
1. Dioda *Bridge* IN4007

2. Kapasitor 10 uf
3. Kapasitor 100 nf
4. Resistor 470 ohm
5. LED biru

Berikut ini adalah hasil dari pengujian kontruksi generator proyek akhir yaitu :

a. Pengujian Generator Tanpa Beban

Pada pengujian generator tanpa beban, pengukuran tegangan AC dan tegangan DC dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.9 Pengukuran generator tanpa beban

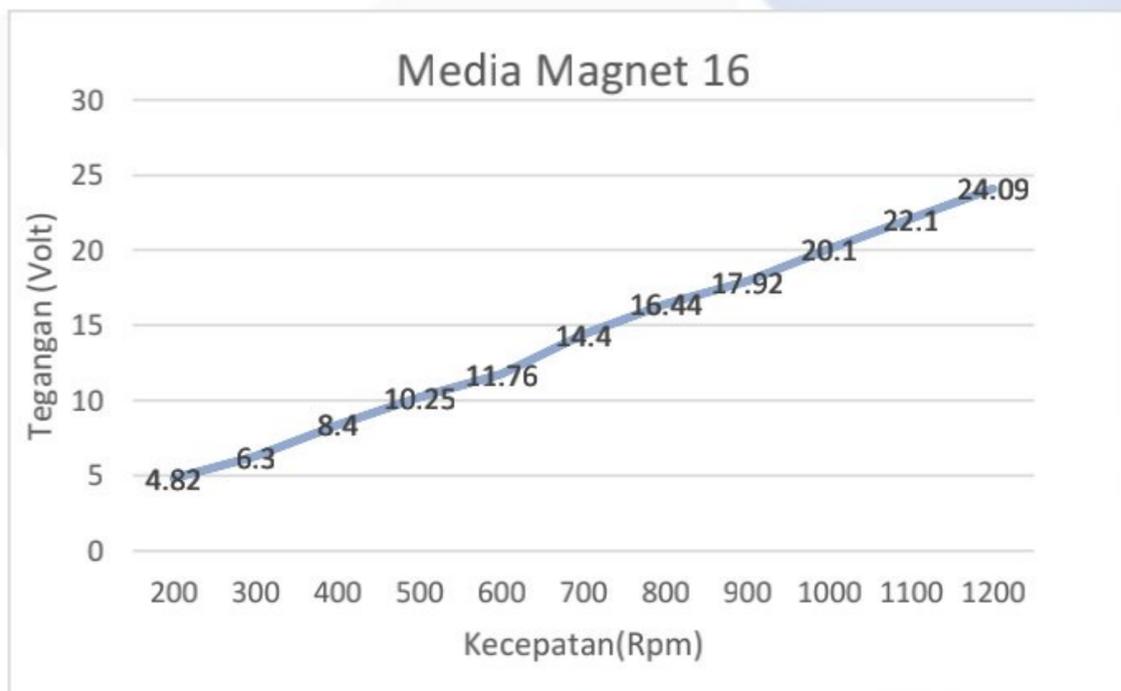
Berikut ini adalah pengujian dari konstruksi generator tanpa menggunakan beban yang terdapat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Pengujian generator tanpa beban (media 16 magnet)

NO	Kecepatan (rpm)	Tegangan DC (Volt)	Tegangan AC (Volt)	Cos phi
1.	212	3.25	4.82	0
2.	305	5.20	6.30	0
3.	410	7.27	8.40	0

4.	509	9.81	10.25	0
5.	609	10.43	11.76	0
6.	706	12.74	14.40	0
7.	811	13.20	16.44	0
8.	910	14.58	17.92	0
9.	1012	16.25	20.10	0.99
10.	1108	18.94	22.10	0.95
11.	1210	21.18	24.09	0.90

Berikut ini adalah gambar grafik dari hasil pengukuran tanpa beban.



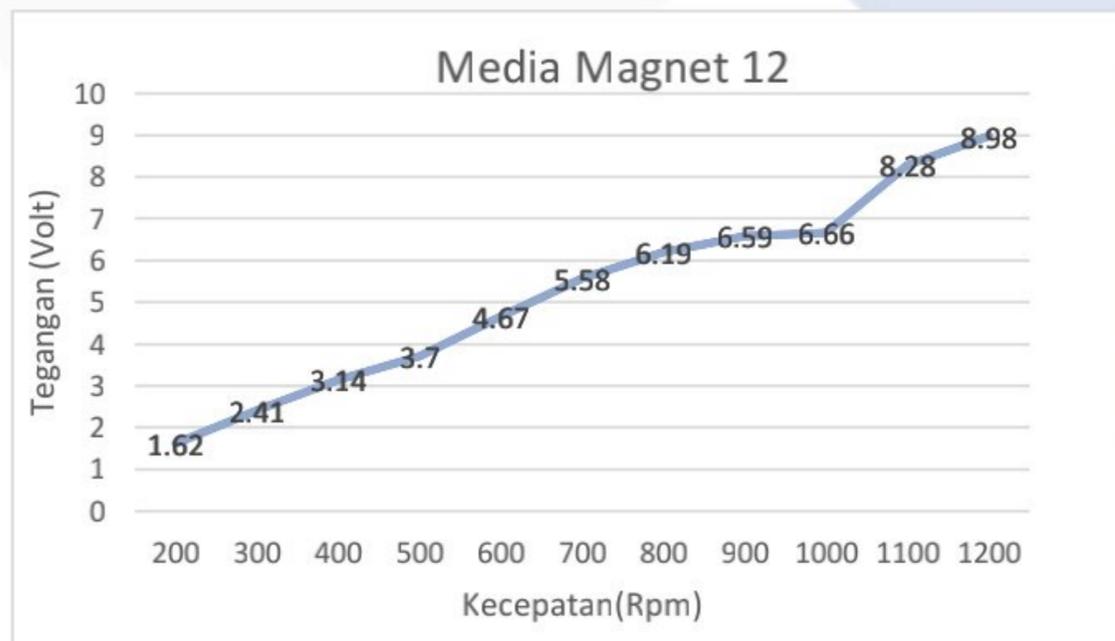
Gambar 4.10 Grafik pengukuran media magnet 16 tanpa beban

Tabel 4.2 Pengujian generator tanpa beban (media 12 magnet)

NO	Kecepatan (rpm)	Tegangan DC (Volt)	Tegangan AC (Volt)	Cos phi
1.	211	0.93	1.62	0
2.	311	1.65	2.41	0

3.	414	2.47	3.14	0
4.	512	3.11	3.70	0
5.	610	3.88	4.67	0
6.	713	4.49	5.58	0
7.	804	5.24	6.19	0
8.	912	5.57	6.66	0
9.	1010	7.09	6.59	0
10.	1105	7.56	8.28	0.98
11.	1210	7.73	8.98	0.96

Berikut ini adalah gambar grafik dari hasil pengukuran tanpa beban.



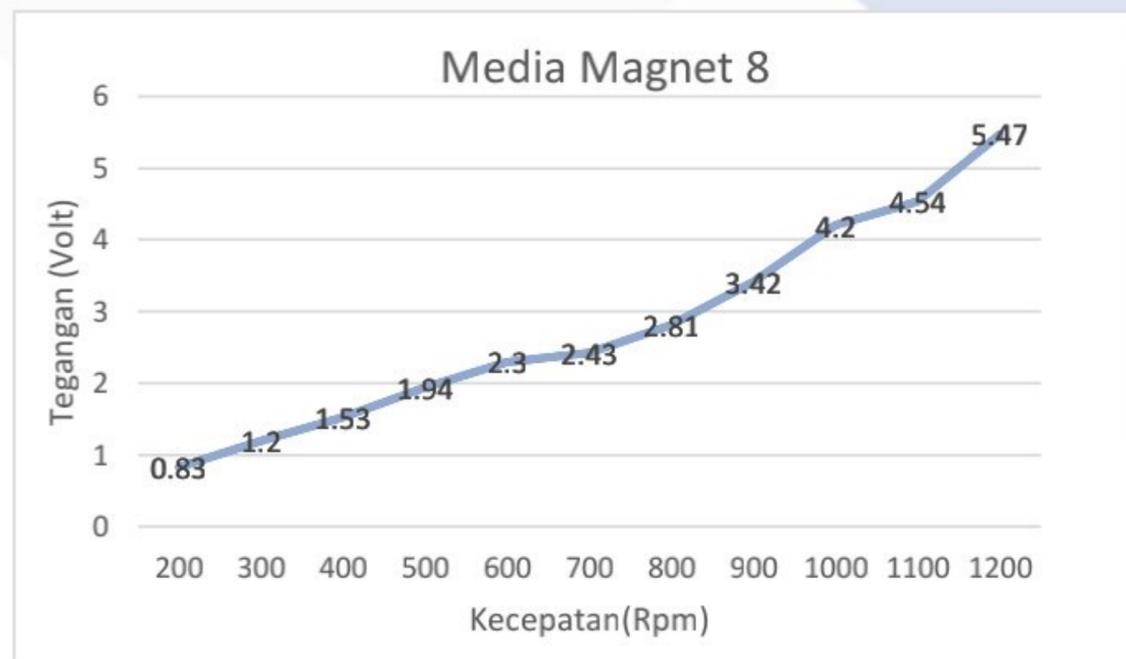
Gambar 4.11 Grafik pengukuran media magnet 12 tanpa beban

Tabel 4.3 Pengujian generator tanpa beban (media 8 magnet)

NO	Kecepatan (rpm)	Tegangan DC (Volt)	Tegangan AC (Volt)	Cos phi
1.	209	0.62	0.83	0
2.	317	0.93	1.20	0

3.	415	1.43	1.53	0
4.	506	1.64	1.94	0
5.	621	1.98	2.30	0
6.	711	2.23	2.43	0
7.	811	2.48	2.81	0
8.	912	2.99	3.42	0
9.	1012	3.25	4.20	0
10.	1108	3.46	4.54	0
11.	1214	3.79	5.47	0.99

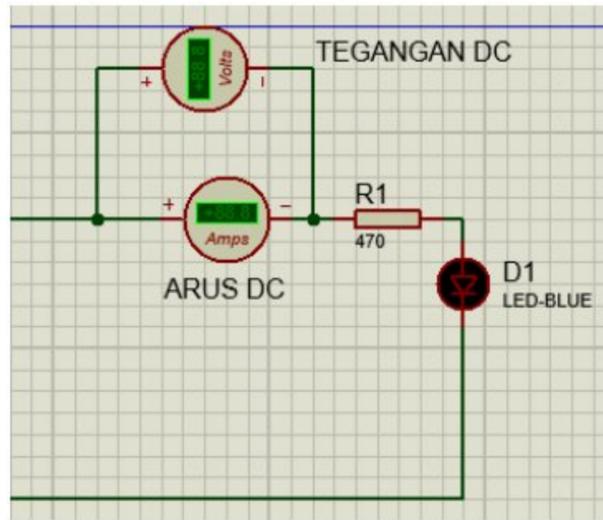
Berikut ini adalah gambar grafik dari hasil pengukuran tanpa beban.



Gambar 4.12 Grafik pengukuran media magnet 8 tanpa beban

b. Pengujian Generator Dengan Beban

Pada pengujian generator tanpa beban, pengukuran tegangan AC dan tegangan DC dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



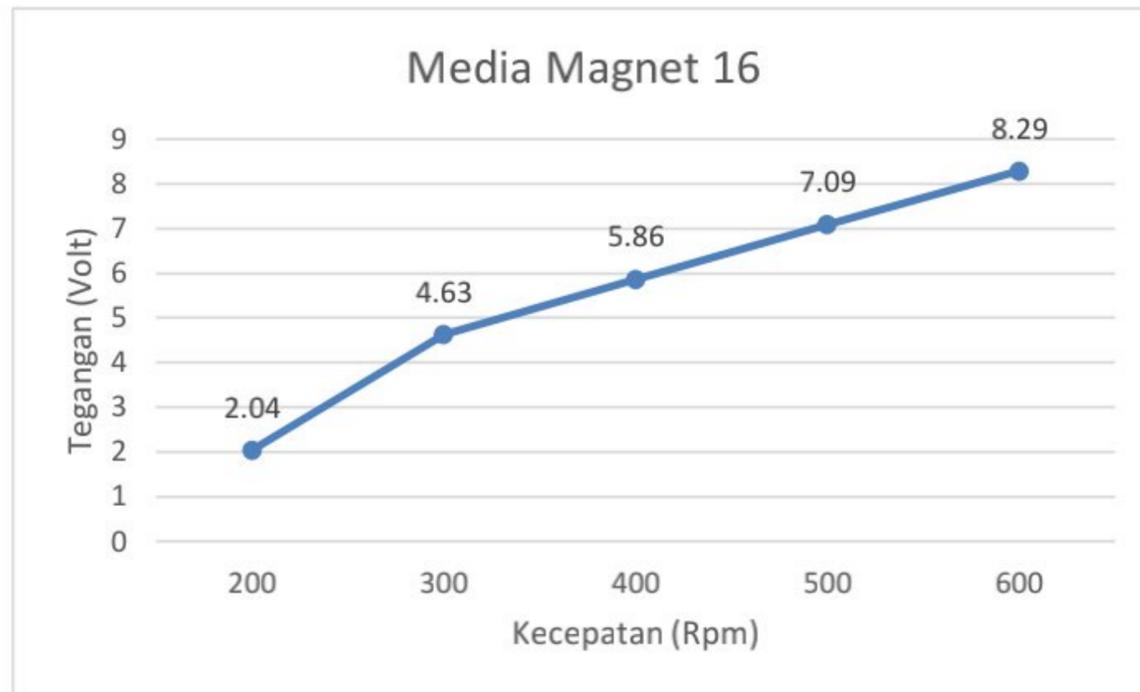
Gambar 4.13 Pengukuran generator dengan beban

Berikut adalah hasil dari pengujian konstruksi generator dengan menggunakan beban yang terdapat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 Data keluaran generator dengan beban (media 16 magnet)

NO	Kecepatan (rpm)	Tegangan DC (Volt)	Arus DC (mA)	Daya DC (mW)
1.	233	2.04	0.50	1.35
2.	349	4.63	8.50	33.42
3.	408	5.86	13.9	72.86
4.	524	7.09	17.5	120.84
5.	640	8.29	21.4	166.65

Berikut ini adalah gambar grafik dari hasil pengukuran dengan beban.

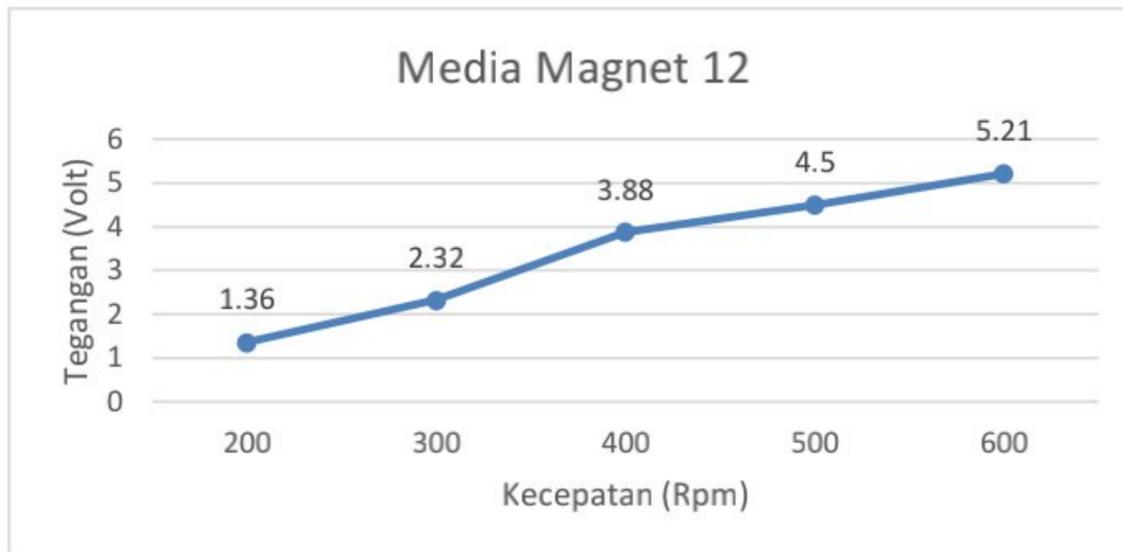


Gambar 4.14 Grafik pengukuran media magnet 16 dengan beban

Tabel 4.5 Data keluaran generator dengan beban (media 12 magnet)

NO	Kecepatan (rpm)	Tegangan DC (Volt)	Arus DC (mA)	Daya DC (mW)
1.	216	1.36	0.21	0
2.	305	2.32	0.21	0
3.	411	3.88	0.28	2.80
4.	517	4.50	3.50	4.20
5.	612	5.21	4.27	9.80

Berikut ini adalah gambar grafik dari hasil pengukuran dengan beban.

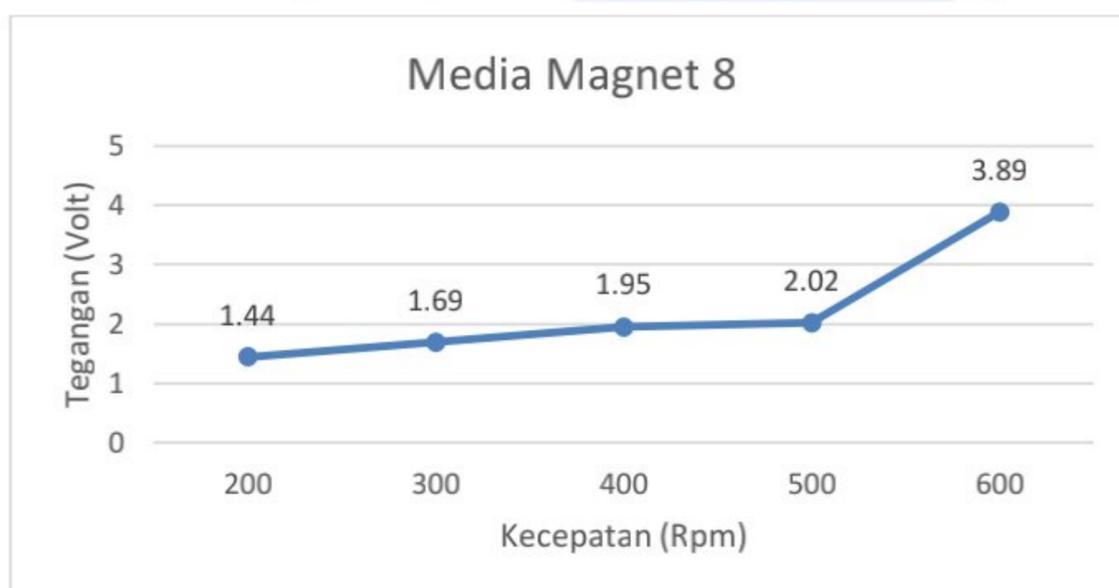


Gambar 4.15 Grafik pengukuran media magnet 12 dengan beban

Tabel 4.6 Data keluaran generator dengan beban (media 8 magnet)

NO	Kecepatan (rpm)	Tegangan DC (Volt)	Arus DC (mA)	Daya DC (mW)
1.	217	1.44	0.28	0
2.	310	1.69	0.28	0
3.	407	1.95	0.49	0
4.	513	2.02	0.28	2.80
5.	611	3.89	0.28	2.80

Berikut ini adalah gambar grafik dari hasil pengukuran dengan beban.



Gambar 4.16 Grafik pengukuran media magnet 8 dengan beban

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembuatan proyek akhir ini yang berjudul “Prototipe Generator Magnet Permanen *Single Magnet* untuk Meningkatkan Daya Keluaran pada Generator” dapat disimpulkan bahwa adanya pengaruh jumlah magnet permanen pada hasil nilai tegangan keluaran generator, dimana semakin banyak jumlah magnet permanen pada rotor dan semakin besar kecepatan putaran generator maka tegangan yang dihasilkan semakin besar juga.

5.2 Saran

Apabila alat dari proyek akhir kami ini digunakan sebagai salah satu media pembelajaran maka diharapkan untuk:

1. Melakukan perbandingan dengan jumlah parameter - parameter dari generator, seperti jumlah kutub magnet, jumlah kumparan dan jarak celah udara.
2. Pada saat menentukan ukuran dari kumparan kawat sebaiknya disesuaikan dengan ukuran dari magnet permanen tersebut, agar generator berputar dengan sinkron dan dapat menghasilkan fluks medan magnet yang baik.
3. Diameter kawat disesuaikan dengan arus yang diinginkan, karena semakin tebal diameter kawat maka arus yang dihasilkan akan semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Noprizal, M. Syukri and S. , "Perancangan Prototype Generator Magnet Permanen 1 Fasa Jenis Fluks Aksial pada Putaran Rendah," *Teknik Elektro*, vol. 1, no. 1,2016.
- [2] A. Budiman, H. Asy'ari and A. R. Hakim, "DESAIN GENERATOR MAGNET PERMANEN UNTUK SEPEDA LISTRIK," *Emitor*, vol. 12, no. 1.
- [3] P. H. Alnur, "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN GENERATOR TIPE MAGNET PERMANENFLUKS".
- [4] R. Hermawan, "DESAIN GENERATOR PERMANEN MAGNET 500 WATT SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN,"2018.
- [5] H. and W. D. Prasetyo, "Rancang Bangun Generator Sinkron 1 Fasa Magnet Permanen Kecepatan Rendah 750 RPM," *ILMIAH SETRUM*, vol. 5, no. 1, Juni2016.
- [6] N. Arifin, R. S. Lubis and M. Gapy, "Rancang Bangun Prototype Power Meter 1 Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega328P," *Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1,2019.
- [7] S. A. R. Riki and W. N. &. Luqman, "SISTEM MONITORING KINERJA PANEL LISTRIK TENAGA SURYA MENGGUNAKAN ARDUINO UNO," *JETri*, vol. 14, no. 1412-0372, pp. 81-100, Februari 2017.
- [8] V. E. Pramudhita Susanto, KENDARAAN OTONOM MENGGUNAKAN KENDALI BERBASIS RUTE DENGAN METODE ODOMETRY,2017.
- [9] Kushagra, "Miniature PCB Through Hole - High Density Reed," [Online]. Available:<http://www.engineersgarage.com/electronic-components/16x2-lcd-module-datasheet>. [diakses 05 Agustus 2020]
- [10] P. E. Johansa, H. and M. W. Christian, "Rancang Bangun Sistem Pembayaran Mandiri Pada Wahana Permainan," *JCONES*, vol. 3, no. 1, pp. 70-77,2014.
- [11] Available: <http://id.m.wikipedia.org/wiki/magnet>. [diakses 30 Agustus 2020]
- [12] 1. Rochman A. Analisis Perbandingan Sistem Kelistrikan Ac. Published online 2012:74. <http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20307733-S42314-AinulRochman.pdf>
- [13] Boylestad, Robert., Nashelsky, Louis. *Electronic Devices and Circuit Theory* (7th ed). Prentice Hall



LAMPIRAN 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1) Data Pribadi

Nama : Dieaz Zandrian
Tempat Tanggal Lahir : Koba, 13 Maret 2000
Alamat : Jl.Keranggan Koba
Telp : -
HP : 082281991157



Email : dieazzandrian55100@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam

2) Riwayat Pendidikan

SD Negeri 2 Koba : 2013
SMP Stania Koba : 2016
SMA Negeri 1 Koba : 2019

3) Pendidikan Non Formal

-

Sungailiat, 26 Agustus 2022

Dieaz Zandrian

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1) Data Pribadi

Nama : Jibran Septembi
Tempat Tanggal Lahir : Sungailiat, 14 September
2001
Alamat : Jl. SDN 2 Sri Pemandang,
Sungailiat
Telp : -
HP : 081373658873
Email : septembijibran@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam



2) Riwayat Pendidikan

SD Negeri 2 Sungailiat : 2013
SMP Muhammadiyah Sungailiat : 2016
SMA Negeri 1 Pemali : 2019

3) Pendidikan Non Formal

-

Sungailiat, 26 Agustus 2022

Jibran Septembi



LAMPIRAN 2

PROGRAM

Program Pengujian Keypad 4x4.

```
#include <Keypad.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
#define Password_Length 8
int signalPin = 13;
char Data[Password_Length];
char Master[Password_Length] = "123789A";
byte data_count = 0, master_count = 0;
bool Pass_is_good;
char customKey;
const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 4;
char hexaKeys[ROWS][COLS] = {
  {'1', '2', '3', 'A'},
  {'4', '5', '6', 'B'},
  {'7', '8', '9', 'C'},
  {'*', '0', '#', 'D'}
};
byte rowPins[ROWS] = {9, 8, 7, 6};
byte colPins[COLS] = {5, 4, 3, 2};
Keypad customKeypad = Keypad(makeKeymap(hexaKeys),
rowPins, colPins, ROWS, COLS);
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin();
  lcd.setCursor(1, 0);
  lcd.print("Keypad dan LCD");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("PRAKTEK OTODIDAK");
```

```
delay(5000);
lcd.clear();
pinMode(signalPin, OUTPUT);
}
void loop(){
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Enter Password:");
customKey = customKeypad.getKey();
if (customKey){
Data[data_count] = customKey;
lcd.setCursor(data_count,1);
lcd.print(Data[data_count]);
data_count++;
}
if(data_count == Password_Length-1){
lcd.clear();
if(!strcmp(Data, Master)){
lcd.print("Correct");
digitalWrite(signalPin, HIGH);
}
else{
lcd.print("Incorrect");
digitalWrite(signalPin, LOW);
delay(1000);
}
lcd.clear();
clearData();
}
}
void clearData(){
while(data_count !=0){
```

```
Data[data_count--] = 0;  
}  
return;  
}
```



Program Pengujian Sensor INA219.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
Adafruit_INA219 ina219;
void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);
}
void loop(void)
{
  float shuntvoltage = 0;
  float busvoltage = 0;
  float current_mA = 0;
  float loadvoltage = 0;
  float power_mW = 0;

  shuntvoltage = ina219.getShuntVoltage_mV();
  busvoltage = ina219.getBusVoltage_V();
  current_mA = ina219.getCurrent_mA();
  power_mW = busvoltage * current_mA;
  loadvoltage = busvoltage + (shuntvoltage / 1000);

  Serial.print("BUS: ");
  Serial.print(busvoltage);
  Serial.print(" V ");

  Serial.print("SHUNT: ");
  Serial.print(shuntvoltage);
  Serial.print(" mV ");
```

```
Serial.print("LOAD: ");  
Serial.print(loadvoltage);  
Serial.print(" V  ");  
  
Serial.print("CURRENT: ");  
Serial.print(current_mA);  
Serial.print(" mA  ");  
  
Serial.print("POWER: ");  
Serial.print(power_mW);  
Serial.print(" mW");  
Serial.print(" or ");  
Serial.print(power_mW / 1000);  
Serial.println(" W");  
  
delay(500);  
}
```

Program Pengujian Sensor *InfraRed* (RPM).

```
float REV = 0;
int RPM_VALUE;
int PREVIOUS = 0;
int TIME;

void INTERRUPT()
{
  REV++;
}
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(1, INTERRUPT, RISING);
}
void loop()
{
  delay(1000);
  detachInterrupt(0);
  TIME = millis() - PREVIOUS;
  RPM_VALUE = (REV/TIME) * 60000;
  PREVIOUS = millis();
  REV = 0;
  Serial.println(RPM_VALUE);
  attachInterrupt(1, INTERRUPT, RISING);
}
```

Program Gabungan Kontrol Generator.

➤ Program Utama.

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Keypad.h>
#include <Adafruit_INA219.h>

Adafruit_INA219 ina219;
//#define data A0
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

// Deklarasi variabel
#define BINTANG 42
#define PAGAR 4
#define TOMBOL_A 65
#define TOMBOL_B 3
#define TOMBOL_C 2
#define TOMBOL_D 1

#define TOMBOL_0 7
#define TOMBOL_1 68
#define TOMBOL_2 67
#define TOMBOL_3 66
#define TOMBOL_4 35
#define TOMBOL_5 9
#define TOMBOL_6 6
#define TOMBOL_7 48
#define TOMBOL_8 8
#define TOMBOL_9 5
```

```
int sensorValue;
float s_voltage;
float vout = 0.0;
uint8_t Step;
float voltage,current,power;
int sensor = 13;
int kondisi=0;
int dtKey=0;
char key;
volatile byte rpmcount;
unsigned int rpm;
unsigned long timeold;

// Baca rpm
void rpm_fun()
{
  rpmcount++;
}

// Keypad
const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 4;

char keys[ROWS][COLS] =
{
  {1, 2, 3, 'A'},
  {4, 5, 6, 'B'},
  {7, 8, 9, 'C'},
  {'*', '0', '#', 'D'}
};
```

```

byte rowPins[ROWS] = {9, 8, 7, 6};
byte colPins[COLS] = {5, 4, 10, 2};

Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS
);

// INA219
float shuntvoltage = 0;
float busvoltage = 0;
float current_mA = 0;
float loadvoltage = 0;
float power_mW = 0;

// RPM
float REV = 0;
int RPM_VALUE;
int PREVIOUS = 0;
int TIME;
float kalibrasi = 17.346;

void INTERRUPT()
{
  REV++;
}

void setup()
{

  Serial.begin(9600);
  Serial.println(__FILE__);
  uint32_t currentFrequency;
  ina219.begin();

```

```

lcd.init();
lcd.backlight();
pinMode(sensor,INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(1, INTERRUPT, RISING);;
}
void loop()
{
  kiboard();

  if(kondisi==0 )
  {
    menu();
  }
  if(kondisi==1 )
  {
    kiboard();
    Serial.println("CURRENT: ");
    Serial.println(current_mA);
    Serial.println(" mA  ");
    ARUS ();
  }
  if(kondisi==2)
  {
    kiboard();
    Serial.println("BUS: ");
    Serial.print(busvoltage);
    Serial.println(" V  ");
    TEGANGAN();
  }
  if(kondisi==3)

```

```

{
kiboard();
  delay(1000);
  detachInterrupt(0);
  TIME = millis() - PREVIOUS;
  RPM_VALUE = (REV/TIME)*60000;
  if (RPM_VALUE<40)
  {
    lcd.setCursor(1,1);
    lcd.print("RPM= 000");
  }
  else if (RPM_VALUE>999)
  {
    RPM_VALUE = 999;
  }
  else
  {
    RPM_VALUE = RPM_VALUE;
  }
  PREVIOUS = millis();
  REV = 0;
  attachInterrupt(1, INTERRUPT, RISING);
  lcd.setCursor(1,0);
  lcd.print("Tachometer");
  lcd.setCursor(1,1);
  lcd.print("RPM= ");
  lcd.print(RPM_VALUE);
}
if(kondisi==4)
{
kiboard();

```

```
Serial.println("POWER: ");
Serial.print(power_mW);
Serial.println(" mW");
Serial.println(" or ");
Serial.print(power_mW / 1000);
Serial.println(" W");
DAYA();
}
}
void keyboard()
{
key = keypad.getKey();
if (key) {
lcd.clear();
dtKey = dtKey*10+key;
}
if(key == TOMBOL_A)
{ lcd.clear();
kondisi=1;
}
if(key == TOMBOL_B)
{ lcd.clear();
kondisi=2;
}
if(key == TOMBOL_C)
{ lcd.clear();
kondisi=3;
}
if(key == TOMBOL_D )
{ lcd.clear();
kondisi=4;
```

```

}
if(key == PAGAR)
{ lcd.clear();
kondisi=0;
}
}
void menu()
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("1(W) 2(K) 3(V)");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("4(HOME) A(I)");
}

```

➤ **Program Sensor INA219.**

```

void TEGANGAN()
{
  float busvoltage = 0;
  busvoltage = ina219.getBusVoltage_V();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("BUS: ");
  lcd.print(busvoltage);
  lcd.print(" V ");
  delay(500);
}

void ARUS ()
{

```

```

float current_mA = 0;
current_mA = ina219.getCurrent_mA();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("CURRENT: ");
lcd.print(current_mA);
lcd.setCursor(13,0);
lcd.print(" mA");
// lcd.clear();
delay(500);
}

void DAYA()
{
float power_mW = 0;
// float kalibrasi_tegangan = 0.7;
//power_mW = ina219.getPower_mW();
//loadvoltage = busvoltage + (shuntvoltage / 1000);
busvoltage = ina219.getBusVoltage_V();
current_mA = ina219.getCurrent_mA();
power_mW = busvoltage * current_mA;
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("POWER: ");
lcd.print(power_mW);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" mW");
lcd.print(" or ");
lcd.print(power_mW / 1000);
lcd.print(" W");
// lcd.clear();
delay(500);
}

```