



**PROYEK AKHIR - VE 180626**

## **MONITORING BEBAN REM MAGNETIK PADA KONTROL KECEPATAN MOTOR BLDC**

Tiara Agustina  
NRP 10311500010007

Dosen Pembimbing  
Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.

Departemen Teknik Elektro Otomasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



**FINAL PROJECT - VE 180626**

***LOAD MAGNETIC BRAKE MONITORING ON MOTOR  
BLDC SPEED CONTROL***

Tiara Agustina  
NRP 10311500010007

*Supervisor*  
Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.

*Electrical and Automation Engineering Department  
Vocational Faculty  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2019*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## **PERNYATAAN KEASLIAN PROYEK AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Proyek Akhir saya dengan judul “**Monitoring Beban Rem Magnetik pada Kontrol Kecepatan Motor BLDC**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2019

Tiara Agustina  
NRP 10311500010007

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**MONITORING BEBAN REM MAGNETIK PADA KONTROL  
KECEPATAN MOTOR BLDC**

**PROYEK AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik  
Pada  
Departemen Teknik Elektro Otomasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing



Ir. Josaphat Pramudijanto M.Eng  
NIP. 19621005 199003 1 003

**SURABAYA  
JANUARI, 2019**

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## MONITORING BEBAN REM MAGNETIK PADA KONTROL KECEPATAN MOTOR BLDC

Nama Mahasiswa : Tiara Agustina  
NRP : 10311500010007  
Dosen Pembimbing : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng  
NIP : 19621005 199003 1 003

### ABSTRAK

Pada sistem kontrol kecepatan motor BLDC memerlukan mengetahui performa motor BLDC. Untuk mengetahui performa dari motor BLDC diperlukan suatu beban, dalam hal ini pengereman dengan menggunakan rem magnetik.

Sistem ini dirancang untuk *monitoring* beban rem magnetik pada kecepatan putar motor BLDC. Tegangan yang keluar dari arduino akan masuk ke *driver*. Kemudian dari *driver* menuju ke kumparan rem magnetik. Besarnya arus yang mengalir pada kumparan rem magnetik dideteksi oleh sensor ACS712. Hasil dari deteksi sensor ACS712 datanya akan disimpan oleh arduino. Data yang tersimpan akan ditampilkan pada LCD dan *LabView*. Sistem ini menggunakan *software* arduino dan *LabView* dengan menggunakan metode *Open Loop* dengan komunikasi *serial*.

Pada proyek akhir ini, dihasilkan bahwa dengan metode kontrol dari motor BLDC dan rem magnetik dengan metode *open loop* melalui pengujian kecepatan motor BLDC dari 3000 RPM sampai 7000 RPM dan pengereman dari rem magnetik dari tegangan input arduino 0,5 V – 5 V menghasilkan arus *eddy* dari rem magnetik yang relatif kecil yaitu antara 0, 3A -0,9 A.

Kata kunci : Rem Magnetik, *driver*, sensor ACS712

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## ***LOAD MAGNETIC BRAKE MONITORING AT MOTOR BLDC SPEED CONTROL***

***Student Name*** : Tiara Agustina  
***Registration Number*** : 10311500010007  
***Supervisor*** : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng  
***ID*** : 19621005 199003 1 003

### ***ABSTRACT***

*In the BLDC motor speed control system, it is necessary to know the performance of the BLDC. To determine the performance of a BLDC motor, a load is needed, in this case braking using magnetic brakes.*

*This system is designed to adjust the magnetic brake load at the BLDC motor rotate speed. The voltage coming out of Arduino will enter the driver. Then from the driver go to the magnetic brake coil. The amount of current flowing on the magnetic brake coil is detected by the ACS712 sensor. The results of the ACS712 sensor detection data will be stored by Arduino in the form of. The stored data will be displayed on the LCD and LabView. This system uses Arduino and LabView software using the Open Loop method with serial communication.*

*In this final project, it was produced that with the control method of BLDC motor and magnetic brake with the open loop method through testing BLDC motor speed from 3000 RPM to 7000 RPM and braking from magnetic brakes from arduino input voltage 0.5 - 5 V producing eddy current from magnetic brakes are relatively small which is between 0, 3A -0.9 A.*

*Keywords : magnetic brakes, drivers, ACS712 sensors*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul :

### **“MONITORING BEBAN REM MAGNETIK PADA KONTROL KECEPATAN MOTOR BLDC”**

Proyek Akhir ini merupakan sebagian syarat untuk menyelesaikan mata kuliah dan memperoleh nilai pada Proyek Akhir.

Dengan selesainya Proyek Akhir ini penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Orang Tua atas limpahan doa, kasih sayang, dukungan dan dorongan baik berupa moril atau materil bagi penulis.
2. Bapak Ir. Joko Susila, MT. selaku Ketua Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi ITS.
3. Bapak Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng. dan Bapak Subadi. selaku Dosen Pembimbing.
4. Seluruh staf pengajar dan administrasi Departemen Teknik Elektro Otomasi Fakultas Vokasi ITS.
5. Semua pihak yang telah banyak membantu untuk menyelesaikan Proyek Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam Proyek Akhir ini. Kritik dan saran untuk perbaikan protek akhir ini sangat diperlukan. Akhir kata semoga tugas ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Januari 2019

Tiara Agustina

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

# DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN PROYEK AKHIR .....	v
LEMBAR PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Batasan Masalah.....	1
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Sistematika Laporan .....	2
1.5 Relevansi .....	3
<b>BAB II TEORI PENUNJANG.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Motor BLDC .....	5
2.3 Rem Magnetik .....	6
2.4 ESC ( <i>Electronic Speed Controller</i> ) .....	8
2.5 Sensor Arus ACS712 .....	10
2.6 Arduino Mega 2560 .....	12
2.7 <i>Software Arduino</i> .....	12
2.8 PWM ( <i>Pulse Width Modulation</i> ) .....	13
2.9 <i>Software LabView</i> .....	13
2.10 <i>Open Loop System</i> .....	14
<b>BAB III PERANCANGAN ALAT .....</b>	<b>17</b>
3.1 Diagram Fungsional Sistem.....	17
3.2 Perancangan Mekanik .....	18
3.2.1. Rem Magnetik.....	18
3.3 Perancangan Elektronik.....	20
3.3.1 Rangkaian <i>Driver</i> Rem .....	20

3.3.2	Pengkabelan Mikrokontroler Arduino Mega .....	21
3.4	Perancangan <i>Software</i> Arduino .....	21
3.5	Perancangan <i>Software LabView</i> .....	22
<b>BAB IV</b>	<b>PENGUJIAN DAN ANALISA .....</b>	<b>25</b>
4.1	Tampilan Alat Secara Fisik .....	25
4.2	Pengujian Sensor Arus ACS712.....	26
4.3	Pengujian Rem Magnetik saat Kecepatan Motor 3000 RPM....	29
4.4	Pengujian Rem Magnetik saat Kecepatan Motor 4000 RPM.....	30
4.5	Pengujian Rem Magnetik saat Kecepatan Motor 5000 RPM.....	32
4.6	Pengujian Rem Magnetik saat Kecepatan Motor 6000 RPM .....	33
4.7	Pengujian Rem Magnetik saat Kecepatan Motor 7000 RPM.....	34
4.8	Analisa Hasil Pengujian Keseluruhan .....	36
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>37</b>
5.1	Kesimpulan.....	37
5.2	Saran.....	37
DAFTAR	PUSTAKA .....	39
<b>LAMPIRAN A</b>	<b>.....</b>	<b>A-1</b>
<b>RIWAYAT PENULIS</b>	<b>.....</b>	<b>B-1</b>

## DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
<b>Gambar 2.1</b> Motor BLDC .....	6
<b>Gambar 2.2</b> Prinsip Arus <i>Eddy</i> yang Bergerak.....	7
<b>Gambar 2.3</b> <i>Electronic Speed Controler</i> .....	8
<b>Gambar 2.4</b> Sensor Arus ACS712 .....	9
<b>Gambar 2.5</b> Sinyal <i>Output</i> ESC Ketika <i>Duty Cycle</i> 50% .....	9
<b>Gambar 2.6</b> Sinyal <i>Output</i> ESC Ketika <i>Duty Cycle</i> 75% .....	9
<b>Gambar 2.7</b> Sinyal <i>Output</i> ESC Ketika <i>Duty Cycle</i> 99% .....	10
<b>Gambar 2.8</b> Rangkaian Skematik Sensor Arus ACS712.....	11
<b>Gambar 2.9</b> Arduino Mega 2560.....	12
<b>Gambar 2.10</b> Diagram Blok <i>Open Loop System</i> .....	14
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Fungsional .....	17
<b>Gambar 3.2</b> Perancangan Alat.....	18
<b>Gambar 3.3</b> Perancangan Rem Magnetik .....	19
<b>Gambar 3.4</b> Driver Rem Magnetik .....	20
<b>Gambar 3.5</b> Tampilan Program Arduino untuk Kalibrasi Sensor Arus .....	21
<b>Gambar 3.6</b> Tampilan Diagram Blok <i>LabView</i> .....	22
<b>Gambar 3.6</b> Tampilan Simulasi <i>LabView</i> .....	23
<b>Gambar 4.1</b> Tampilan Alat Secara Fisik .....	25
<b>Gambar 4.2</b> Pengujian Sensor Arus AC712 .....	27
<b>Gambar 4.3</b> Korelasi Antara Sensor Arus ACS712 dengan <i>Amperemeter</i> .....	28

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## DAFTAR TABEL

HALAMAN

<b>Tabel 2.1</b>	Spesifikasi Motor Brushless DC Turnigy D2830-11 13 1000 KV .....	6
<b>Tabel 2.2</b>	Konfigurasi Pin ACS712 .....	11
<b>Tabel 2.3</b>	Spesifikasi Arduino Mega .....	12
<b>Tabel 4.1</b>	Kalibrasi Rem Magnetik dan Sensor Arus .....	27
<b>Tabel 4.2</b>	Rem Magnetik dan Sensor Arus Saat Kecepatan Awal Motor 3000 RPM .....	29
<b>Tabel 4.3</b>	Rem Magnetik dan Sensor Arus Saat Kecepatan Awal Motor 4000 RPM .....	31
<b>Tabel 4.4</b>	Rem Magnetik dan Sensor Arus Saat Kecepatan Awal Motor 5000 RPM .....	32
<b>Tabel 4.5</b>	Rem Magnetik dan Sensor Arus Saat Kecepatan Awal Motor 6000 RPM .....	34
<b>Tabel 4.6</b>	Rem Magnetik dan Sensor Arus Saat Kecepatan Awal Motor 7000 RPM .....	35

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

-

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Motor BLDC merupakan suatu sistem *non-linear* dan memiliki kestabilan yang rendah sehingga rentan terhadap gangguan. Sehingga perlu dirancang suatu kontroler yang mampu mengatur kecepatan dari motor BLDC. Pada sistem kontrol kecepatan motor BLDC diperlukan mengetahui performa dari motor BLDC. Untuk mengetahui performa dari motor BLDC diperlukan suatu beban. Pembebanan pada motor BLDC yang biasa digunakan dalam dunia industri adalah pembebanan secara mekanik, seperti misalnya *conveyor*.

Sebelumnya pernah dilakukan penelitian oleh Guntur Sadhiea Putra dan juga Intan Nur Robbi dan Zaka Perwira pada tahun 2015 yang telah menggunakan rem magnetik sebagai beban motor. Akan tetapi pada kumparan rem magnetik belum terdapat sensor arus sehingga tidak diketahui arus yang mengalir pada kumparan magnet tersebut. Oleh karena itu pada proyek akhir ini akan dilakukan pembuatan rem magnetik menggunakan mikrokontroler arduino dengan menambahkan sensor arus yang terdapat pada kumparan rem magnetik agar dapat melihat arus yang mengalir pada kumparan tersebut serta efek yang ditimbulkan.

Sistem kendali yang digunakan adalah *open loop system*. Untuk menggunakan *open loop system* hanya membutuhkan *set point*, *plant*, dan memiliki keluaran yang tidak dapat digunakan sebagai umpan balik pada masukan. Hal ini bertujuan untuk memantau arus yang mengalir pada kumparan magnetik dan juga efek yang ditimbulkan oleh pembebanan dari rem magnetik tersebut. Hasil yang diperoleh ditampilkan pada LCD atau PC.

### 1.2 Batasan Masalah

Dalam pembuatan alat pada proyek akhir ini batasan masalah ada pada:

1. Sensor arus yang digunakan adalah sensor arus ACS712 20 A
2. Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino Mega 2560
3. *Driver* rem magnetik yang digunakan adalah PWM

### 1.3 Tujuan

Tujuan menuliskan proyek akhir ini adalah:

1. Merancang alat monitoring beban rem magnetik pada kontrol kecepatan motor BLDC
2. Membuat alat monitoring beban rem magnetik pada kontrol kecepatan motor BLDC dengan menggunakan mikrokontroler arduino
3. Mengimplementasikan alat monitoring beban rem magnetik pada kontrol kecepatan motor BLDC dengan menggunakan mikrokontroler arduino

### 1.4 Sistematika Laporan

Untuk pembahasan lebih lanjut, laporan proyek akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

#### **Bab I : PENDAHULUAN**

Membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan, sistematika laporan, metodologi, serta relevansi proyek akhir yang dibuat.

#### **Bab II : TEORI PENUNJANG**

Menjelaskan teori yang berisi teori-teori penunjang yang dijadikan landasan prinsip dasar dan mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat yang dibuat.

#### **Bab III : PERANCANGAN ALAT**

Membahas perencanaan dan pembuatan tentang perangkat keras (*Hardware*) yang meliputi desain mekanik dan perangkat lunak (*Software*) yang meliputi program yang akan digunakan untuk menjalankan alat tersebut.

#### **Bab IV : PENGUJIAN DAN ANALISA**

Membahas pengujian alat dan menganalisa data yang didapat dari pengujian tersebut serta membahas tentang pengukuran, pengujian, dan penganalisaan terhadap alat.

#### **Bab V : PENUTUP**

Berisi penutup yang menjelaskan tentang kesimpulan yang didapat dari proyek akhir ini dan saran-saran

yang dapat diimplementasikan untuk pengembangan alat ini lebih lanjut.

### **1.5 Relevansi**

Hasil dari proyek akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi dunia pendidikan, terutama mengatur beban rem magnetik pada kecepatan putar dari motor BLDC.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## **BAB II**

### **TEORI PENUNJANG**

Pada bab ini akan dibahas teori dasar dan teori penunjang terkait perangkat dan bahan yang digunakan dalam proyek akhir ini.

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

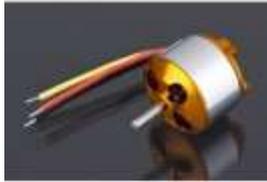
Sejauh ini sudah banyak dilakukan penelitian mengenai sistem kontrol kecepatan pada motor BLDC dengan menggunakan beban rem magnetik.

Pada tahun 2015 Guntur Sadhiea Putra melakukan penelitian Kontrol Kecepatan Motor Arus Searah Tanpa Sikat Menggunakan Sliding Mode Berbasis PID [1]. Dan juga Intan Nur Robi Annisa dan Zaka Perwira melakukan penelitian Pembuatan Modul Kontrol Kecepatan Motor *Brushless* DC dengan Mikrokontroler [2]

Pada proyek akhir ini akan dibuat Sistem Monitoring Beban Rem Magnetik pada Kontrol Kecepatan Motor BLDC. Teori dasar yang digunakan seperti Guntur Sadhiea Putra melakukan penelitian Kontrol Kecepatan Motor Arus Searah Tanpa Sikat Menggunakan Sliding Mode Berbasis PID tahun 2015 [1] dan Intan Nur Robi Annisa dan Zaka Perwira melakukan penelitian Pembuatan Modul Kontrol Kecepatan Motor *Brushless* DC dengan Mikrokontroler tahun 2015 [2], dimana nantinya tetap menggunakan motor BLDC agar dapat mengetahui kehandalan rem magnetik dan sensor arus.

#### **2.2 Motor BLDC [1]**

Salah satu jenis motor listrik yang paling banyak digunakan akhir-akhir ini adalah motor *brushless* DC dimana motor DC ini tidak menggunakan *brush* (sikat) untuk proses komutasi. Motor *brushless* DC sangat cocok untuk diaplikasikan pada produk yang menuntut reliabilitas dan efisiensi yang tinggi. Secara umum, dapat dikatakan bahwa motor *brushless* DC dapat menghasilkan torsi yang besar dan mempunyai *range* RPM yang tinggi. Motor *brushless* DC merupakan salah satu jenis motor sinkron dimana medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan medan magnet yang dihasilkan oleh rotor berputar pada frekuensi yang sama.



**Gambar 2.1** Motor BLDC [2]

**Tabel 2.1** Spesifikasi Motor *Brushless* DC Turnigy D2830-11 13 1000KV

No.	Parameter	Nilai	
1.	Kecepatan Putar	1258 rpm	
2.	Berat Motor	52 gram	
3.	KV	1000 rpm/Volt	
4.	Tegangan	Tegangan Minimal	7,40 Volt
		Tegangan Maksimal	14,80 Volt
5.	<i>Input</i> Arus	Arus Nominal	13 Ampere
		Arus Maksimal	21 Ampere
6.	<i>Maximal Power</i>	210 Watt	
7.	<i>Input</i> Baterai	Lithium Polimer 2S-4S	

### 2.3 Rem Magnetik [3]

Rem adalah suatu alat yang digunakan untuk melakukan aksi deselerasi yang akan menurunkan kecepatan dalam selang waktu yang ditentukan. Tipe rem yang umum digunakan adalah rem yang menggunakan gaya gesek untuk memberikan gaya lawan terhadap gaya gerak. Namun pada sistem pengereman elektromagnetik menggunakan gaya elektromagnetik untuk memperlambat suatu gerakan, yang umumnya adalah gerakan poros.

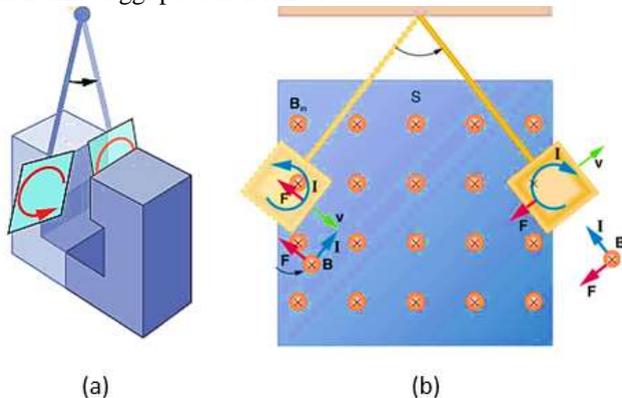
Sebuah piringan dengan bahan logam non-feromagnetik terpasang dengan poros yang berputar. Piringan tersebut diapit oleh sisi rotor berupa sistem lilitan elektromagnetik yang dapat membangkitkan medan magnet dari aliran listrik. Arus listrik menimbulkan medan

magnet pada lilitan dan logam piringan yang memotong medan magnet tersebut akan menimbulkan arus *eddy* pada piringan itu sendiri. [4]

Arus *eddy* ini akan menimbulkan medan magnet yang arahnya berlawanan dengan medan magnet sebelumnya, sehingga menghambat gerakan putar dari poros tersebut. Rem elektromagnetik akan optimal untuk memberikan penurunan kecepatan, bukan untuk menghentikan gerak suatu objek. Sehingga rem ini sering diaplikasikan untuk sistem pengereman pada roller coaster, kereta api dan juga digunakan pada alat dinamometer untuk pengukuran torsi suatu mesin. [4]

Arus *eddy* yang melingkar menyebabkan medan magnet induksi melawan arah medan magnet mula-mula. Hal ini menyebabkan gaya pengereman yang melawan arah kecepatan konduktor yang bergerak memotong medan magnet dari kedua solenoid.

Gaya pengereman yang dihasilkan oleh arus melingkar *eddy* ditunjukkan oleh Gambar 2.2, di mana ada medan magnet yang arahnya menjauhi pengamat. Kemudian sebuah konduktor memotong medan magnet tersebut dengan kecepatan (besar dan arah) tertentu. Berdasarkan hukum Faraday, apabila terjadi perubahan medan magnet, maka akan timbul ggl pada konduktor.



**Gambar 2.2** Prinsip Arus *Eddy* Pada Logam yang Bergerak [5]

Pada konduktor, bidang yang mengalami perubahan fluks magnet hanya pada kedua sisinya, yang pertama adalah saat keluar dari medan magnet (fluks magnet yang lewat pada konduktor berkurang) dan yang kedua adalah saat memasuki medan magnet (fluks magnet yang melewati konduktor bertambah). Sedangkan bagian tengah konduktor

tidak mengalami perubahan fluks magnet sehingga tidak timbul lagi. Dengan artian, gaya lawan hanya dihasilkan apabila permukaan tersebut memiliki kecepatan. Semakin tinggi kecepatan maka gaya lawan yang dihasilkan juga semakin besar. Namun semakin rendah kecepatan, maka gaya lawan akan semakin kecil.

Prinsip dasar rem magnetik ini menggunakan hukum Faraday dan hukum Lenz elektromagnetik. Kedua hukum ini menimbulkan arus eddy yang melingkar dan menginduksi medan magnet yang melawan medan magnet penyebabnya. Hukum-hukum ini berlaku bila ada permukaan yang memotong medan magnet, dengan artian gaya lawan hanya dihasilkan apabila permukaan tersebut memiliki kecepatan. Semakin tinggi kecepatan maka gaya lawan yang dihasilkan juga semakin besar. Namun semakin rendah kecepatan maka gaya lawan akan semakin kecil.

#### 2.4 ESC (*Electronic Speed Controller*) [6]

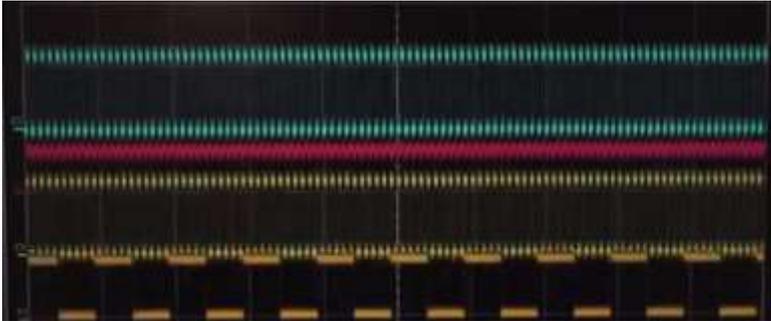


**Gambar 2.3** *Electronic Speed Controller*[6]

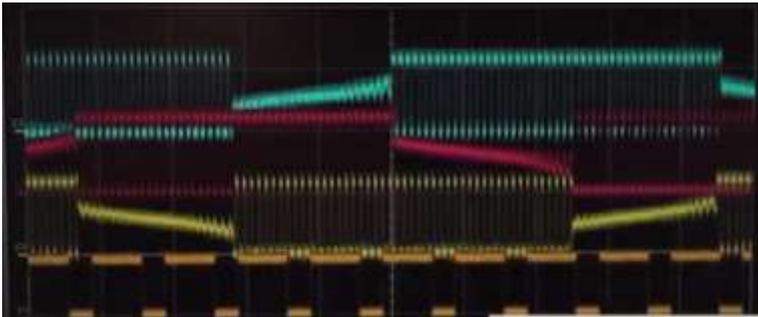
ESC merupakan rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan putaran motor pada motor RC, cara kerjanya yaitu dengan cara menterjemahkan sinyal yang diterima *receiver* dari *transmitter*. Di pasaran terdapat berbagai merk ESC dengan kekuatan arus (*current rating*) dan kekuatan Voltase (*voltage rating*) serta *feature* yang ditawarkan.

Untuk menentukan ESC yang akan kita gunakan sangatlah penting untuk mengetahui kekuatan (*peak current*) dari motor. Pilihlah ESC yang kekuatannya melebihi kekuatan motor. Misalnya, dari data kita dapatkan kekuatan motor adalah 12A (sesuai dengan *datasheet* motor) pada saat *throttle* terbuka penuh. Sebaiknya ESC yang akan kita

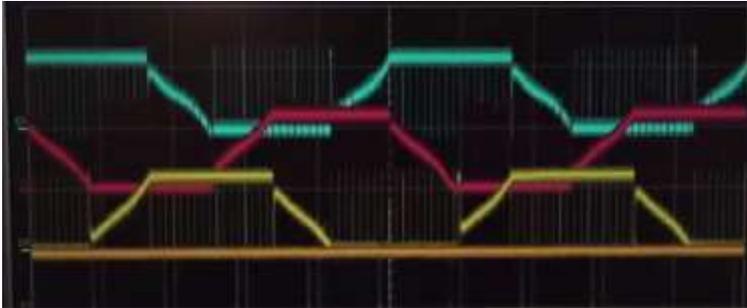
gunakan adalah ESC yang berkekuatan 18A atau 20A. Jika kita paksakan menggunakan ESC 10A kemungkinan pada saat *throttle* dibuka penuh, ESC akan panas bahkan terbakar.



**Gambar 2.4** Sinyal *Output* ESC Ketika *Duty Cycle* 50% [7]



**Gambar 2.5** Sinyal *Output* ESC Ketika *Duty Cycle* 75% [7]



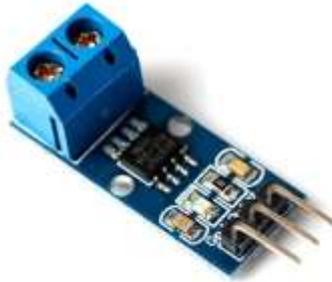
**Gambar 2.6** Sinyal *Output* ESC Ketika *Duty Cycle* 99% [7]

Pada Gambar 2.4, Gambar 2.5, dan Gambar 2.6 adalah gambar sinyal dari ESC. Sinyal warna biru, merah, dan kuning adalah sinyal output ESC. Sinyal warna oranye adalah sinyal input ESC. Terlihat perbedaan dari Input 50%, 75%, dan 99%, yaitu ketika *input* PWM dinaikkan maka sinyal *output* ESC semakin rapat, dan sebaliknya.

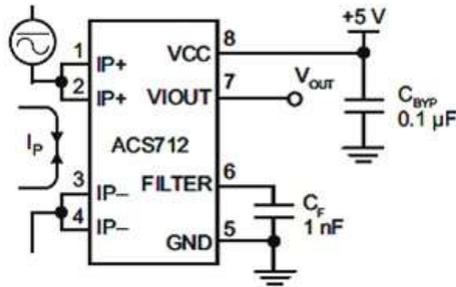
## 2.5 Sensor Arus ACS712 [8]

Sensor arus ACS712 merupakan sensor berupa modul yang memiliki kegunaan untuk mendeteksi besar arus yang mengalir lewat blok terminal. Modul Sensor Arus ACS712, dapat mendeteksi arus hingga 30A dan sinyal arus ini dapat dibaca melalui analog IO port Arduino, Produk tersedia dipasaran untuk modul ini adalah 30A, 20A, 5A. Untuk sensitivitas dari tiap tipe sensor ACS712 antara lain:

1. ACS712ELCTR-05A-T jangkauan pengukuran =  $\pm 5$  A,  
sensitivitas = 185 mV/A
2. ACS712ELCTR-20A-T jangkauan pengukuran =  $\pm 20$  A,  
sensitivitas = 100 mV/A
3. ACS712ELCTR-30A-T jangkauan pengukuran =  $\pm 30$  A,  
sensitivitas = 66 mV/A



**Gambar 2.7** Sensor Arus ACS712 [8]



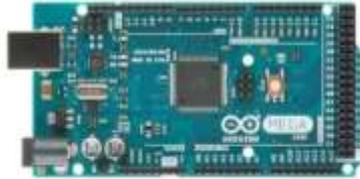
**Gambar 2.8** Rangkaian Skematik Sensor Arus ACS712 [8]

**Tabel 2.2** Konfigurasi Pin Sensor Arus ACS712

Nomor	Nama	Keterangan
1 dan 2	IP +	Pin mendeteksi arus
3 dan 4	IP -	Pin mendeteksi arus
5	GND	Pin <i>ground</i>
6	<i>Filter</i>	Pin untuk kapasitor <i>eksternal</i> yang digunakan untuk menentukan <i>bandwidth</i>
7	<i>V out</i>	Arus keluaran yang dihitung
8	VCC	Tegangan Power Supply 5V

## 2.6 Arduino Mega 2560 [9]

Arduino mega 2560 adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega 2560. Mikrokontroler ATmega 2560 mempunyai 54 pin digital *input/output* (14 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 16 *input* analog, 4 UARTs (*hardware serial port*), sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP *header*, dan sebuah tombol reset. Bentuk fisik dari ATmega 2560 ditunjukkan pada Gambar 2.8



**Gambar 2.9** Arduino Mega 2560 [9]

**Tabel 2.3** Spesifikasi Arduino Mega

<i>Mikrokontroler</i>	<b>ATmega 2560</b>
Tegangan operasi	5V
Tegangan <i>input</i> (direkomendasikan)	7 – 12 V
Tegangan <i>input</i> (batasan)	6 – 20 V
Pin <i>input/output</i> digital	54 (15 pin digunakan sebagai <i>output</i> PWM)
Pin <i>input</i> analog	16
Arus DC tiap pin I/O	40 Ma
Arus DC untuk pin 3,3 V	50 Ma
<i>Flash Memory</i>	256 KB (8 KB digunakan untuk <i>bootloader</i> )
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 Hz

## 2.7 Software Arduino [9]

*Software* Arduino yang digunakan adalah driver dan IDE walaupun masih ada beberapa software yang sangat berguna selama pengembangan arduino. IDE atau *Integrated Development Environment* suatu program khusus untuk suatu komputer agar dapat membuat suatu rancangan atau sketsa program untuk papan arduino. IDE arduino

merupakan *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan java IDE

## **2.8 PWM (Pulse Width Modulation) [10]**

PWM merupakan salah satu teknik modulasi dengan mengubah lebar pulsa (*duty cycle*) dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap. Satu siklus pulsa merupakan kondisi high kemudian berada di zona transisi ke kondisi *low*. Lebar PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. *Duty cycle* merupakan representasi dari kondisi logika high dalam suatu periode sinyal dan dinyatakan dalam bentuk (%) dengan range 0% sampai 100 %. Misalkan jika sinyal berada pada kondisi high terus menerus, artinya sinyal memiliki *duty cycle* 100%. Jika waktu sinyal keadaan high sama dengan keadaan *low* maka sinyal mempunyai *duty cycle* 50 %.

Untuk membandingkan dengan tegangan DC, PWM memiliki 3 metode operasi yaitu:

1. *Inverted mode*
2. *Non inverted mode*
3. *Toggle mode*

### **2.8.1 Toggle mode [10]**

Pada *mode toggle output* akan beralih dari nilai high (5V) ke nilai *low* (0V) jika titik pembandingan sesuai dan sebaliknya dari *low* ke *high*.

### **2.8.2 Inverted mode [10]**

Pada *mode inverted* ini jika nilai sinyal lebih besar daripada titik pembandingan (*compare level*) maka *output* akan diset *high* (5v). Dan sebaliknya, jika nilai sinyal lebih kecil maka *output* akan diset *low* (0V).

### **2.8.3 Non inverted mode [10]**

Pada *mode Non inverted* ini *output* akan bernilai *high* (5V) jika titik pembandingan (*compare level*) lebih besar daripada nilai sinyal dan sebaliknya, jika pada titik pembandingan lebih kecil dari nilai sinyal bernilai *low* (0V).

## **2.9 Software LabView [11]**

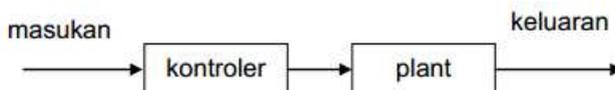
LabView kependekan dari *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench* adalah sebuah suatu bahasa pemrograman berbasis grafis yang menggunakan icon sebagai ganti bentuk teks untuk

menciptakan aplikasi. Berlawanan dengan bahasa pemrograman berbasis text dimana instruksi menentukan pelaksanaan program, *LabView* menggunakan pemrograman *dataflow*, yang mana alur data menentukan pelaksanaan. *LabView* juga mempunyai fungsi dan peranan yang sama, perbedaannya bahwa *LabView* menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara bahasa pemrograman lainnya menggunakan basis text. Program *LabView* dikenal dengan istilah Vi atau *Virtual instruments* karena penampilan dan operasinya dapat meniru sebuah *instrument*. Pada *LabView*, *user* pertama-tama membuat *user interface* atau *front panel* dengan menggunakan kontrol dan indikator, yang dimaksud dengan kontrol adalah *knobs*, *push buttons*, *dials* dan peralatan *input* lainnya sedangkan yang dimaksud dengan indikator adalah *graphs*, LED dan peralatan *display* lainnya. Setelah menyusun *user interface*, lalu *user* menyusun blok diagram yang berisi kode-kode VIs untuk mengontrol *front panel*. [1]

Komunikasi *serial* merupakan protokol dasar tingkat rendah untuk komunikasi antara dua peralatan atau lebih. Pada umumnya satu komputer dengan modem, *printer*, mikrokontroler, atau peralatan lainnya. *Serial port* mengirim dan menerima informasi *bytes* dengan hubungan seri. *Bytes* tersebut dikirimkan menggunakan format biner atau karakter ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*).

## 2.10 Open Loop System [12]

*Open loop system* atau sistem lup terbuka adalah suatu sistem yang keluarannya tidak mempunyai pengaruh terhadap aksi kontrol. Artinya, sistem kontrol terbuka keluarannya tidak dapat digunakan sebagai umpan balik dalam masukan.



**Gambar 2.10** Diagram Blok *Open Loop System*

Dalam suatu sistem kontrol terbuka, keluaran tidak dapat dibandingkan dengan masukan acuan. Jadi, untuk setiap masukan acuan berhubungan dengan operasi tertentu, sebagai akibat ketetapan dari

sistem tergantung kalibrasi. Dengan adanya gangguan, *system control open loop* tidak dapat melaksanakan tugas sesuai yang diharapkan. *System control open loop* dapat digunakan hanya jika hubungan antara masukan dan keluaran diketahui dan tidak terdapat gangguan internal maupun eksternal.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## BAB III PERANCANGAN ALAT

Dalam bab ini akan dibahas mengenai perancangan alat yang meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

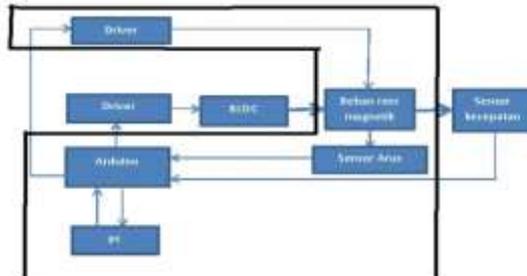
Perancangan perangkat keras meliputi perancangan mekanik dan elektrik.

1. Perancangan mekanik meliputi :
  - a. Rem magnetik
  - b. Desain alat secara keseluruhan
2. perancangan elektrik meliputi:
  - a. Driver rem magnetik
  - b. Rangkaian sensor arus
3. perancangan perangkat lunak meliputi:
  - a. Perangkat lunak menggunakan Arduino mega 2560

### 3.1 Diagram Fungsional Sistem

Perancangan alat ini dalam garis besar cara kerjanya terdapat pada Gambar 3.1. Dari Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa sistem tersebut yang saya kerjakan terdiri dari beberapa blok fungsional :

1. Arduino mega 2560, merupakan mikrokontroler yang berfungsi sebagai interface dari perangkat elektronik
2. *Driver* berfungsi sebagai penggerak rem dan sensor arus.
3. Sensor Arus mendeteksi arus *eddy* yang terdapat disekitar medan magnet pada kumparan rem magnetik

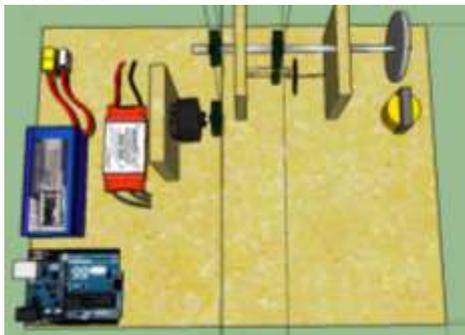


**Gambar 3.1** Diagram Fungsional

Dari Gambar 3.1 dapat diketahui bahwa bagian yang dikerjakan adalah bagian yang terdapat di dalam garis hitam. Bagian tersebut terdiri dari beberapa komponen yaitu *Driver* dari rem magnetik, arduino, beban rem magnetik, sensor arus dan PC (*Personal Computer*). Sistem kerja dari alat ini yaitu *Driver* dari rem magnetik yang telah tersambung ke arduino akan mengatur dari beban rem magnetik dengan cara menggunakan PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan menggunakan input tegangan dari arduino 0,5 V - 5 V. Arus yang mengalir pada kumparan beban rem magnetik diterima oleh sensor arus. Hasil nilai arus yang terdapat pada sensor arus akan dikirim ke arduino dan hasilnya akan ditampilkan ke PC.

### 3.2 Perancangan Mekanik

Pada plant sistem pengaturan kecepatan motor BLDC, terdapat beberapa komponen utama yang digunakan, diantaranya terdapat rem elektromagnetik yang digunakan untuk objek yang dikontrol . kemudian motor DC yang digunakan untuk mengetahui efek dari kontrol pengereman rem elektromagnetik. Rem elektromagnetik diberikan input arus DC yang berbentuk PWM.



Gambar 3.2 Perancangan Alat.

#### 3.2.1. Rem Magnetik

Piringan aluminium dihubungkan dengan poros utama. Piringan ini diapit oleh dua penghasil medan magnet. Sisi penghasil medan magnet utara dan sisi penghasil medan magnet selatan. Saat poros utama berputar maka piringan aluminium akan ikut berputar. Pada saat kecepatan putar tinggi, medan magnet diberikan, sehingga akan menimbulkan arus *eddy* yang menimbulkan gaya lawan yang melawan

arah putar piringan aluminium. Gaya lawan ini yang disebut sebagai beban, yang harus ditanggung motor *brushless* DC [1]

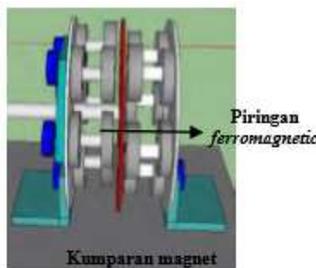
Pada sisi penghasil medan magnet utara digunakan 4 buah kumparan yang bila dialiri arus listrik akan menimbulkan medan magnet. Begitu juga pada sisi penghasil medan magnet selatan yang menggunakan 4 buah kumparan. Jumlah lilitan tiap kumparan dihitung berdasarkan rumus berikut ini :

$$N = \frac{44}{d} \times V = \frac{44}{1,4} \times 36 = 1131 \dots\dots\dots(3.1)$$

di mana :

- N : jumlah lilitan tiap sisi
- d : diameter kumparan (cm)
- V : tegangan *input* (Volt)

Karena tiap sisi rem terdapat 4 kumparan maka setiap kumparan memiliki 283 lilitan. Kemudian semua kumparan dihubung seri. Sumber tenaga yang digunakan untuk rem magnetik ini sudah terkonfigurasi sama dengan sumber yang digunakan pada motor *brushless* DC. Besar pengaturan tegangan yang masuk pada rangkaian rem magnet akan mempengaruhi banyak arus yang mengalir dan mempengaruhi besar medan magnet yang dihasilkan, yang berarti juga mempengaruhi gaya lawan yang dihasilkan. [2]



**Gambar 3.3** Perancangan Rem Magnetik [1]

Perancangan elektronik ini meliputi desain layout rangkaian PCB serta pengkabelan. Rangkaian elektronik pada plant ini meliputi

rangkaian driver rem elektromagnetik serta rangkaian sensor arus. Serta rancangan pengkabelan pada mikrokontroler Arduino.

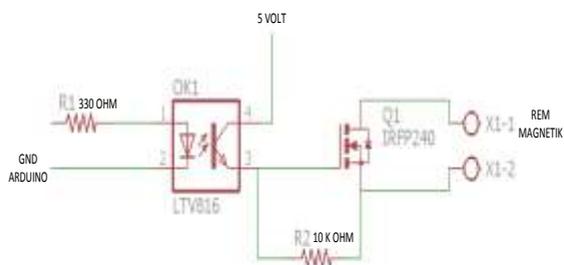
### 3.3 Perancangan Elektronik

Perancangan elektronik ini meliputi desain layout rangkaian PCB serta pengkabelan. Rangkaian elektronik pada *plant* ini meliputi rangkaian *driver* rem elektromagnetik serta rangkaian sensor arus. Serta rancangan pengkabelan pada mikrokontroler Arduino.

#### 3.3.1 Rangkaian Driver Rem

Rangkaian *driver* rem magnetik yang digunakan pada *plant* ini dapat dikendalikan kekuatan medan magnetnya. Hal ini dapat dilakukan dengan mengubah besarnya arus yang masuk ke kumparan. Cara termudah untuk merubah arus pada kumparan adalah dengan mengatur tegangan masukan pada kumparan dikarenakan dengan berubahnya nilai tegangan masukan pada kumparan maka tentunya nilai arus masukan pada kumparan berubah menyesuaikan dengan tegangan. Hal ini berjalan sesuai dengan hukum Ohm yaitu  $V = I.R$ , karena  $R$  pada kumparan bernilai sama maka nilai tegangan sebanding dengan nilai arus. [1]

Ada beberapa cara untuk dapat mengatur tegangan. Misalnya saja rangkaian pembagi tegangan dan dengan membuat tegangan menjadi sebuah sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM). Pada proyek akhir kali ini untuk mengatur tegangan masukan pada kumparan digunakan metode yang menggunakan sinyal PWM



Gambar 3.4 Driver Rem Magnetik

### 3.3.2 Pengkabelan Mikrokontroler Arduino Mega

Arduino memiliki 54 *input output digital* dan 16 *input output analog*. Pada Arduino Mega juga terdapat 14 pin yang menggunakan sinyal PWM sebagai *input* dan *output* yaitu pin 2,3,4,5,6,7,9,10, 11,12,13.

Pada proyek akhir ini digunakan beberapa buah pin *input output* dengan rincian sebagai berikut:

- Pin A1 : *input* analog dari potensio rem
- Pin A3 : *input* analog sensor ACS712
- Pin 9 : *output* PWM untuk rem magnetik

Selain pin-pin di atas tentunya dibutuhkan juga pin 5 Volt dan ground karena setiap sensor dan motor membutuhkan ground

### 3.4 Perancangan Software Arduino

Pada proyek akhir ini agar dapat mengatur rem elektromagnetik melalui rangkaian *driver* rem elektromagnetik, dan mengetahui hasil pengukuran dari sensor arus , diperlukan *software* arduino. hasil yang ditangkap sensor arus ditampilkan ke LCD. Untuk pengaturan rem direpresentasikan dari besarnya sinyal PWM yang diberikan untuk menggerakkan rem magnetik . Tampilan *software* ini dapat dilihat pada Gambar 3.4

```
void data_milih() {
  temp = analogRead(A1) * (5.0 / 1023.0); //konversi tegangan analog menjadi digital
  adc_Volt = adc1temp * 2.30; //mengambil nilai dari tegangan
  adc_Volt /= 0.188; //arus dalam A
  adc_Volt *= 1000; //mubah arus A ke mA

  if (waktu_kalibrasi < kalibrasi) {
    waktu_kalibrasi++;
    Serial.print("waktu kalibrasi: ");
    Serial.println(waktu_kalibrasi);
    arus_temporary += adc_Volt; //penjumlahan arus output sensor
    calibration = true;
  }

  else if (calibration == true) {
    ori_value = arus_temporary / kalibrasi; //pembagian nilai keseluruhan dengan waktu
    kalibrasi = false;
  }

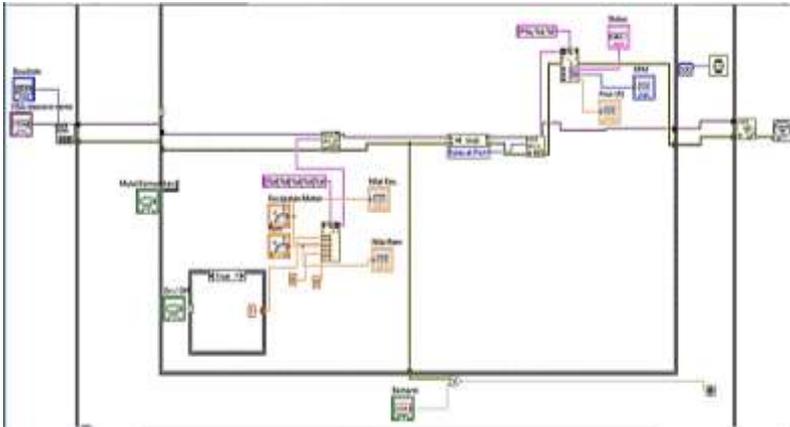
  if (calibration == false) {
    adc_Volt -= cal_value;
    adc_Volt = abs(adc_Volt);
    Serial.print("Arus: ");
    Serial.println(adc_Volt);
    Serial.println(" mA");
    //delay(1000);
    adc_Volt /= 1000;
    Serial.println(adc_Volt);
    Serial.println(" A");
    Serial.println(" ");
  }
}
```

**Gambar 3.5** Tampilan Program Arduino untuk Kalibrasi Sensor Arus

### 3.5 Perancangan Software LabView

Pada proyek akhir ini juga dapat mengatur dan mengetahui hasil pengukuran dari sensor arus rem elektromagnetik melalui *LabView*. Akan tetapi untuk menyambungkan ke *LabView* tetap diperlukan arduino dan *software* arduino sebagai *interface*. Untuk pengaturan rem direpresentasikan dari besarnya sinyal PWM yang diberikan untuk menggerakkan rem magnetik. Hasil yang ditangkap sensor arus ditampilkan ke *LabView*.

Pada *software LabView* terdapat Blok Diagram yang mengatur cara kerja dari alat yang telah dibuat dan tampilan untuk mengatur rem magnetik dan motor BLDC, serta untuk menampilkan data yang diterima oleh sensor. Tampilan software ini dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan Gambar 3.7



**Gambar 3.6** Tampilan Diagram Blok *LabView*



**Gambar 3.7** Tampilan Simulasi *LabView*

Untuk tampilan dari simulasi *LabView* yang terdapat pada Gambar 3.6 digunakan untuk mempermudah mengatur dan memantau hasil dari kontrol kecepatan motor BLDC dan Rem Magnetik. Untuk tampilan potensiometer pada *LabView* pada Gambar 3.6 digunakan untuk mengatur kecepatan putar motor BLDC dan juga mengatur tegangan yang ada pada rem magnetik.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN DAN ANALISA**

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian alat dan analisa data dari hasil rancangan alat yang telah dibuat. Pengujian alat ini dilakukan untuk mengetahui alat ini berfungsi dengan baik atau tidak.

Pengujian alat ini meliputi analisa program arduino. Pengujian sensor arus ACS712, pengujian rem magnetik yang digunakan untuk pengereman motor BLDC. Pengereman motor BLDC diatur dengan menggunakan potensiometer yang telah tersambung dengan arduino yang telah diprogram.

#### **4.1 Tampilan Alat Secara Fisik**

Pada Gambar 4.1 merupakan tampilan fisik motor BLDC dan rem magnetik yang telah direalisasikan. Dudukan yang digunakan berbahan dasar yang terbuat dari akrilik. Terdapat 8 buah lilitan kawat yang berfungsi sebagai rem magnetik. Selain itu terdapat 1 buah piringan yang satu terbuat dari alumunium yang berfungsi sebagai beban pada poros. Kontruksi rem magnetik adalah baut yang memiliki diameter 1 cm. lalu baut tersebut dililit sebanyak 400 lilitan agar didapatkan medan magnet yang cukup kuat untuk membebani motor BLDC.

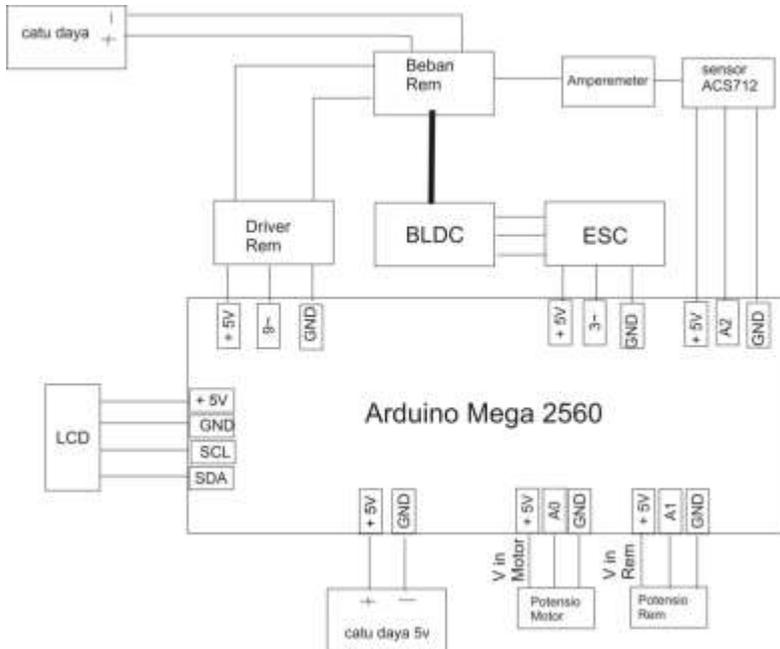


**Gambar 4.1** Tampilan Alat Secara Fisik

Pada Gambar 4.1 tersebut juga terlihat ada piringan diantara dua baut yang terbuat dari aluminium setebal 5 mm. diameter dari piringan ini adalah 15 cm. piringan terpasang pada sebuah poros yang terpasang dengan kopel yang terhubung dengan motor. Poros ini juga ikut menyebabkan piringan berputar. Pada alat tersebut juga terdapat Arduino yang berfungsi sebagai mikrokontroler atau *interface* jika saat disambungkan ke *LabView*. Sensor yang digunakan adalah sensor arus ACS712 yang dipasang pada kumparan rem magnetik dan juga sensor *rotary encoder* yang dikopel dengan motor BLDC dan rem magnetik. Kemudian terdapat LCD yang berguna untuk menampilkan data yang diterima oleh sensor arus dan *rotary encoder*.

#### 4.2 Pengujian Sensor Arus ACS712

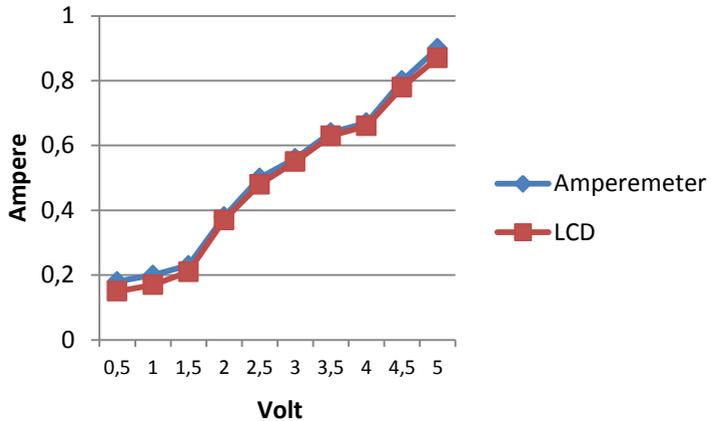
Pada pengujian sensor ACS712, terdapat 2 pengujian. Yang pertama adalah linierisasi sensor dan yang kedua adalah kalibrasi sensor. Linierisasi sensor dilakukan untuk mengetahui kondisi sensor, apakah sensor dalam kondisi yang masih bagus atau sudah rusak. Sedangkan kalibrasi sensor dilakukan agar pembacaan arus dari sensor ACS712 akurat. Untuk pengujian linearisasi sensor tidak mengaktifkan motor BLDC. Untuk pengujian linierisasi sensor, caranya yaitu menjalankan rem magnetik yang diatur dengan menggunakan potensiometer rem yang diputar dan tersambung dengan arduino yang telah diprogram. Program yang digunakan adalah program PWM (*Pulse Width Modulation*). Ketika *duty cycle* 100% maka sinyal tegangan pengatur rem akan dilewatkan seluruhnya. Jika tegangan catu dari rem magnetik 5 V maka rem akan mendapat tegangan catu 5V. Dan jika *duty cycle* 50%, tegangan pada rem akan dilewatkan 50% dari tegangan total catu daya, dan begitu seterusnya. Ketika *duty cycle* semakin besar maka tegangan yang dilewatkan akan semakin besar. Jika tegangan semakin besar maka arus eddy yang mengalir pada kumparan magnetik akan bertambah besar sehingga mengakibatkan penurunan kecepatan pada motor BLDC ketika motor BLDC berputar. Sensor ACS712 disambungkan secara seri dengan *Amperemeter* dan rem yang sudah terpasang. Kemudian hasil dari pembacaan sensor arus ACS712 dibandingkan dengan *amperemeter*. Hal ini untuk mengetahui respon dan hasil pembacaan arus yang terbaca sensor ACS712 yang dipakai.



**Gambar 4.2** Pengujian Sensor Arus ACS712

**Tabel 4.1** Kalibrasi Rem Magnetik dan Sensor Arus ACS712

No	Vrem (Volt)	Amperemeter (A)	Tampilan LCD (A)
1	0,5	0,18	0,15
2	1	0,2	0,17
3	1,5	0,23	0,21
4	2	0,38	0,37
5	2,5	0,5	0,48
6	3	0,56	0,55
7	3,5	0,64	0,63
8	4	0,67	0,66
9	4,5	0,8	0,78
10	5	0,9	0,87
KORELASI			0,9994478



**Gambar 4.3** Korelasi Antara Sensor Arus ACS712 dengan *Amperemeter*

Dari tabel hasil pengujian sensor ACS712 seperti Tabel 4.1 bertujuan untuk mengetahui perbedaan pembacaan arus dari *amperemeter* dan sensor ACS712. Hal ini dilakukan untuk kalibrasi sensor ACS712. Caranya yaitu dengan mengatur tegangan *input* rem magnetik dengan cara memutar potensio dari rem magnetik yang telah disambungkan dengan sensor ACS712. Pengujian ini menggunakan mikrokontroler Arduino. Gambar pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.2. Sedangkan hasil pengkalibrasian sensor ACS712 ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Dari data Tabel 4.1 juga bisa dapat diperoleh nilai korelasi dari perhitungan antara amperemeter dan sensor ACS712. Koefisien korelasi akan selalu berada dalam *range* -1 sampai dengan +1. Korelasi nilai negatif (-) adalah jika variabel X mengalami kenaikan dan variabel Y mengalami penurunan atau sebaliknya. Sedangkan korelasi nilai positif (+) adalah jika variabel X mengalami kenaikan maka variabel Y mengalami kenaikan atau jika variabel X mengalami penurunan maka variabel Y mengalami penurunan. Nilai koefisien yang diperoleh dari data Tabel 4.1 adalah 0,9994478.

Pada pengujian yang tertera pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa hasil pembacaan pada sensor ACS712 dan *Amperemeter* memiliki perbedaan hingga mencapai 0,06 A. Perbedaan arus ini semakin besar

pada saat kecepatan tinggi. Hal ini disebabkan karena sensitivitas dari sensor ACS712 yang masih kurang *sensitive*.

### 4.3 Pengujian Rem Magnetik saat Kecepatan Motor 3000 RPM

Pada pengujian rem magnetik dengan kecepatan 3000 RPM. Pengujian beban rem magnetik diatur oleh *driver* beban rem magnetik dengan menggunakan potensiometer yang telah tersambung dengan arduino yang telah diprogram. Pengukuran rem magnetik dikonfigurasi dengan motor BLDC. Pengujian ini dilakukan ketika kecepatan rem yang telah diputar oleh motor berada dalam kecepatan 3000 RPM. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *input* dari potensiometer rem yang nilainya di *mapping* dari 0% sampai 100%. Maksud dari *mapping* 0% sampai 100% merupakan sinyal tegangan yang masuk pada pengatur potensiometer rem.

Dari Gambar 4.2 cara pengujiannya yaitu, potensiometer motor BLDC yang telah tersambung dengan arduino yang diprogram diputar dan diatur hingga motor BLDC berputar dan memutar rem magnetik sehingga kecepatan dari rem magnetik 3000 RPM. *Input* potensiometer rem diputar dan diatur sesuai dengan Tabel 4.2 yaitu di *mapping* dengan tegangan *input* dari 0 V – 5V. Kemudian sensor ACS712 dan *amperemeter* dipasang secara seri dengan rem magnetik. Arus yang terbaca pada sensor ACS712 dibandingkan dengan arus yang terbaca pada *amperemeter* sesuai dengan Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Rem Magnetik dan Sensor Arus Saat Kecepatan Awal Motor 3000 RPM

No	Vrem (Volt)	Nilai Arus (A)	Kecepatan (RPM)
1	0,5	0,16	2874
2	1	0,18	2768
3	1,5	0,21	2655
4	2	0,24	2536
5	2,5	0,28	2440
6	3	0,37	2378
7	3,5	0,36	2214
8	4	0,4	2136
9	4,5	0,47	2037
10	5	0,49	1939

Pengujian rem magnetik dengan kecepatan awal motor BLDC 3000 RPM dilakukan untuk menentukan kemampuan arus *eddy* pada rem magnetik untuk mengurangi kecepatan motor BLDC. Pengujiannya dilakukan ketika motor BLDC diatur kecepatan putarannya sebesar 3000 RPM. Kemudian potensio dari rem Rem magnetik diputar dan diatur sesuai dengan Tabel 4.2

Dari hasil pengujian pada Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa ketika tegangan *input* yang diberikan dari arduino berpengaruh terhadap arus yang mengalir pada kumparan rem magnetik. Ditandai dengan adanya kenaikan arus *eddy* yang terdeteksi pada sensor arus. Semakin besar tegangan yang diberikan, semakin besar arus yang mengalir pada kumparan rem magnetik. Dilihat dari Tabel 4.2 untuk setiap kenaikan 0,5 V tegangan *input* yang diberikan dapat menimbulkan kenaikan arus yang mengalir pada kumparan magnetik sekitar 0,03 A. Akibat yang ditimbulkan dari pengujian ini juga berpengaruh terhadap kecepatan putar motor BLDC. Setiap kenaikan 0,5 V tegangan *input* dari arduino mengakibatkan kecepatan putar motor BLDC berkurang sekitar 120 RPM.

#### **4.4 Pengujian Rem Magnetik saat Kecepatan Motor 4000 RPM**

Pada pengujian rem magnetik dengan kecepatan 4000 RPM. Pengujian rem magnetik diatur oleh *driver* rem magnetik dengan menggunakan potensiometer yang telah tersambung dengan arduino yang telah diprogram. Pengukuran rem magnetik dikonfigurasi dengan motor BLDC. Pengujian ini dilakukan ketika kecepatan rem yang telah diputar oleh motor berada dalam kecepatan 4000 RPM. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *input* dari potensiometer rem yang nilainya di *mapping* dari 0% sampai 100%. Maksud dari *mapping* 0% sampai 100% merupakan sinyal tegangan yang masuk pada pengatur potensiometer rem.

Dari Gambar 4.2 cara pengujiannya yaitu, potensiometer motor BLDC yang telah tersambung dengan arduino yang diprogram diputar dan diatur hingga motor BLDC berputar dan memutar rem magnetik sehingga kecepatan dari rem magnetik 4000 RPM. *Input* potensiometer rem diputar dan diatur sesuai dengan tabel yaitu di *mapping* dengan tegangan *input* dari 0 V – 5V. Kemudian sensor ACS712 dan *amperemeter* dipasang secara seri dengan rem magnetik. Arus yang terbaca pada sensor ACS712 dibandingkan dengan arus yang terbaca pada *amperemeter* sesuai dengan Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Rem Magnetik dan Sensor Arus Saat Kecepatan Awal Motor 4000 RPM

No	Vrem (Volt)	Nilai Arus (A)	Kecepatan (RPM)
1	0,5	0,23	3853
2	1	0,29	3732
3	1,5	0,34	3629
4	2	0,39	3568
5	2,5	0,4	3641
6	3	0,51	3581
7	3,5	0,56	3436
8	4	0,56	3312
9	4,5	0,63	3224
10	5	0,74	3143

Pengujian rem magnetik dengan kecepatan awal motor BLDC 4000 RPM dilakukan untuk menentukan kemampuan arus *eddy* pada rem magnetik untuk mengurangi kecepatan motor BLDC. Pengujiannya dilakukan ketika motor BLDC diatur kecepatan putarannya sebesar 4000 RPM. Kemudian potensio dari rem Rem magnetik diputar dan diatur sesuai dengan Tabel 4.3.

Dari hasil pengujian pada Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa ketika tegangan *input* yang diberikan dari arduino berpengaruh terhadap arus yang mengalir pada kumparan rem magnetik. Ditandai dengan adanya kenaikan arus yang terdeteksi pada sensor arus. Semakin besar tegangan yang diberikan, semakin besar arus yang mengalir pada kumparan rem magnetik.

Dilihat dari Tabel 4.3 untuk setiap kenaikan 0,5 V tegangan *input* yang diberikan dapat menimbulkan kenaikan arus *eddy* yang mengalir pada kumparan magnetik sekitar 0,05 A yang mana lebih besar arus yang mengalir pada kumparan rem magnetik dibandingkan dengan pengujian pada Tabel 4.2 yang memiliki kenaikan sebesar 0,03 A. Akibat yang ditimbulkan dari pengujian ini juga berpengaruh terhadap kecepatan putar motor BLDC. Setiap kenaikan 0,5 V tegangan *input* dari arduino mengakibatkan kecepatan putar motor BLDC berkurang sekitar 140 RPM yang mana memiliki efek penurunan kecepatan lebih besar daripada Tabel 4.2 yang memiliki nilai penurunan kecepatan sebesar sekitar 120 RPM.

#### 4.5 Pengujian Rem Magnetik saat Kecepatan Motor 5000 RPM

Pada pengujian rem magnetik dengan kecepatan 5000 RPM. Pengujian rem magnetik diatur oleh *driver* rem magnetik dengan menggunakan potensiometer yang telah tersambung dengan arduino yang telah diprogram. Pengukuran rem magnetik dikonfigurasi dengan motor BLDC. Pengujian ini dilakukan ketika kecepatan rem yang telah diputar oleh motor berada dalam kecepatan 5000 RPM. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *input* dari potensiometer rem yang nilainya di *mapping* dari 0% sampai 100%. Maksud dari *mapping* 0% sampai 100% merupakan sinyal tegangan yang masuk pada pengatur potensiometer rem.

Dari Gambar 4.2 cara pengujiannya yaitu, potensiometer motor BLDC yang telah tersambung dengan arduino yang diprogram diputar dan diatur hingga motor BLDC berputar dan memutar rem magnetik sehingga kecepatan dari rem magnetik 5000 RPM. *Input* potensiometer rem diputar dan diatur sesuai dengan tabel yaitu di *mapping* dengan tegangan *input* dari 0 V – 5V. Kemudian sensor ACS712 dan *amperemeter* dipasang secara seri dengan rem magnetik. Arus yang terbaca pada sensor arus ACS712 dibandingkan dengan arus yang terbaca pada *amperemeter* sesuai dengan Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Rem Magnetik dan Sensor Arus Saat Kecepatan Awal Motor 5000 RPM

No	Vrem (Volt)	Nilai Arus (A)	Kecepatan (RPM)
1	0,5	0,3	4867
2	1	0,37	4756
3	1,5	0,41	4632
4	2	0,43	4548
5	2,5	0,55	4463
6	3	0,56	4371
7	3,5	0,59	4248
8	4	0,68	4167
9	4,5	0,73	4053
10	5	0,76	3874

Pengujian rem magnetik dengan kecepatan motor BLDC 5000 RPM dilakukan untuk menentukan kemampuan arus *eddy* pada rem magnetik untuk mengurangi kecepatan motor BLDC. Pengujiannya dilakukan ketika motor BLDC diatur kecepatan putarannya sebesar 5000

RPM. Kemudian potensio dari rem Rem magnetik diputar dan diatur sesuai dengan Tabel 4.4.

Dilihat dari Tabel 4.4 untuk setiap kenaikan 0,5 V tegangan *input* yang diberikan dapat menimbulkan kenaikan arus yang mengalir pada kumparan magnetik sekitar 0,06 A yang mana lebih besar kenaikan arus *eddy* yang mengalir pada kumparan rem magnetik dibandingkan dengan pengujian pada Tabel 4.3 yang memiliki kenaikan sebesar 0,05 A. Akibat yang ditimbulkan dari pengujian ini juga berpengaruh terhadap kecepatan putar motor BLDC. Setiap kenaikan 0,5 V tegangan *input* dari arduino mengakibatkan kecepatan putar motor BLDC berkurang sekitar 130 RPM yang mana memiliki efek penurunan kecepatan lebih kecil daripada Tabel 4.3 yang memiliki nilai penurunan kecepatan sebesar sekitar 140 RPM.

#### **4.6 Pengujian Rem Magnetik saat Kecepatan Motor 6000 RPM**

Pada Pengujian rem magnetik dengan kecepatan 6000 RPM. Pengujian rem magnetik diatur oleh *driver* rem magnetik dengan menggunakan potensiometer yang telah tersambung dengan arduino yang telah diprogram. Pengukuran rem magnetik dikonfigurasi dengan motor BLDC. Pengujian ini dilakukan ketika kecepatan rem yang telah diputar oleh motor berada dalam kecepatan 6000 RPM. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *input* dari potensiometer rem yang nilainya di *mapping* dari 0% sampai 100%. Maksud dari *mapping* 0% sampai 100% merupakan sinyal tegangan yang masuk pada pengatur potensiometer rem.

Dari Gambar 4.2 cara pengujiannya yaitu, potensiometer motor BLDC yang telah tersambung dengan arduino yang diprogram diputar dan diatur hingga motor BLDC berputar dan memutar rem magnetik sehingga kecepatan dari rem magnetik 6000 RPM. *Input* potensiometer rem diputar dan diatur sesuai dengan tabel yaitu di *mapping* dengan tegangan *input* dari 0 V – 5V. Kemudian sensor ACS712 dan *amperemeter* dipasang secara seri dengan rem magnetik. Arus yang terbaca pada sensor ACS712 dibandingkan dengan arus yang terbaca pada *amperemeter* sesuai dengan Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Rem Magnetik dan Sensor Arus Saat Kecepatan Awal Motor 6000 RPM

No	Vrem (Volt)	Nilai Arus (A)	Kecepatan (RPM)
1	0,5	0,31	5786
2	1	0,34	5627
3	1,5	0,38	5503
4	2	0,41	5357
5	2,5	0,49	5234
6	3	0,53	5069
7	3,5	0,57	4939
8	4	0,64	4771
9	4,5	0,71	4645
10	5	0,78	4478

Pengujian rem magnetik dengan kecepatan motor BLDC 6000 RPM dilakukan untuk menentukan kemampuan arus *eddy* pada rem magnetik untuk mengurangi kecepatan motor BLDC. Pengujiannya dilakukan ketika motor BLDC diatur kecepatan putarannya sebesar 6000 RPM. Kemudian potensio dari rem Rem magnetik diputar dan diatur sesuai dengan Tabel 4.5.

Dilihat dari Tabel 4.5 untuk setiap kenaikan 0,5 V tegangan *input* yang diberikan dapat menimbulkan kenaikan arus *eddy* yang mengalir pada kumparan magnetik sekitar 0,04 A yang mana lebih kecil kenaikan arus yang mengalir pada kumparan rem magnetik dibandingkan dengan pengujian pada Tabel 4.4 yang memiliki kenaikan sebesar 0,05 A. Akibat yang ditimbulkan dari pengujian ini juga berpengaruh terhadap kecepatan putar motor BLDC. Setiap kenaikan 0,5 V tegangan *input* dari arduino mengakibatkan kecepatan putar motor BLDC berkurang sekitar 150 RPM yang mana memiliki efek penurunan kecepatan lebih besar daripada Tabel 4.4 yang memiliki nilai penurunan kecepatan sebesar sekitar 130 RPM.

#### 4.7 Pengujian Rem Magnetik saat Kecepatan Motor 7000 RPM

Pada pengujian Rem Magnetik saat kecepatan motor 7000 RPM Pengujian rem magnetik diatur oleh *driver* rem magnetik dengan menggunakan potensiometer yang telah tersambung dengan arduino yang telah diprogram. Pengukuran rem magnetik dikonfigurasi dengan motor BLDC. Pengujian ini dilakukan ketika kecepatan rem yang telah diputar oleh motor berada dalam kecepatan 7000 RPM. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *input* dari potensiometer

rem yang nilainya di *mapping* dari 0% sampai 100%. Maksud dari *mapping* 0% sampai 100% merupakan sinyal tegangan yang masuk pada pengatur potensiometer rem.

Dari Gambar 4.2 cara pengujiannya yaitu, potensiometer motor BLDC yang telah tersambung dengan arduino yang diprogram diputar dan diatur hingga motor BLDC berputar dan memutar rem magnetik sehingga kecepatan dari rem magnetik 7000 RPM. *Input* potensiometer rem diputar dan diatur sesuai dengan tabel yaitu di *mapping* dengan tegangan *input* dari 0 V – 5V. Kemudian sensor ACS712 dan *amperemeter* dipasang secara seri dengan rem magnetik. Arus yang terbaca pada sensor ACS712 dibandingkan dengan arus yang terbaca pada *amperemeter* sesuai dengan Tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Rem Magnetik dan Sensor Arus Saat Kecepatan Awal Motor 7000 RPM

No	Vrem (Volt)	Nilai Arus (A)	Kecepatan (RPM)
1	0,5	0,33	6876
2	1	0,39	6740
3	1,5	0,43	6591
4	2	0,47	6463
5	2,5	0,52	6328
6	3	0,58	6206
7	3,5	0,61	6074
8	4	0,64	5907
9	4,5	0,69	5773
10	5	0,77	5649

Pengujian rem magnetik dengan kecepatan motor BLDC 7000 RPM dilakukan untuk menentukan kemampuan arus eddy pada rem magnetik untuk mengurangi kecepatan motor BLDC. Pengujiannya dilakukan ketika motor BLDC diatur kecepatan putarannya sebesar 7000 RPM. Kemudian potensio dari Rem magnetik diputar dan diatur sesuai dengan Tabel 4.6.

Dilihat dari Tabel 4.6 untuk setiap kenaikan 0,5 V tegangan *input* yang diberikan dapat menimbulkan kenaikan arus *eddy* yang mengalir pada kumparan magnetik sekitar 0,04 A yang mana kenaikan arus yang mengalir pada kumparan rem magnetik sama dengan pengujian pada Tabel 4.5 yang memiliki kenaikan sebesar 0,04 A. Akibat yang ditimbulkan dari pengujian ini juga berpengaruh terhadap kecepatan putar motor BLDC. Setiap kenaikan 0,5 V tegangan *input* dari arduino

mengakibatkan kecepatan putar motor BLDC berkurang sekitar 130 RPM yang mana memiliki efek penurunan kecepatan lebih kecil daripada Tabel 4.5 yang memiliki nilai penurunan kecepatan sebesar sekitar 150 RPM.

#### **4.8 Analisa Hasil Pengujian Keseluruhan**

Dari seluruh hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai dari kecepatan yang didapat dari sensor *rotary encoder* memiliki hasil yang kurang akurat. Hal ini dapat dilihat pada setiap tabel pengujian yang telah dilakukan dari kecepatan awal motor BLDC 3000 RPM sampai dengan kecepatan motor BLDC 7000 RPM yang mana seharusnya ketika arus *eddy* yang mengalir pada rem magnetik memiliki nilai kenaikan yang semakin besar maka nilai penurunan dari kecepatan putar motor BLDC juga semakin besar. Akan tetapi, pada pengujian yang telah dilakukan ketika arus yang mengalir pada rem magnetik memiliki kenaikan yang semakin besar terdapat penurunan kecepatan putar motor BLDC yang tidak konsisten.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

Dari hasil yang telah didapatkan selama proses dan pembuatan serta proses analisa data untuk proyek akhir ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran yang berguna untuk perbaikan dan pengembangan agar nantinya bisa bermanfaat.

#### **5.3 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari Proyek Akhir ini adalah sensor arus ACS712 memiliki sensitivitas yang cukup bagus dengan nilai korelasi 0,9987. antara sensor dan *amperemeter* .Untuk hasil pengujian pengereman dengan menggunakan rem magnetik mengakibatkan perubahan penurunan kecepatan putar motor BLDC. Tetapi perubahan penurunan kecepatan putar pada motor BLDC tidak terlihat signifikan. Misalkan ketika kecepatan putar awal motor BLDC 3000 RPM ketika tegangan *input* rem magnetik 0,5 V kecepatan putar motor berubah menjadi 2874 RPM. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan nilai dari sensor *rotary encoder* kurang presisi. Dilihat dari hasil pengujian seharusnya jika kenaikan arus *eddy* yang mengalir pada kumparan magnet semakin besar maka penurunan kecepatan juga semakin besar. Akan tetapi pada hasil pengujian didapatkan hasil yang kurang konsisten.

#### **5.4 Saran**

Diharapkan untuk kedepannya dapat memilih piringan logam yang lebih besar nilai konduktivitasnya agar dapat menghasilkan nilai induktansi medan magnet yang lebih besar sehingga dapat menambah nilai arus *eddy* yang lebih besar dan hasil dari pengereman lebih optimal. Untuk penyangga maupun tatanan lebih baik dibuat dari bahan yang kuat dan tahan terhadap getaran, agar sewaktu dijalankan tidak mengganggu kecepatan putar.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

## DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Intan Nur Robi Annisa dan Zaka Perwira, "Pembuatan Modul Kontrol Kecepatan Motor *Brushless* DC dengan Mikrokontroler", *Tugas Akhir*, Program D3 Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2016.
- [2.] ....., *Katalog Motor BLDC*.  
<https://www.lazada.co.id/catalog/sunnysky>, Diakses pada 30 Oktober 2018
- [3.] Guntur Sadhiea Putra. "Perancangan Kontrol Kecepatan Motor Arus Searah Tanpa Sikat Menggunakan Sliding Mode Berbasis PID", *Tugas Akhir*, Program Teknik Elektro FTI ITS, Surabaya, 2016.
- [4.] Ahmad Fachrudin Istiananda, Ir. Rusdhianto Effendie A.K. M.T., dan Andri Ashfahani S.T., M.T., M.Sc." Perancangan dan Implementasi Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Arus Searah Tanpa Sikat Menggunakan Metode PID-Robust". *Jurnal. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.2016.
- [5.] ....., *Prinsip Arus Eddy Pada Logam Yang Bergerak* ,  
<https://www.mabelakita.blogspot.com>, Diakses pada 30 Oktober 2018
- [6.] ....., *Pengertian Electronic Speed Controler*,  
<https://www.dx.com> Diakses pada 30 Oktober
- [7.] ....., *Gambar Sinyal output Electronic Speed Controler ke Motor BLD*. [https://www.youtube.com/watch?v=i025lh\\_P-Pw](https://www.youtube.com/watch?v=i025lh_P-Pw)  
Diakses pada 11 Februari 2019
- [8.] ....., *Sensor Arus ACS712*, <https://www.alselectro.com>. Diakses pada 7 Desember 2018
- [9] ....., *Arduino Mega Mikrokontroler AT Mega 2560*, Lab Elektronika., <http://www.labelektronika.com/2017/02/arduino-mega-2560-mikrokontroler.html>. Diakses pada 9 Desember 2018
- [10.] Arisulistiono., *Pengertian Sinyal PWM*  
<http://www.arisulistiono.com>. Diakses Pada 7 Maret 2018
- [11.] ....., *Pengertian LabView* <https://rakhman.net/electrical-id/labview-software/>, Diakses pada 1 Januari 2019

- [12.] Muhammad Fachri Priyatna, Bachtiar Alif Gigah. “Perancangan Rem Magnetik Pada Motor DC Dengan Menggunakan Arduino”, ***Tugas Akhir***, D3 Teknik Elektro, ITS Surabaya, 2015

## LAMPIRAN A

```
#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Servo.h>

Servo esc;
int PWM;
int nilai1;
int nilai;
int persent;
double arus_temporary=0.0;
float adc_Volt, cal_value,temp;
unsigned long waktu_kalibrasi=0, kalibrasi=600;
boolean calibration=false;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,2,1,0,4,5,6,7);
byte potPin = 0;

byte graph [8][8] =
{
  { 0x00, 0x03, 0x05, 0x19, 0x11, 0x19, 0x05, 0x03 }, // simbol speaker
  { 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xFF, 0x00 }, // 1 bar
  { 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xFF, 0xFF, 0x00 }, // 2 bar
  { 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0x00 }, // 3 bar
  { 0x00, 0x00, 0x00, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0x00 }, // 4 bar
  { 0x00, 0x00, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0x00 }, // 5 bar
  { 0x00, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0x00 }, // 6 bar
  { 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0x00 } // 7 bar
};

void setup ()
{
  esc.attach(3);
  pinMode (9, OUTPUT);
  lcd.begin(20, 4);
  lcd.setBacklightPin(3, POSITIVE);
  lcd.setBacklight(HIGH);
```

```

Serial.println("sistem dimulai");
Serial.print("waktu kalibrasi:");
Serial.println(kalibrasi);
Serial.begin(9600);
for (int a = 0; a < 8; a++)
    lcd.createChar(a, graph[a]); // pembuatan karakter khusus bar volume
}

```

```

void loop ()
{
    data_olah();
    delay(10);
    int readADC = analogRead(potPin);
    int bar = map(readADC, 0, 1023, 1, 8);           // perbandingan
                                                    readADC dengan jumlah bar
    int vol = map(readADC, 0, 1023, 0, 100);
    int PWM = analogRead(potPin);
    PWM = map(PWM, 0,1023,0,255);
    esc.write(PWM);
    for(int b = 0; b<bar; b++)                       // untuk 'b' kurang dari 'bar',
                                                    'b' akan ditambah terus
    {
        lcd.write(byte(b));                         // tulis karakter graph sesuai
                                                    nilai 'b' (b =jumlah barisnya)
    }
    if(vol==0)                                       // jika vol = 0
    {
        lcd.setCursor(1,0);
        lcd.print("x");                             // maka print 'x'
        lcd.print(" Mute");                         // dan "Mute"
    }
    lcd.setCursor(8,0);
    lcd.print(vol);                                 // cetak nilai 'vol'
    lcd.print(" %");                               // persentase
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("A = ");
    lcd.print(readADC);
}

```

```

lcd.setCursor(9,1);
lcd.print("D = ");
lcd.print(PWM);

nilai1 = analogRead (A1);
nilai = map(nilai1, 0, 1023, 0, 255);
analogWrite (9, nilai);
persent = map (nilai, 0, 255, 0, 100);
Serial.print(persent);
Serial.println("%");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("Duty cycle = ");
lcd.print(persent);
lcd.print("%");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("D = ");
lcd.print(nilai);

}

void data_olah() {
  temp = analogRead(A1) * (5.0 / 1023.0); //konversi tegangan analog
  menjadi digital
  adc_Volt = abs(temp - 2.50); //mengambil selisih tegangan
  adc_Volt /= 0.185; //Arus dalam A
  adc_Volt *= 1000; //merubah arus A ke mA

  if (waktu_kalibrasi < kalibrasi) {
    waktu_kalibrasi++;
    Serial.print("waktu kalibrasi :");
    Serial.println(waktu_kalibrasi);
    arus_temporary += adc_Volt; //penjumlahan arus output sensor
    calibration = true;
  }
  else if (calibration == true) {

```

```
cal_value = arus_temporary / kalibrasi; //pembagian nilai keseluruhan
    dengan waktu
calibration = false;
}
if (calibration == false) {
    adc_Volt -= cal_value;
    adc_Volt = abs(adc_Volt);
    Serial.print("Arus= ");
    Serial.print(adc_Volt);
    Serial.println(" mA");
    //delay(1000);
    adc_Volt /= 1000;
    Serial.print(adc_Volt);
    Serial.print(" A");
    Serial.println(" ");
    delay(1000);
}
}
```

## RIWAYAT PENULIS



Nama : Tiara Agustina  
TTL : Jombang , 30 Agustus1996  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Agama : Islam  
Alamat Asal : Perum Widya Graha Permai  
E7, Sengon, Kec.  
Jombang , Kab.Jombang  
Jawa Timur  
Telp/HP : 085733024843  
E-mail : *agustinatiara175@gmail.com*

## RIWAYAT PENDIDIKAN

- 2003 – 2009 : SDN Jombang 2
- 2009 – 2012 : SMPN 2 Jombang
- 2012 – 2015 : SMAN 1 Jombang
- 2015 – 2019 : Departemen Teknik Elektro Otomasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

## PENGALAMAN KERJA

- Kerja Praktek PT Pal Perak Surabaya
- Kerja Praktek PT Airnav Indonesia Surabaya



