

BAB III METODOLOGI DAN PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem dilakukan sebagai langkah awal sebelum alat direalisasikan, untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik dan untuk menganalisis kebutuhan yang diperlukan. Proses perancangan sistem ini mencakup analisis perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

3.1 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dalam perancangan sistem ini meliputi kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras. Kebutuhan tersebut dapat dijelaskan pada tabel sebagai berikut:

3.1.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Ada beberapa perangkat lunak yang dibutuhkan. Perangkat lunak yang digunakan pada perancangan dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Kebutuhan Perangkat Lunak

No	Perangkat Lunak	Keterangan
1.	Arduino IDE	Aplikasi yang digunakan untuk membuat program esp38266
2.	Sketchup	Aplikasi yang digunakan untuk menggambar desain mekanik
3.	Fritzing	Aplikasi untuk merancang gambar elektrikal

3.1.2 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Ada beberapa perangkat keras yang dibutuhkan pada pembuatan alat ini. Kebutuhan perangkat keras yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Daftar Bahan

No	Nama Bahan	Fungsi	Jumlah
1.	Sensor rpm	Digunakan sebagai pengukur kecepatan motor BLDC	1 buah

2.	Sensor Arus ACS712	Digunakan untuk mengukur arus pada rem magnetik	1 buah
3.	ESP8266	Sebagai proses perintah yang akan dijalankan	1 buah
4.	LCD 20X4	Digunakan sebagai tampilan nilai keluaran sensor	1 buah
5.	ESC	Sebagai input PWM untuk motor BLDC	1 buah
6.	Push Button	Digunakan untuk mengatur kecepatan dan rem magnetik	4 buah
7.	Adaptor 24v	Digunakan untuk merubah arus AC menjadi arus DC	1 buah

3.2 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan bertujuan untuk memperoleh informasi terhadap penelitian yang akan dilakukan. Ini merupakan langkah awal untuk menjajaki bisa atau tidaknya penelitian dilakukan. Untuk membuat Tugas Akhir dilakukan studi pendahuluan literatur yaitu pengumpulan data dari buku, jurnal, dan literatur lainnya. Yang bertujuan untuk memperoleh data dan informasi untuk membuat tugas akhir. Adapun beberapa studi literatur yang dilakukan:

Tabel 3. 3 Studi Literatur

No	Judul	Nama	Hasil Literasi
1.	Rancang Bangun Rem Magnetik Pada Motor <i>Brushless</i> DC dengan Arduino, 2019	Moh. Abiy Faruq Al Haidar	Proses pengaturan dilakukan menggunakan potensiometer yang mana hal ini menjadikan <i>duty cycle</i> yang diberikan tidak stabil karna tidak ada indikator angka dan nilai, maka pada kesempatan ini pengaturan yang

			dilakukan menggunakan push button dimana pengaturannya telah ditetapkan dengan nilai duty cycle.
2.	Monitoring Kecepatan Motor BLDC dengan Beban Rem Magnetik, 2019	Bela Lorenza	Dibutuhkan ESC dengan arus yang lebih besar dari pada Motor BLDC. Oleh karena itu telah digunakannya ESC yang sesuai. Pada penelitian yang telah dilakukan telah diterapkan ESC yang sesuai dengan ketentuan. Namun pada penelitian ini pengaturan masih menggunakan potensiometer yang menimbulkan proses pengaturan tidak stabil.

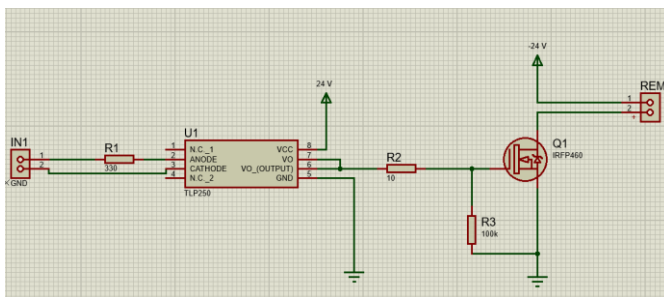
3.	Monitoring Beban Rem Magnetik Pada Kontrol Kecepatan Motor BLDC, 2019	Tiara Agustina	Pemanfaatan Arus Eddy berupa lilitan solenoida pada rem magnetik, sehingga dihasilkan gaya pengereman magnet yang saling tarik menarik.
----	---	----------------	---

Tabel 3.3 diperoleh studi literatur, dari studi literatur tersebut akan memperoleh hasil temuan baru. Hasil dari studi tersebut yaitu perubahan pengaturan yang dilakukan masih menggunakan potensiometer, maka dari itu akan diubah pengaturannya dengan *push button*, dalam hal ini *push button* dapat mengatur nilai dengan tetap sesuai dengan apa yang diinginkan dan tampilan pembacaan sensor akan tertera pada LCD. Ini dilakukan agar mengurangi kelemahan dari tugas akhir sebelumnya.

3.3 Perancangan

3.3.1 Perancangan Rem Magnetik

Untuk membuat kontrol tegangan dan arus pada rem magnetik digunakan *driver* rem magnetik dimana rangkaian kontrol ini menggunakan *power* mosfet IRFP460 sebagai *switching* tegangan dan TLP250 sebagai penguat sinyal PWM. Gambar 3.1 adalah rangkaian *driver* rem magnetik



Gambar 3. 1 Driver Rem Magnetik

Pada pembuatan rem magnetik ini diperlukan dua sisi penghasil medan magnet. Pada sisi kutub utara terdapat 4 buah kumparan dan begitu juga pada sisi kutub selatan terdapat 4 kumparan jika dialiri arus listrik akan timbul medan magnet. Untuk menentukan jumlah lilitan dapat digunakan rumus pada persamaan (1) sebagai berikut:

$$N = \frac{44}{d} \times V \dots\dots\dots(1)$$

keterangan:

- N : Jumlah lilitan tiap sisi
 D : Diameter kumparan (cm)
 V : Tegangan input (Volt)

$$N = \frac{44}{0,8} \times 24 = 1320$$

Jumlah solenoida yang membentuk kutub utara dan selatan adalah 8 solenoida, yang terbagi pada masing-masing kutub yaitu 4 buah, setiap solenoida terdiri dari 165 lilitan yang disusun secara seri. Sumber tegangan yang digunakan untuk rem magnetik ini yaitu 24 V 2 A. Dengan mengatur tegangan dan arus yang masuk pada rangkaian rem magnetik, hal ini dapat mempengaruhi besar medan magnet yang dihasilkan, yang berarti mempengaruhi gaya lawan yang dihasilkan. Untuk mengetahui besar medan magnet baik di pusat solenoida maupun ujung solenoida pada setiap kumparan dapat digunakan rumus pada persamaan (2) dan (3) dengan:

$$\beta_p = \mu_0 \cdot N \cdot I / \ell \dots\dots\dots(2)$$

$$\beta_u = \mu_0 \cdot N \cdot I / 2\ell \dots\dots\dots(3)$$

keterangan:

- β_p : : Pusat solenoida
 β_u : Ujung solenoida
 N : Jumlah lilitan
 I : Arus (A)
 ℓ : Panjang kawat (m)

$$\begin{aligned} \beta_p &= \mu_0 \cdot N \cdot I / \ell \\ &= 4\pi \times 10^{-7} \cdot 165 \cdot 2 / 5,5 \times 10^{-2} \\ &= 240 \pi \times 10^{-5} \end{aligned}$$

$$= 24 \pi \times 10^{-4} \text{ T}$$

Besar medan magnet yang berada pada pusat solenoida adalah sebesar $24 \pi \times 10^{-4} \text{ T}$

$$\begin{aligned} \beta u &= \mu_0 \cdot N \cdot I / 2\ell \\ &= 4\pi \times 10^{-7} \cdot 165.2 / 2.5,5 \times 10^{-2} \\ &= 12\pi \times 10^{-4} \text{ T} \end{aligned}$$

Besar medan magnet yang berada pada pusat solenoida adalah sebesar $12\pi \times 10^{-4} \text{ T}$.

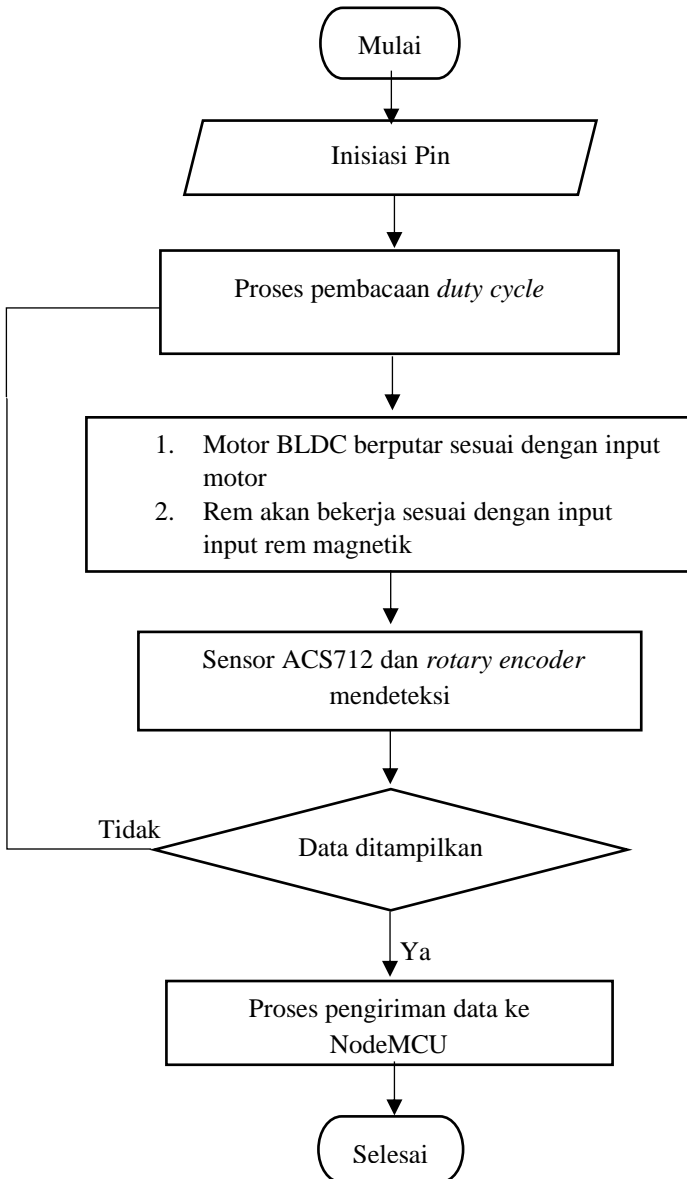
3.3.2 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik pada alat ini yaitu dibuat menggunakan aplikasi sketch up untuk mendesainnya, dengan bentuk kotak seperti aquarium yang memiliki ukuran 40 cm x 40 cm, untuk dudukan rem magnetik ada 2 sisi kanan dan kiri dengan tebal 0,8 cm terdapat 5 lubang untuk dipasang pengunci dan poros, untuk disatukan dengan sisi sebelahnya yang berbentuk kotak tersebut. Pada bagian porosnya menggunakan besi as dengan diameter 0,6 cm dan panjang 30 cm. Pada bagian samping rem magnetik terdapat dudukan motor BLDC yang berukuran 4 cm x 4 cm. Pada bagian samping rem magnetik digunakan *black box* sebagai tempat pcb dan rangkaian kontrolnya.

3.4 Pemrograman

3.4.1 Flowchart Pengereman Magnetik Motor BLDC

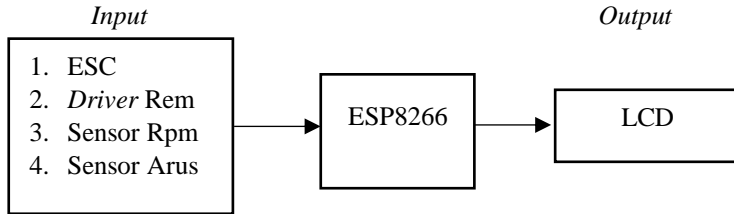
Dapat dijabarkan bahwa *flowchart* dimulai dari proses inisiasi, selanjutnya melakukan pembacaan input *duty cycle*, yang diatur melalui *push button*, jika *duty cycle* telah berhasil terbaca maka motor akan berputar sesuai dengan *input duty cycle*. Saat motor BLDC berputar sesuai dengan input masukannya dan Rem magnetik akan bekerja untuk mengerem motor BLDC sesuai *input*, pada saat motor berputar maka sensor arus *rotary encoder* akan membaca kecepatan baik sebelum dilakukan pengereman maupun sesudah. Sensor arus ACS712 akan membaca arus yang mengalir pada rem magnetik dan solenoida. Arus inilah yang nantinya akan menimbulkan medan magnet pada solenoida. Jika kedua sensor tidak bisa membaca dan motor BLDC tidak berputar maka akan mengulangi proses pembacaan *duty cycle*, jika sebaliknya maka proses akan berjalan ketahap selanjutnya yaitu pengiriman data ke NodeMCU dan akan ditampilkan melalui LCD berupa pembacaan dari ke-dua sensor dan inputan dari *push button*. *Flowchart* ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Flowchart Pengereman Magnetik Motor BLDC

3.4.2 Blok Diagram Pengereman Magnetik Motor BLDC

Pada proses pembuatan alat dengan menggunakan sistem *Open Loop* atau sistem lup terbuka yang berarti adalah keluarannya tidak mempunyai pengaruh terhadap aksi kontrol. Dalam artian keluaran dari alat tugas akhir tidak dapat digunakan sebagai umpan balik dalam masukan. Keluaran tidak dapat dibandingkan dengan masukan. Gambar 3.3 menunjukkan rancangan blok diagram pada sistem ini.



Gambar 3. 3 Blok Diagram Pengereman Magnetik Motor BLDC

a. Bagian *Input*

- ESC berfungsi sebagai kontrol kecepatan motor BLDC yang dapat diatur dengan PWM melalui *push button*.
- *Driver Rem* berfungsi mengatur rem magnetik *driver rem* ini juga menggunakan PWM diatur melalui *push button*.
- Sensor *rotary encoder* digunakan untuk membaca kecepatan motor saat sebelum di lakukan pengereman maupun sesudah.
- Sensor arus berguna untuk membaca arus yang mengalir pada rem magnetik dan solenoida.

b. Pada bagian proses menggunakan ESP8266 sebagai mikrokontroler dari sistem ini. ESP8266 akan menerima dan mengolah data maupun sinyal sebagai *input*.

c. Bagian *output* data dari sistem ini akan ditampilkan pada LCD. Data yang ditampilkan berupa pembacaan sensor *rotary encoder* dan sensor arus, serta nilai input dari kontroler.

3.4.3 Elektrikal Pengereman Magnetik Motor BLDC

Untuk menggambarkan koneksi antara *pinout* dari masing-masing komponen dengan pin mikrokontroler dijabarkan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

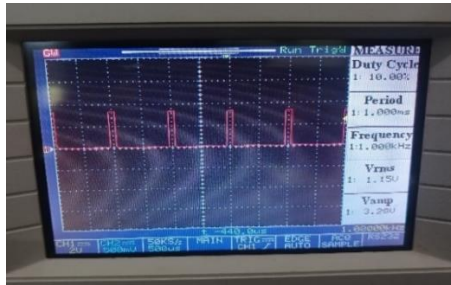
Tabel 3. 4 Elektrikal Pengereman Magnetik Motor BLDC

NO	KOMPONEN	PINOUT	PIN MIKROKONTROL	POWER
1.	ESC	IN	D0	-
		GND	GND	-
		+	-	BAT 7,4V
		-	-	BAT 7,4V
2.	LCD	SCL	D1	
		SDA	D2	
		VCC	3,3V	
		GND	GND	
3.	<i>Rotary Encoder</i>	VCC	3,3V	
		D0	D6	
		GND	GND	
4.	BLDC	+	-	OUT ESC
		-	-	OUT ESC
		IN	-	OUT ESC
5.	Rem Magnetik	IN	D3	-
		GND	GND	-
		+		24 V
6.	ACS712	VCC	VIN	
		GND	GND	
		OUT	A0	

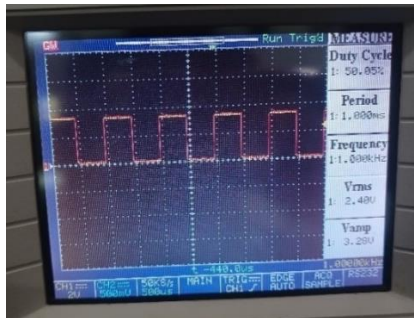
Tabel 3.4 pada proses perancangan ini digunakan komponen-komponen elektronika yang tersambung dengan mikrokontroler. Perangkat lunak yang digunakan antara lain ESP8266 sebagai mikrokontroler, sensor ACS712 sebagai pembaca arus, dan sensor *rotary encoder* sebagai pembaca kecepatan dari motor BLDC. Motor BLDC

digunakan sebagai penggerak pada alat ini. Sebagai kontrol motor BLDC ini digunakan ESC dan rem magnetik akan melakukan pengereman pada motor BLDC.

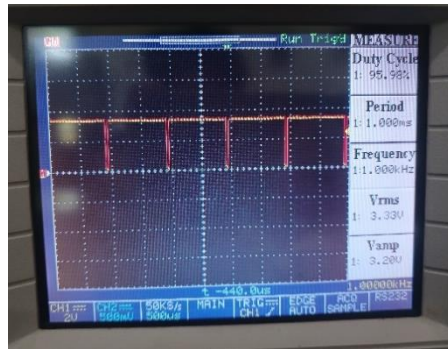
Pada perancangan alat ini digunakan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*), PWM adalah suatu teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa (*pulse width*) dengan nilai frekuensi dan amplitudo yang tetap. Untuk mengetahui gelombang dari sinyal PWM ini digunakan osiloskop. Sinyal PWM diambil pada output ESC (*Electronic Speed Controller*) dan motor BLDC. Cara mengubah lebar pulsa pada PWM dengan mengatur inputan pada kontroler sehingga osiloskop akan menampilkan sinyal keluaran PWM berdasarkan *duty cycle*.



Gambar 3. 4 Sinyal *Output* ESC saat *Duty Cycle* 10%



Gambar 3. 5 Sinyal *Output* ESC saat *Duty Cycle* 50%.



Gambar 3. 6 Sinyal *output* ESC saat *Duty Cycle* 95%

Gambar 3.4, Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 merupakan sinyal *output* ESC pada *duty cycle* 10%, 50 % dan 95 %. Tegangan bertambah seiring dengan bertambahnya *duty cycle*. Pada *duty cycle* 10% tegangan yang terbaca pada osciloskop sebesar 1,15 V, saat *duty cycle* pada kondisi 50% tegangan bertambah menjadi 2,40 V, ketika *duty cycle* 95% tegangan bertambah menjadi 3.33 V dan lebar pulsa semakin rapat.

3.3.4 Analisa Sensor Rotary Encoder

Sensor *rotary encoder* akan membaca kecepatan dalam satuan rpm atau *rotation per menit* pada poros besi as, besi as dipadukan dengan piringan yang berbahan dasar atom. Sensor rotary encoder ini dipasang pada samping rangkaian lilitan rem magnetik. Gambar 3.7 merupakan potongan program sensor kecepatan.

```
void loop() {
  unsigned long currentTime = millis();
  unsigned long elapsedTime = currentTime - oldTime;

  if (elapsedTime >= 1000) { // Hitung kecepatan setiap detik
    detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin));

    // Menghitung kecepatan (misalnya rotasi per menit, RPM)
    speed = (pulseCount / (elapsedTime / 1000.0)) * 60.0; // Kalibrasi

    // Reset penghitungan
    pulseCount = 0;
    oldTime = currentTime;
  }
}
```

Gambar 3. 7 Potongan program sensor Kecepatan

3.3.5 Analisa Sensor Arus ACS712 5A

Sensor arus ACS712 5A ini akan membaca arus yang mengalir dari sumber arus kedalam lilitan solenoida. Namun arus ini diatur melalui rangkaian driver rem magnetik menggunakan push button. Semakin banyaknya arus yang mengalir pada solenoida maka akan semakin kuat pula medan magnet pada rangkaian rem magnetik. Gambar 3.8 merupakan potongan program sensor arus ACS712 5A.

```
long sensorValueSum = 0;
for (int i = 0; i < numSamples; i++) {
  sensorValueSum += analogRead(sensorPinarus);
  delay(1);
}
float averageSensorValue = sensorValueSum / numSamples;
float voltage = averageSensorValue * (5.0 / 1024.0);
float current = (voltage - zeroCurrentVoltage) / sensitivity;
```

Gambar 3. 8 Potongan program sensor arus ACS712 5 A

3.5 Pengumpulan Data

Dilakukannya pengumpulan data ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem yang telah dibuat, dengan cara menghubungkan semua komponen ke sumber listrik dan dilakukan uji coba perbandingan pengukuran menggunakan alat ukur dan pembacaan pada tampilan LCD. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu:

1. Pengujian hasil pengukuran sensor dengan alat ukur.
2. Perhitungan nilai selisih antara sensor dengan alat ukur.
3. Akurasi ketepatan pembacaan sensor dan alat ukur.

Untuk menghitung nilai eror antara sensor dan alat ukur dapat dirumuskan dengan persamaan 4. Dan untuk menghitung nilai akurasi sensor dapat dirumuskan dengan persamaan 5.

$$\text{Persentase Error} = \frac{\text{Pengukuran alat ukur} - \text{Pengukuran LCD}}{\text{Pengukuran alat ukur}} \times 100\% \dots\dots(4)$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{persentase error} \dots\dots\dots(5)$$

3.6 Analisis Data

Setelah dilakukannya pengumpulan data dan di hasilkan data dari tugas akhir tersebut maka dilakukan analisis data yaitu menganalisis dan mengamati dengan sebaik-baiknya hasil data yang telah dikumpulkan dan telah dikategorikan, sehingga dapat diperoleh penjabaran dan penjelasan dari data tersebut yang bisa berbentuk tabel, grafik dan deskripsi. Analisis data dapat digunakan sebagai pembandingan hasil antara pembacaan sensor dan pembacaan alat ukur.

3.7 Pembahasan

Pembahasan ini berupa hasil data *output* yang telah didapatkan pada proses sebelumnya, dalam hal ini pembahasan bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor yang digunakan apakah dari hasil pembahasan ini terdapat keterbatasan yang dapat mempengaruhi kinerja dari alat simulator ini.

3.8 Simpulan

Simpulan berisi intisari atau ide pokok dan rangkuman dari pembahasan yang telah dilakukan. Dalam simpulan biasanya berupa pernyataan-pernyataan dari hasil pembahasan alat simulator ini.