

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada era sekarang teknologi sudah banyak berkembang untuk memenuhi kebutuhan manusia diberbagai bidang seperti transportasi, informasi dan komunikasi serta bidang lainnya. Salah satunya pengembangan teknologi di bidang transportasi dilakukan pada pembuatan sepeda Listrik[1]. Sepeda listrik didesain menggunakan motor DC tanpa sikat (*brushless*), pengendali kecepatan motor dengan mengatur sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) sehingga sepeda listrik mampu dikendarai secara lambat maupun cepat, serta menggunakan baterai sebagai penyimpanan daya untuk menggerakkan motor[2].

Motor *Brushless electric* DC (motor BLDC) juga dikenal sebagai *Electrically Commutated Motor* (ECMs atau ECM motor) adalah suatu jenis motor sinkron yang diberi arus DC yang bersumber dari inverter atau power supply, dimana menghasilkan arus AC yang dapat menjalankan motor. Artinya medan magnet yang dihasilkan oleh strator dan medan magnet yang dihasilkan oleh rotor berputar di frekuensi yang sama, terdapat kekurangan pada motor BLDC, yaitu kecepatan motor dapat terganggu ketika bekerja dalam kondisi berbeban[3]. Oleh karena itu, diperlukan pengaturan kecepatan dengan sistem kendali yang dapat meningkatkan kinerja motor BLDC dengan waktu naik (*rise time*) yang lebih cepat dan *overshoot* yang lebih kecil. *Rise time* yang lebih cepat dapat meningkatkan responsivitas motor BLDC, sedangkan pengurangan *overshoot* akan meningkatkan kestabilan motor[3]. Berdasarkan permasalahan diatas, kami ingin mengangkat penelitian tentang diperlukan suatu sistem kendali yang dapat meminimalkan *overshoot* dan *rise time*. Pengurangan *overshoot* dan *rise time* penting untuk mencegah kendaraan melebihi kecepatan yang diinginkan secara tiba-tiba, yang dapat mengakibatkan kondisi mengemudi yang tidak nyaman[4]. *Overshoot* dan *rise time* yang berlebihan dapat menyebabkan gerakan yang tersentak-sentak, yang tidak hanya mengganggu kenyamanan penumpang tetapi juga berpotensi menimbulkan situasi berbahaya, terutama saat pengereman mendadak[5].

Untuk mengatasi masalah ini, berbagai metode pengendalian putaran motor telah dikembangkan, salah satunya adalah dengan menggunakan kontrol *fuzzy logic*. Sistem kendali *fuzzy logic* merupakan pendekatan yang memanfaatkan konsep *fuzzy* dalam pengendalian sistem. *Fuzzy logic controller* berfungsi sebagai kompensator kesalahan, yang disusun berdasarkan aturan-aturan kendali yang didasarkan pada pengetahuan, pengamatan, dan analisis respon objek yang akan dikendalikan[1]. Jenis *fuzzy logic* yang digunakan adalah *mamdani*, karena dapat memberikan keuntungan dalam mengurangi *rise time* dan *overshoot*. Hasil defuzzifikasi dari sistem Mamdani cenderung memberikan output yang lebih halus dan realistis, sehingga lebih sesuai untuk aplikasi kontrol [5], [6].

Sistem kendali yang digunakan yaitu sistem kendali *loop* tertutup. Fungsi utama pengontrol *closed loop* adalah mengirimkan pulsa arus ke belitan motor untuk mengelola kecepatan, karena motor BLDC mengalami penurunan kecepatan yang signifikan saat berada di bawah beban. Sebuah penelitian oleh Rizki Pradhana dan rekan-rekannya telah mengkaji pengaturan kecepatan motor BLDC menggunakan metode FOC dengan bantuan *fuzzy logic*. Dalam penelitian ini, simulasi dilakukan menggunakan MATLAB untuk membandingkan kecepatan yang dihasilkan antara metode FOC dan tanpa FOC. Hasil simulasi menunjukkan bahwa respon kecepatan pada kondisi *loop* tertutup lebih baik, yakni mendekati titik setel (*set point*) yang diinginkan, dibandingkan dengan kondisi *loop* terbuka.

Berdasarkan latar belakang tersebut, pada penelitian ini bertujuan untuk merancang *Hardware* dan *Software* dalam pengendalian kecepatan motor BLDC 350W menggunakan kendali *fuzzy logic*. Pada tahap pengujian, kecepatan motor akan dibaca oleh sensor kecepatan dan hasilnya dikirimkan ke Arduino untuk diproses. Setelah data diproses, Arduino akan mengirimkan sinyal PWM ke *driver* motor BLDC untuk menghasilkan *output* nilai RPM aktual. Penelitian ini berfokus pada pengaturan kecepatan motor BLDC dengan meningkatkan waktu naik (*rise time*) dan mengurangi *overshoot* melalui kendali *fuzzy logic*.

## 1.2 Penelitian terkait

Beberapa studi dan penelitian terbaru tentang Rancang Bangun Kendali Kecepatan Motor Bldc Pada Sepeda Listrik menunjukkan potensi dan tantangan dalam implementasi teknologi ini. Penelitian ini memberikan wawasan tentang inovasi terbaru dan praktik terbaik dalam pengembangan kendaraan berbasis energi terbarukan. penelitian lainnya akan di jabarkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Penelitian terkait

No	Judul	Penulis	Tahun
1	Alat Kendali Kecepatan Motor Pada Penggerak Depan Sepeda Listrik Di Politeknik Negeri Batam	Qoriatul Fitriyah, Renaldy Aritha, Handri Toar, Muhammad Prihadi Eko Wahyudi,	2020
2	Implementasi Kontroler Logika <i>Fuzzy</i> sebagai Soft Starting Motor BLDC di Sepeda Listrik	Hendi Purnata1, Sugeng Dwi Riyanto2, Muhamad Yusuf 3	2020
3	Pengaturan Kecepatan Motor Brushless Direct Current (Blde) Menggunakan Metode <i>Field Oriented Control</i> (Foc)	Nurdamayanti, Linda Sartika, Abdul Muis Prasetia	2022
4	Desain dan Implementasi Pengaturan Kecepatan Motor BLDC Dengan Metode FOC Menggunakan <i>Fuzzy</i>	Rizqi Pradhana, Afif Aulia Rahman, Ony Asrarul Qudsy, Indra Febriansyah	2023
5	Rancang Bangun Sistem Kendali Kecepatan Motor Blde 10kw Menggunakan Metode <i>Fuzzy Logic</i> Pada Mobil Listrik	F Romdoni	2024

Pada penelitian yang dilakukan oleh Qoriatul Fitriyah, DKK pada tahun 2020 yang berjudul Alat Kendali Kecepatan Motor Pada Penggerak Depan Sepeda Listrik Di Politeknik Negeri Batam, Motor *Brushless* DC (Motor BLDC) sudah banyak diaplikasikan diberbagai bidang industri, salah satunya di bidang transportasi[1]. Penulis membuat kendali kecepatan motor brushless ini menggunakan arduino nano sebagai mikrokontroller untuk mengatur *switching driver mosfet* dengan tipe IR2103. Mosfet driver ini yang digunakan untuk

mentrigger pensaklaran mosfet pada rangkaian *inverter* 3 fasa agar daya dari baterai dapat mengalir ke motor BLDC. Mosfet yang digunakan dalam inverter 3 fasa dengan tipe STP75NF75 dengan  $V_{ds}$  75 Volt dan  $I_{ds}$  80 Ampere dan jenis motor yang digunakan BLDC 350Watt 36 Volt. Motor BLDC ini memiliki *hall effect* sensor sebagai pendeteksi posisi rotor. Untuk proses komutasi digunakan PWM sebagai nilai pulsa yang direpresentasikan untuk mengatur kecepatan motor dan frekuensi yang digunakan masih default dari pin Arduino. Kecepatan yang dihasilkan dari 224 – 340 rpm dengan konsumsi daya 20 Watt – 21 Watt[1].

Pada penelitian yang berjudul Implementasi Kontroler Logika *Fuzzy* sebagai *Soft Starting* Motor BLDC di Sepeda Listrik oleh Hendi Purnata, Sugeng Dwi Riyanto, Muhamad Yusuf pada tahun 2020 dapat disimpulkan bahwa Saat ini, sepeda diakui secara internasional tidak hanya sebagai bentuk rekreasi tetapi juga sebagai sarana transportasi perkotaan dan promotor kesehatan yang baik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengatasi lonjakan arus saat starting, lonjakan tersebut berbahaya dikarenakan dapat mengurangi umur pada motor listrik. Peneliti merancang mekanisme *soft starting* pada motor BLDC (*Brushless* DC) dengan cara merancang algoritma kontroler logika *fuzzy* dan pensaklaran enam tahapan pada rangkaian inverter[6]. Hasil menunjukkan bahwa lonjakan arus saat starting sebesar 4,42 Ampere. Kecepatan motor BLDC saat *throttle* full kecepatan menunjukkan 332 rpm dengan respon *transient* masing-masing sistem sebesar 1.5 s. Ketika diberikan set point kecepatan berubah-ubah, putaran motor BLDC dapat mengikuti yaitu sebesar 88 rpm menuju 180 rpm, kemudian naik sebesar 258 rpm dan puncak sebesar 331 rpm, kemudian turun ke 25 rpm dan terakhir sebesar 145.8 rpm. Saat respon transien sistem layaknya seperti sistem step orde dua, tidak ada *overshoot* tetapi masih ada osilasi saat mau menuju *steady state*[5].

Pada penelitian yang berjudul Pengaturan Kecepatan Motor *Brushless Direct Current* (BLDC) Menggunakan *Metode Field Oriented Control* (Foc) Nurdamayanti, Linda Sartika, Dan Abdul Muis Prasetya pada tahun 2022. Dijaman sekarang juga sudah banyak pengguna sepeda listrik yang mana sepeda listrik ini memudahkan mobilitas seseorang untuk bepergian. Namun, sebagian besar pengisian baterai sepeda listrik ini masih menggunakan sumber daya yang berasal

dari listrik umum atau listrik PLN[3]. Hal ini mengingat bahwa sumber dari listrik PLN Motor *Brushless* DC atau biasa dikenal dengan motor BLDC mulai banyak digunakan pada bidang otomotif dan industri dibandingkan dengan motor induksi tiga fasa. Hal ini disebabkan karena kelebihan dari motor BLDC adalah memiliki efisiensi tinggi, torsi yang besar, dan perawatan mudah. Beberapa sistem penggerak yang menggunakan motor BLDC membutuhkan kecepatan motor yang konstan. Akan tetapi sistem penggerak tersebut ketika diberi beban lebih maka kecepatan akan menurun[7]. Oleh karena itu dibutuhkan suatu pengaturan kecepatan motor agar kecepatan menjadi konstan walaupun diberi beban lebih. Banyak cara untuk mengatur kecepatan motor BLDC salah satunya adalah menggunakan metode *Field Oriented Control*(FOC) karena dapat mengatur antara arus medan dan arus jangkar secara terpisah. Dari hasil simulasi didapatkan kecepatan motor BLDC menggunakan metode FOC pada kondisi berbeban, menunjukkan respon yang lebih baik dengan menghasilkan *steady state* yaitu 1494 rpm, *rise time* 0.5192 s, *settling time* 0.6362s sedangkan tidak diberi beban didapatkan *steady state* sebesar 1504 rpm dan, *rise time* sebesar 0,533 s dan *settling time* sebesar 0,64 s. ini sebagian besar masih berasal dari batu bara. Oleh karena itu, terdapat peluang yang baik apabila sumber daya untuk pengisian baterai sepeda listrik ini berasal dari panel surya[8]. Hal ini dapat menjadi suatu keuntungan yang banyak apabila alat ini berhasil dibuat[2],[9].

Pada Penelitian yang berjudul *Desain dan Implementasi Pengaturan Kecepatan Motor BLDC Dengan Metode FOC Menggunakan Fuzzy logic* oleh Rizqi Pradhana, Afif Aulia Rahman, Ony Asrarul Qudsy, Indra Febriansyah melakukan pengaturan kecepatan motor agar kecepatan menjadi konstan walaupun diberi beban. Pada paper ini mengusulkan metode *Field Oriented Control*(FOC) dengan menggunakan *fuzzy logic* controller untuk menjaga performa dan efisiensi motor untuk penggunaan jangka panjang. Kelebihan dari metode yang diusulkan adalah ripple daya yang kecil dan efisiensi yang tinggi[10]. Sistem ini disimulasikan dengan menggunakan matlab dan didapatkan hasil eror yang kecil terhadap setting point. Hasil yang didapatkan dengan setting point terendah yakni

500 RPM memiliki eror 1.6 % dengan *output* kontroller sebesar 515 Rpm. Kenaikan step referensi RPM hingga nominal yakni 6000 RPM[6].

Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan sebelumnya, pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan penelitian pengaturan kecepatan pada motor BLDC 350W dengan menggunakan kontroler Arduino sebagai penerapan kendali *fuzzy logic* langsung pada sepeda listrik. Pengimplementasian motor BLDC pada penelitian sebelumnya tidak dihubungkan ke beban. Sedangkan, pada penelitian ini motor BLDC telah dihubungkan ke beban yaitu transmisi sepeda, karena kecepatan motor BLDC bisa terhambat apabila bekerja pada keadaan berbeban, oleh karena itu pada penelitian ini difokuskan untuk mempercepat *rise time* dan memperkecil *overshoot*.

### **1.3 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang akan dijadikan acuan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun pengaturan kecepatan motor BLDC menggunakan metode *fuzzy logic* pada sepeda listrik?
2. Bagaimana kinerja sistem pengaturan kecepatan motor BLDC menggunakan metode *fuzzy logic* pada sepeda Listrik?

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Dari latar belakang dan rumusan masalah maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem pengaturan kecepatan motor BLDC menggunakan metode *fuzzy logic* pada sepeda listrik.
2. Menganalisa kinerja sistem pengaturan kecepatan motor BLDC menggunakan metode *fuzzy logic* pada sepeda listrik.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian tugas akhir ini, diharapkan dapat memperoleh manfaat dari manfaat akademik dan manfaat praktis.

1. Manfaat akademik pada penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan teknologi dibidang keilmuan sistem kendali khususnya pada mata kuliah Sistem Kendali dan Sistem Kecerdasan Buatan.
2. Manfaat praktis pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi para pegiat teknisi dalam penggunaan motor BLDC di bidang industri serta meningkatkan produk pengendalian yang menjadi acuan pada rekayasa teknologi.

## 1.6 Batasan Masalah

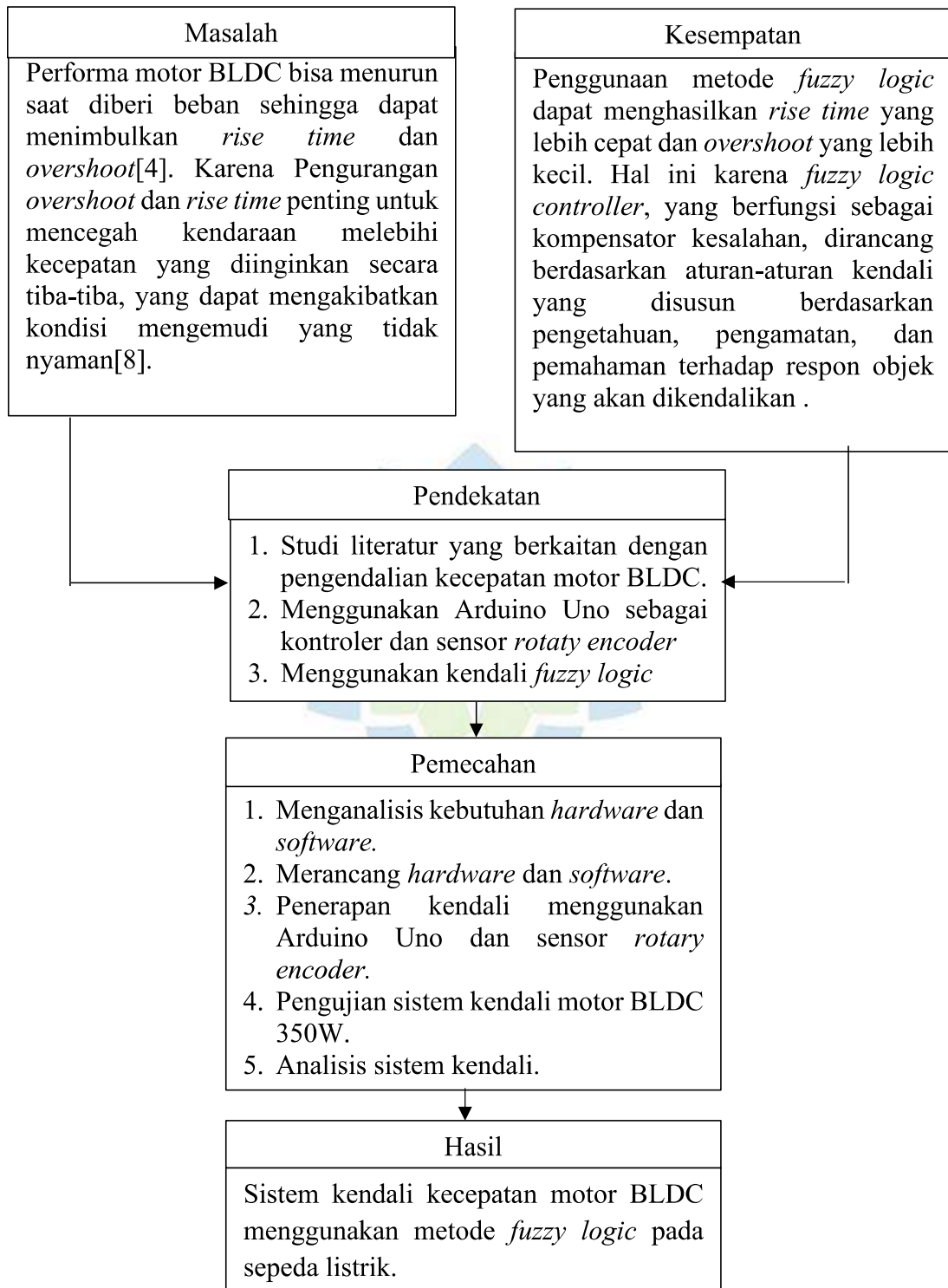
Dalam Penelitian ini diharapkan mempunyai fokus penelitian yang jelas, Sehingga perlu adanya batasan masalah untuk menghindari meluasnya topik, batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kontrol kecepatan menggunakan controller Arduino.
2. Motor BLDC yang digunakan memiliki daya 350Watt yang bekerja pada tegangan 48volt.
3. Tidak memakai *throttle* gas sebagai pengendali kecepatan tapi diganti Arduino untuk mengatur kecepatannya.
4. Sensor kecepatan menggunakan *rotary encoder* dengan spesifikasi 40 *pulse per revolution* (ppr).

Dengan batasan masalah ini, penelitian diharapkan dapat fokus pada aspek-aspek kunci dalam perancangan, pengembangan, dan evaluasi. Batasan ini juga membantu dalam menetapkan harapan realistis terhadap hasil dan kontribusi penelitian.

## 1.7 Kerangka Berfikir

Kerangka pemikiran ialah narasi atau pernyataan tentang kerangka konsep pada pemecahan masalah yang telah teridentifikasi atau dirumuskan. Kerangka menunjukkan dalam penelitian ini digambarkan seperti pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir

## **1.8 Sistematika Penulisan**

Penulisan Proposal Penelitian ini memiliki sistematika penulisan dengan total tiga bab, dimana setiap bab mempunyai isi, penjabaran dari isi setiap bab pada proposal penelitian ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisi mengenai hal yang melatar belakangi dilakukannya penelitian, penelitian terkait, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, kerangka berpikir dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini berisi tentang teori dasar yang digunakan dalam penelitian serta memberikan gambaran peralatan yang digunakan dalam penelitian ini.

### **BAB III METODELOGI DAN JADWAL PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan ketika melakukan penelitian dan jadwal penelitian rancang bangun pengaturan kecepatan motor BLDC menggunakan metode *fuzzy logic* pada sepeda listrik.

### **BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI**

Bab ini menjelaskan tahapan yang dilakukan ketika melakukan perancangan hardware dan software lalu melakukan implementasi pada sistem kendali kecepatan motor BLDC dengan metode *fuzzy logic* pada sepeda listrik.

### **BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Bab ini menjelaskan tentang pengujian pada alat dan menganalisis hasil dari pengujian sistem kendali kecepatan motor BLDC dengan metode *fuzzy logic* pada sepeda listrik.

### **BAB VI PENUTUP**

Bab ini menjelaskan bagian penutup dari penelitian yang didalamnya termasuk kesimpulan serta saran pengembangan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.