

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mobil listrik merupakan inovasi terbaru yang bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak. Penelitian yang telah dilakukan mengungkapkan bahwa motor listrik yang paling sesuai untuk menggerakkan mobil listrik adalah motor *Brushless Direct Current* (BLDC) [1]. Motor BLDC dipilih karena memiliki sejumlah keunggulan yang membuatnya lebih unggul dibandingkan motor DC konvensional yang masih menggunakan sikat (*brush*) dan komutator. Sebaliknya, motor BLDC menggunakan rangkaian elektronika untuk mengendalikan pergerakannya. Beberapa kelebihan motor BLDC dibandingkan motor DC *konvensional* adalah efisiensi yang lebih tinggi, umur pemakaian yang lebih panjang, perawatan yang lebih mudah, serta putaran yang lebih halus, sehingga menghasilkan tingkat kebisingan yang rendah [2].

Beberapa penelitian mengenai motor BLDC telah menunjukkan bahwa motor ini merupakan jenis motor listrik yang paling cocok untuk digunakan pada mobil listrik karena memiliki berbagai keunggulannya. Namun, terdapat kekurangan pada motor BLDC, yaitu kecepatan motor dapat terganggu ketika bekerja dalam kondisi berbeban [2]. 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], [4]. Untuk itu, 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 [5]. *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 [6].

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 [4]. Jenis *fuzzy logic* yang digunakan adalah *mamdani*, karena dapat memberikan keuntungan dalam mengurangi *rise time* dan *overshoot*. Kemampuannya dalam menangani ketidakpastian dan non-linearitas menghasilkan kontrol yang lebih halus dan stabil dibandingkan jenis *fuzzy* lainnya seperti *sugeno* atau *tsukamoto* [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 tersebut, simulasi dilakukan menggunakan MATLAB untuk membandingkan kecepatan yang dihasilkan antara metode FOC dan tanpa FOC [7]. 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 10kW 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

Penelitian terkait merupakan suatu penegasan keaslian penelitian yang akan dilakukan dan menjelaskan perbandingan terhadap riset sebelumnya yang menjadi

acuan dalam pembuatan tugas akhir ini. Dalam tahap ini, penelitian akan diuraikan secara singkat sebagai bentuk memperkuat alasan mengapa penelitian ini dilakukan. Tabel 1.1 adalah referensi jurnal penelitian sejenis yang dilakukan beberapa peneliti sebelumnya.

Tabel 1. 1 Referensi

Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian
Hendi Purnata, Sugeng Dwi Riyanto, Muhamad Yusuf	2020	Implementasi Kontroler Logika <i>Fuzzy</i> sebagai <i>Soft Starting</i> Motor BLDC di Sepeda Listrik
Sumardi Sadi	2020	DC Motor <i>Speed Control Using Mamdani Fuzzy Logic Based on Microcontroller</i>
Rizqi Pradhana, Afif Aulia Rahman, Ony Asrarul Qudsy, Indra Febriansyah	2023	Desain dan Implementasi Pengaturan Kecepatan Motor BLDC Dengan Metode FOC Menggunakan <i>Fuzzy</i>
Rizqulloh, Mochamad Shofwan	2024	Desain dan Simulasi Kendali Kecepatan Motor BLDC 10 kW untuk Kendaraan Listrik Menggunakan FOC berbasis <i>Fuzzy Logic Control</i>
Danier Deksaraka	2020	Desain Kontroler BLDC Motor Untuk Kendaraan Listrik Menggunakan <i>Fuzzy Logic Controller</i>

Pada tahun 2020 Hendi Purnata, Sugeng Dwi Riyanto, Muhamad Yusuf [13] melakukan penelitian terkait mekanisme *soft starting* pada motor BLDC dengan cara merancang algoritma kontroler *fuzzy logic* dengan tujuan mengatasi

lonjakan arus saat *starting*, lonjakan tersebut berbahaya dikarenakan dapat mengurangi umur pada motor listrik. 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 menuju *steady state*.

Pada tahun 2020 Sumardi Sadi [4] melakukan terkait kontrol kecepatan motor BLDC menggunakan metode *fuzzy logic*. Pengujian dibagi menjadi tiga, yaitu pengujian sensor, pengujian *Pulse Width Modulation* (PWM) dan pengujian kontrol logika *fuzzy mamdani*. Keluaran kontroler *fuzzy* merupakan perintah kontrol yang diberikan kepada motor DC. Pada sistem kontrol motor DC ini menggunakan metode *mamdani* dan sistem kontrol dirancang dengan menggunakan dua buah *input* berupa *error* dan *delta error*. Kedua masukan tersebut akan diproses oleh *fuzzy logic controller* (FLC) untuk mendapatkan nilai keluaran berupa sinyal PWM untuk mengendalikan motor DC. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem kontrol logika *fuzzy* dengan kontroler arduino uno dapat mengendalikan kecepatan putar motor DC sesuai dengan yang diinginkan.

Pada tahun 2023 Rizqi Pradhana, Afif Aulia Rahman, Ony Asrarul Qudsy, Indra Febriansyah [5] melakukan penelitian terkait pengaturan kecepatan motor BLDC dengan metode FOC menggunakan *fuzzy logic* dengan tujuan agar kecepatan menjadi *konstan* walaupun diberi beban. Pada penelitian ini mengusulkan metode 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. Sistem ini disimulasikan dengan menggunakan MATLAB dan didapatkan hasil *error* yang kecil terhadap *setting point*. Hasil yang didapatkan dengan *setting point* terendah yakni 500 RPM memiliki *error* 1.6 % dengan *output*

kontroler sebesar 515 Rpm. Kenaikan *step referensi* RPM hingga nominal yakni 6000 RPM.

Pada tahun 2024 Rizqulloh dan Mochamad Shofwan [37] melakukan penelitian terkait desain dan simulasi kendali kecepatan motor BLDC 10kW untuk kendaraan listrik menggunakan FOC berbasis *fuzzy logic control*. *Fuzzy logic Control* diketahui memiliki kemudahan dalam perancangannya dan keandalannya dalam pengendalian sehingga pada penelitian ini akan ditunjukkan performa dari kendali FOC berbasis *Fuzzy-PI* sebagai kendali kecepatan dari motor BLDC 10kW pada simulasi dengan menggunakan aplikasi MATLAB. Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode kendali FOC berbasis *Fuzzy-PI* yang diusulkan memiliki kinerja lebih baik dibandingkan kendali FOC berbasis *PI* dimana nilai awal respon memiliki *rise time* lebih cepat 6.43 kali, *settling time* lebih cepat 2.45 kali, nilai *overshoot* lebih rendah 96.31%, dan keandalan dalam mengatasi gangguan dengan nilai *overshoot* lebih rendah hingga 78.04% dan waktu pulih lebih cepat hingga 2.33 kali.

Pada tahun 2020 Deksaraka Danier [38] melakukan penelitian terkait desain kontroler motor BLDC untuk kendaraan listrik menggunakan *fuzzy logic controller*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan *prototype* sistem *implementasi* dari kendaraan listrik menggunakan motor BLDC dengan metode *fuzzy logic* sebagai kontrol kecepatannya. Pada tugas akhir ini metode kontrol kecepatan yang digunakan yaitu *Pulse Width Modulation* (PWM) lalu *feedback* kecepatan aktualnya akan dikontrol menggunakan *fuzzy logic* agar kecepatan aktualnya dapat diatur sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Maka dari itu dibuatlah simulasi serta implementasi dan didapatkan data bahwa hasil implementasi yang telah dibuat sudah mendekati dari hasil simulasi. Perbedaan hasil antara implementasi dan simulasi ini karena saat implementasi sensor kecepatan yang digunakan memiliki rata – rata *error* sebesar 2,11% sehingga mengakibatkan kecepatan *actual* yang dihasilkan juga berubah – ubah. Dari data hasil implementasi, *error* yang terjadi hingga 1.28 %

Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan sebelumnya, pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan penelitian pengaturan kecepatan pada

motor BLDC 10kW dengan menggunakan kontroler Arduino sebagai penerapan kendali *fuzzy logic* langsung pada mobil listrik. Pengimplementasian motor BLDC pada penelitian sebelumnya tidak dihubungkan ke beban. Sedangkan, pada penelitian ini motor BLDC telah dihubungkan ke beban yaitu transmisi mobil, 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

Berdasarkan latar belakang, maka didapatkan rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun pengaturan kecepatan motor BLDC 10kW menggunakan metode *fuzzy logic* pada mobil listrik?
2. Bagaimana kinerja sistem pengaturan kecepatan motor BLDC 10kW menggunakan metode *fuzzy logic* pada mobil listrik?

1.4 Tujuan

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

1. Merancang & mengimplementasikan sistem pengaturan kecepatan motor BLDC 10kW menggunakan metode *fuzzy logic* pada mobil listrik.
2. Menganalisis kinerja sistem pengaturan kecepatan motor BLDC 10kW menggunakan metode *fuzzy logic* pada mobil listrik.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat akademis dalam perkembangan teknologi dibidang keilmuan sistem kendali khususnya pada pengaturan kecepatan motor BLDC menggunakan *fuzzy logic*.

2. Manfaat Praktis

Manfaat Praktis dari 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.

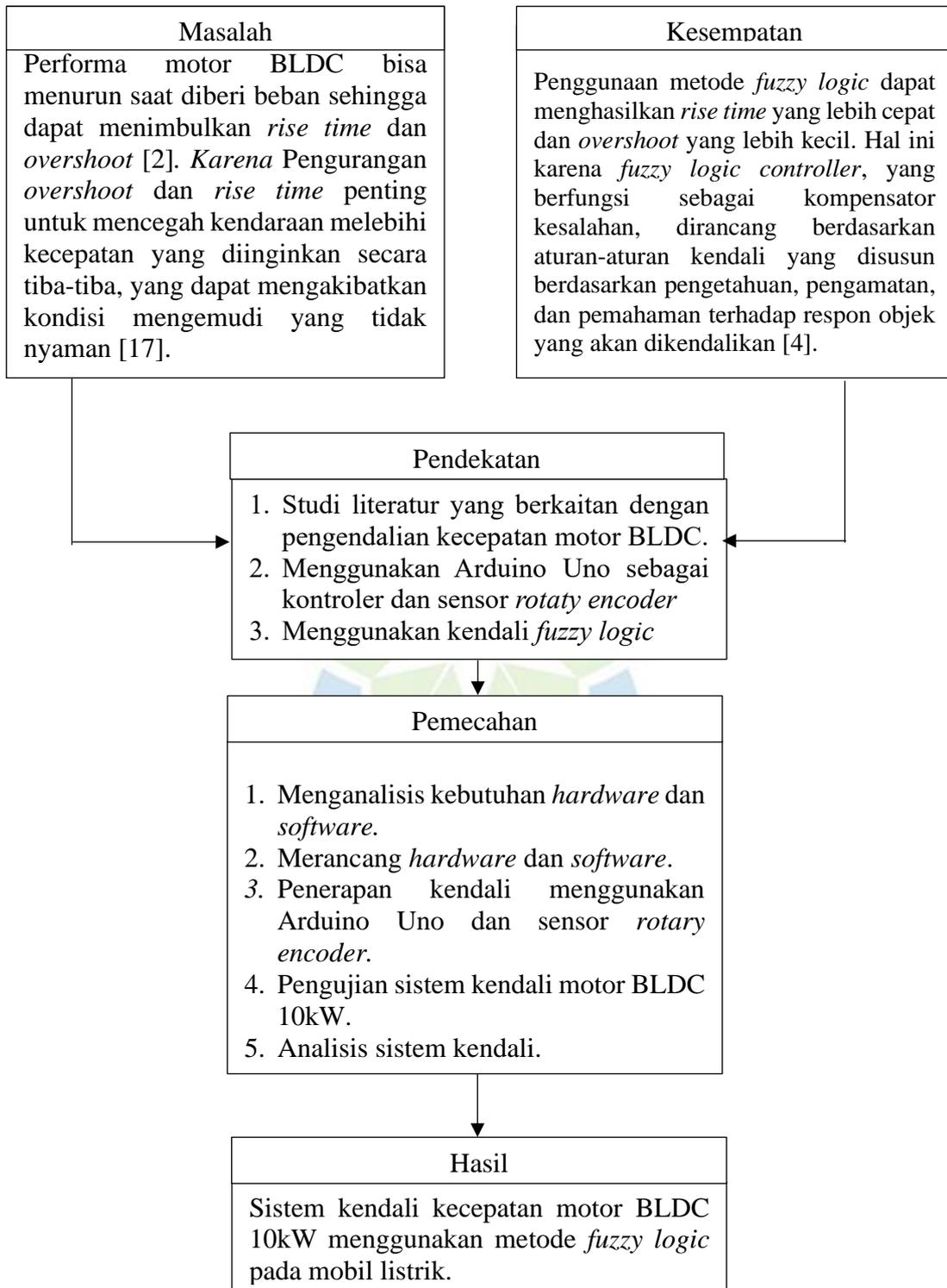
1.6 Batasan Masalah

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 kontroler Arduino.
2. Motor BLDC yang digunakan memiliki daya 10000 *Watt* yang bekerja pada tegangan 72 volt.
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).
5. Mobil yang digunakan adalah Toyota Innova Diesel yang dikonversi menjadi mobil listrik.
6. Sistem diuji dalam keadaan *stasioner* karena alasan keamanan.

1.7 Kerangka Berpikir

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

Sistematika penulisan merupakan suatu tahap penyusunan data dan penulisan dalam suatu laporan yang terdiri dari 6 bab agar dapat menghasilkan penulisan yang baik, diantaranya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan tentang latar belakang, *state of the art*, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka pemikiran, dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

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

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan ketika melakukan penelitian dan jadwal penelitian rancang bangun pengaturan kecepatan motor BLDC 10kW menggunakan metode *fuzzy logic* pada mobil 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 mobil 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 mobil listrik.

BAB VI PENUTUP

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