

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Mobil listrik muncul sebagai opsi alternatif disaat bahan bakar fosil semakin berkurang [1]. Tentunya dalam mobil listrik terdapat sebuah motor listrik sebagai penggerak utama roda. Motor *Brushless Direct Current* (BLDC) merupakan jenis motor listrik yang tidak menggunakan *brush* dan komutator. Karena hal itu motor BLDC memiliki banyak keunggulan dari motor lainnya. Keunggulan tersebut yang menjadikan motor BLDC paling tepat digunakan untuk mobil listrik. Keunggulannya yaitu memiliki torsi dan efisiensi yang tinggi, biaya perawatan yang tidak mahal, masa operasi lebih panjang, putaran yang halus, serta tingkat kebisingan yang rendah [2].

Disamping kelebihanannya, Motor BLDC juga memiliki kelemahan yaitu kinerja kecepatan motor BLDC dapat menurun jika bekerja dalam kondisi berbeban [3]. Tidak hanya itu, ketika pedal gas langsung ditekan motor BLDC tidak langsung merespon. Oleh sebab itu, dibutuhkan pengaturan kecepatan menggunakan suatu kendali untuk meningkatkan kinerja motor BLDC dengan *rise time* lebih cepat dan *overshoot* lebih kecil. Karena dengan *rise time* lebih cepat dapat meningkatkan responsif motor BLDC dan mengurangi *overshoot* dapat meningkatkan kestabilan motor BLDC [4]. Untuk melihat kinerja kecepatan dari motor BLDC dapat dilakukan dengan pembacaan respon waktu kecepatan motor BLDC. Sistem kendali yang dapat digunakan yaitu sistem kendali *loop* tertutup. Fungsi utama pengontrol *loop* tertutup adalah mengirimkan pulsa arus ke belitan motor untuk mengelola kecepatan, karena motor BLDC mengalami penurunan kecepatan yang signifikan saat berada di bawah beban [5].

Banyak sistem kendali yang dapat digunakan. Namun, pada umumnya sistem kontrol yang banyak digunakan di dunia industri yaitu sistem kontrol konvensional seperti PID [4]. Tetapi kontrol konvensional tersebut memiliki kekurangan yaitu ketika terjadi gangguan pada *plant* yang membuat sistem menjadi tidak *linear* membuat sistem tidak stabil dan sensitivitas kontrol tersebut menjadi berkurang [6][7].

Oleh karena itu, dibutuhkan sistem kendali yang *adaptif*. Sistem kendali *adaptif* adalah sistem yang mampu melakukan penyesuaian terhadap kondisi yang terjadi. Dari berbagai sistem kendali adaptif, *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) merupakan sistem kendali adaptif yang banyak digunakan dalam konteks kendali kecepatan karena ANFIS merupakan penggabungan dari dua metode yaitu *fuzzy logic* dan *neural network* [8]. Logika fuzzy mampu mengurangi osilasi dan *neural network* mampu beradaptasi pada perubahan [9]. ANFIS tidak lagi melibatkan *expert* dalam menyusun *rule*. Selain itu, ANFIS lebih transparan terhadap pengguna dibandingkan jaringan saraf tiruan lainnya. Karena *rule* hasil olah ANFIS dapat diketahui oleh pengguna. Dari kelebihan tersebut metode ANFIS cocok diterapkan untuk kendali kecepatan [10].

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian tentang sistem kendali kecepatan motor BLDC 10kW menggunakan metode ANFIS pada mobil listrik. Dalam mengembangkan sistem tersebut menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan sensor kecepatan sudut menggunakan *rotary encoder incremental*. Pada tahap pengujian, nilai dari kecepatan sudut motor akan divalidasi oleh sensor kecepatan sudut dan nilai kecepatan sudut tersebut akan dikirimkan ke arduino untuk dilakukan pengolahan data. Kemudian setelah data diolah, arduino akan mengirimkan sinyal digital yang kemudian dirubah oleh *low pass filter* (LPF) menjadi sinyal analog untuk dikirimkan ke *driver* motor BLDC.

1.2. Penelitian Terkait

Untuk menunjukkan bahwa penelitian ini tidak ada unsur plagiat terhadap penelitian ini, dalam Tabel 1.1 diuraikan penelitian sebelumnya sistem kendali kecepatan pada motor BLDC.

Tabel 1.1 Referensi jurnal

No	NAMA PENELITI	TAHUN	JUDUL
1.	Puji Astuti,dkk	2022	Sistem Kendali Kecepatan Motor BLDC Menggunakan PWM Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno
2.	Diky Zakaria, dkk	2021	Sistem Kendali Kecepatan <i>Switched Reluctance</i> Motor

No	NAMA PENELITI	TAHUN	JUDUL
3.	Abdessamad Intidam, dkk	2023	<i>Development and Experimental Implementation of Optimized PI-ANFIS Controller for Speed Control of a Brushless DC Motor in Fuel Cell Electric Vehicles</i>
4.	Mopidevi Subbarao, dkk	2024	<i>Design, Control and Performance Comparison of PI and ANFIS Controller for BLDC Motor Driven Electric Vehicles</i>
5.	Hari Maghfiroh, dkk	2022	<i>Fuzzy-PID in BLDC Motor Speed Control Using Matlab/Simulink</i>

Penelitian mengenai pengaturan kecepatan motor BLDC telah dilakukan oleh berbagai lembaga, baik universitas ataupun lembaga riset. Pada Tabel 1. 1 membahas posisi peneliti agar mengetahui perbedaan dari peneliti sebelumnya.

Pada tahun 2023 Abdessamad Intidam, dkk melakukan penelitian terkait kontrol PI-ANFIS untuk kontrol kecepatan motor BLDC pada kendaraan listrik bahan bakar sel. Pada penelitiannya menyatakan bahwa pengontrol PSO-PI-ANFIS menyajikan kinerja yang lebih baik daripada PI-ANFIS dan kontrol PI konvensional karena kemampuannya untuk mengoptimalkan parameter kontroler PI-ANFIS menggunakan algoritma PSO. Optimalisasi ini menghasilkan akurasi pelacakan yang lebih baik dan mengurangi *overshoot* dan *steady state* [11].

Pada tahun 2024 Mopidevi Subbarao, dkk membuat desain sistem kendali motor BLDC menggunakan kontrol logika PI dan ANFIS. Hasil dari kedua metode tersebut kemudian dibandingkan untuk mengetahui kinerja yang terbaik. Pada pengimplementasiannya digunakan motor BLDC 5 kW dengan tegangan 48V dan motor BLDC 100 A dalam aplikasi mobil listrik. Penelitian tersebut menyatakan bahwa pengontrol ANFIS meningkatkan kinerja dinamis motor BLDC dan meningkatkan karakteristik operasi lainnya seperti waktu naik, pengendapan waktu, persentase overshoot puncak dan respon kendaraan dalam hal kecepatan dan jarak [12].

Diky Zakaria merancang sebuah sistem kendali untuk mengatur kecepatan motor *Switched Reluctance Motor* (SRM) sebagai penggerak utama kendaraan listrik. SRM yang digunakan memiliki saturasi *input* dengan *range* yang sempit.

Sistem yang digunakan adalah kendali PI, PI antiwindup dan PI adaptif antiwindup [13].

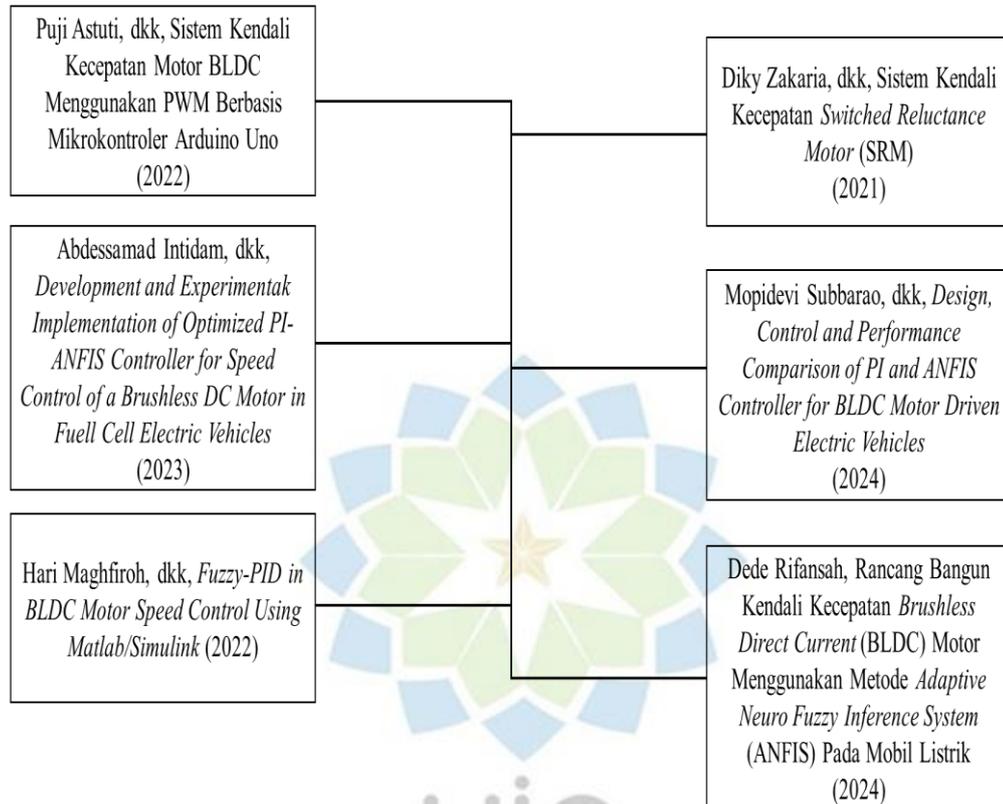
Pada tahun 2022 Puji Astuti,dkk merancang sistem kendali kecepatan motor BLDC menggunakan PWM berbasis mikrokontroler arduino uno. Metode yang digunakan dalam pembuatan alat ini yaitu menggunakan mikrokontroler arduino uno sebagai kontroler yang mendapat sinyal *input* atau masukan dari pembacaan Hall *Effect* sensor terhadap perubahan medan magnet pada stator motor BLDC berputar yang terjadi di dalam motor BLDC. Pengontrol kecepatan motor BLDC menggunakan *keypad* untuk mengatur besaran nilai *duty cycle* yang mengirimkan data berupa nilai ADC (*Analog Digital Converter*) ke mikrokontroler kemudian dirubah menjadi sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) melalui inverter [14].

Pada tahun 2022 Hari Maghfiroh merancang sistem kendali kecepatan motor BLDC menggunakan metode Fuzzy-PID. Metode tersebut dibandingkan dengan metode PI konvensional. Hasil pengujiannya menyatakan bahwa kontrol Fuzzy-PID lebih baik daripada kontrol PI konvensional. Karena dapat mengurangi fluktuasi kecepatan dan memberikan kestabilan torsi. Di dalam arus stator dan Gaya Gerak Listrik (GGL), Fuzzy-PID memiliki arus dan tegangan yang lebih stabil daripada PI konvensional. Selain itu, Fuzzy-PID memiliki waktu pemrosesan yang lebih cepat dibandingkan dengan PI konvensional sebesar 6,27% [15].

Penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian sebelumnya, diantaranya yaitu metode ANFIS pada penelitian ini digunakan untuk kendali kecepatan. Sedangkan, penelitian sebelumnya menggunakan metode ANFIS untuk mengoptimasi parameter-parameter kendali yang lainnya. Pada penelitian sebelumnya masih menggunakan metode konvensional untuk mengendalikan kecepatan. Pengimplementasian motor BLDC pada penelitian sebelumnya tidak dihubungkan ke beban. Sedangkan, pada penelitian ini motor BLDC telah dihubungkan ke beban yaitu transmisi mobil.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan sebelumnya, pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan penelitian pengaturan kecepatan pada BLDC dengan menggunakan menggunakan *microcontroller* Arduino sebagai penerapan kendali ANFIS.

Penelitian terkait menggunakan lima jurnal, dua jurnal internasional dan 3 jurnal nasional yang berhubungan dengan penelitian ini. Hubungan tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Hubungan penelitian
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

1.3. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana rancang bangun sistem kendali pengaturan kecepatan motor BLDC menggunakan kendali ANFIS pada mobil listrik ?
2. Bagaimana kinerja sistem kendali kecepatan motor BLDC menggunakan kendali ANFIS pada mobil listrik ?

1.4. Tujuan

Tujuan diperlukan supaya dapat memperlihatkan apa yang dilakukan dalam penelitian ini. Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang & mengimplementasikan sistem pengaturan kecepatan motor BLDC menggunakan kendali ANFIS pada mobil listrik.
2. Menganalisis kinerja sistem pengaturan kecepatan motor BLDC menggunakan kendali ANFIS pada mobil listrik.

1.5. Manfaat

Manfaat harus ditinjau dari 2 sisi: Manfaat akademik dan manfaat praktis.

Manfaat Akademis:

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

Manfaat Praktis:

Manfaat praktis dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi para pegiat teknis dalam penggunaan motor BLDC dibidang industri serta meningkatkan produk pengendalian yang menjadi acuan pada rekayasa teknologi.

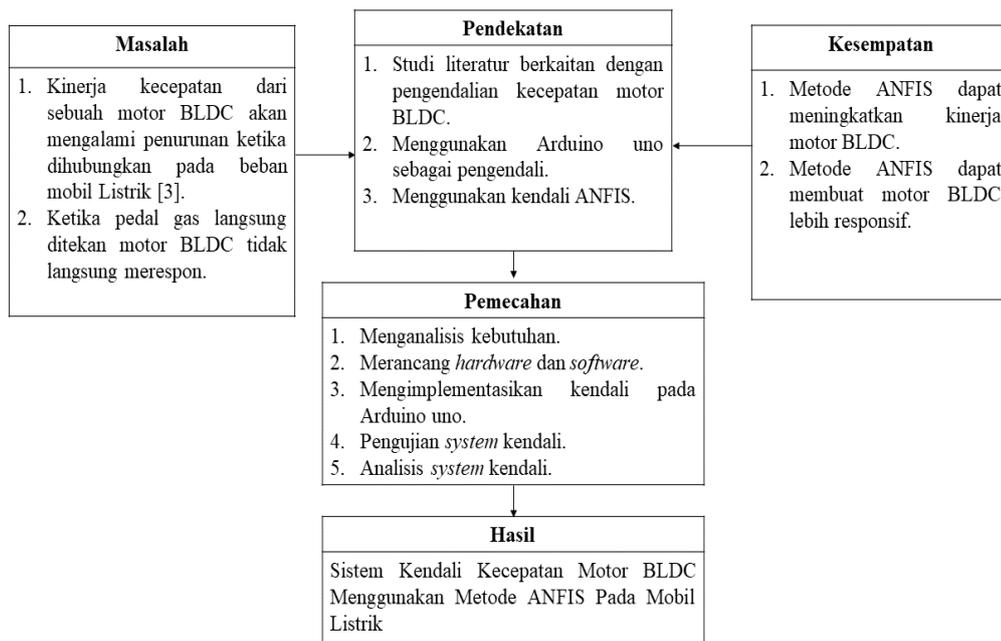
1.6. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini untuk memperjelas arah pembahasan, maka penulis akan dibatasi pada bagian berikut:

1. BLDC yang digunakan memiliki daya 10 kW yang bekerja pada tegangan 72 volt.
2. Sensor kecepatan sudut menggunakan sensor *rotary encoder* 400P 5-24 LPD3806-400BM-G5 *incremental*.
3. Kontrol kecepatan dengan menggunakan Arduino Uno.
4. Fokus analisis dilakukan pada *setpoint* 900 RPM dan 1800 RPM.
5. Dengan mempertimbangkan aspek keamanan pengujian dilakukan pada posisi mobil diam atau tidak sedang berjalan.

1.7. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir adalah alur pemikiran yang memuat uraian sistematis tentang hasil perumusan masalah penelitian yang diperkirakan dapat diselesaikan melalui pendekatan yang dibutuhkan untuk kendali kecepatan motor BLDC. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun kendali kecepatan motor BLDC pada mobil listrik. Kerangka pemikiran dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Kerangka berpikir

1.8. Sistematika Penulisan

Supaya mudah untuk dipahami Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, kerangka berfikir, penelitian terkait, dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini menguraikan tentang dasar ilmu penunjang yang digunakan dalam penelitian serta memberikan gambaran peralatan yang digunakan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi diagram alur penelitian dan jadwal penelitian sistem kendali kecepatan motor BLDC 10kW dengan metode ANFIS pada mobil listrik.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan tahapan yang dilakukan ketika melakukan perancangan pada alat dan melakukan implementasi pada sistem kendali kecepatan motor BLDC dengan metode ANFIS 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 ANFIS pada mobil listrik.

BAB VI PENUTUP

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

