

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Cadangan minyak bumi Indonesia diperkirakan dapat bertahan hingga 9,5 tahun mendatang jika tidak ada penemuan baru dan tingkat produksi tetap berada di angka 700 ribu barel *oil per day* (Bopd). Hal tersebut mendorong pengembangan mobil listrik sebagai upaya untuk melepaskan ketergantungan pada bahan bakar minyak yang jumlahnya terbatas [1]. Tercatat mulai Januari hingga Agustus 2023, penjualan mobil listrik berbasis baterai mencapai sekitar 8,2 ribu unit. Jumlah tersebut lebih tinggi lima kali lipat dibandingkan tahun lalu pada periode waktu yang sama. Data tersebut menunjukkan popularitas mobil listrik semakin meningkat di kalangan masyarakat [2].

Dalam penelitian terdahulu yang telah dilakukan, dijelaskan bahwa motor listrik jenis *Brushless Direct Current* (BLDC) merupakan motor yang cukup baik untuk digunakan sebagai penggerak mobil listrik. Keunggulan motor BLDC dibandingkan motor jenis lain seperti motor *Direct Current* (DC) menjadi dasar penggunaannya sebagai penggerak mobil listrik [3]. Salah satu keunggulan motor BLDC adalah penggunaan rangkaian elektronik sebagai pengontrolnya. Sehingga motor BLDC tidak memerlukan sikat karbon atau komutator. Selain itu, motor BLDC juga memiliki tingkat efisiensi yang tinggi, masa pakai yang lebih lama, perawatan yang mudah, serta putaran yang halus sehingga tingkat kebisingan yang dihasilkan relatif rendah. Meskipun motor BLDC memiliki banyak kelebihan, performanya dapat terhambat ketika beroperasi dengan beban sehingga dapat menyebabkan *delay* saat pertama kali dijalankan [4].

Dalam penggunaan motor BLDC, kecepatan putaran motor yang bisa diatur dengan pengaturan perpindahan putaran yang halus menjadi sorotan utama sebagai parameter yang diinginkan. Selain itu, respons sistem yang baik dengan *rise time* dan *settling time* yang cepat serta *overshoot* yang minim juga diharapkan dari kinerja motor yang digunakan. Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi arus *start* yang besar sehingga dapat mencegah hentakan mekanis

serta mengurangi *delay* kenaikan kecepatan saat motor dijalankan sehingga dapat memberikan kenyamanan bagi pengguna. Oleh karena itu, terlahir berbagai metode untuk mengendalikan kecepatan motor. Metode-metode tersebut terus dikembangkan untuk meningkatkan efektifitasnya. Salah satu metode yang umum digunakan adalah metode kendali *Proportional Integral Derivative* (PID) [5].

Kendali PID adalah metode kendali yang banyak digunakan dalam bidang rekayasa. Metode kendali ini banyak digunakan karena memiliki hasil yang cukup baik dalam mengatur kecepatan motor. Kendali ini terdiri dari kombinasi tiga komponen utama, yaitu *Proportional*, *Integral*, dan *Derivative* [5]. Komponen *Proportional* (P) memberikan respons berbanding lurus dengan selisih antara nilai *setpoint* dan *output* yang didapatkan. Semakin besar selisihnya, maka semakin besar respons P yang dihasilkan. Komponen *Integral* (I) mengatasi *error* sistem selama penggunaan. Sementara itu, komponen *Derivative* (D) memantau tingkat perubahan *error* sistem dan membantu mencegah perubahan mendadak yang dapat menyebabkan *overshoot* [6].

Dalam berbagai pengaplikasian motor listrik, stabilitas putaran terhadap nilai referensi dan rentang kecepatan yang luas sering menjadi kebutuhan utama. Pada bagian inilah peran suatu metode kontrol diperlukan. Efektifitas penggunaan metode kontrol tersebut dapat dilihat dari hasil komparasi respons sistem dengan menggunakan metode kontrol dan tanpa menggunakan metode kontrol. Oleh karena itu, pada sistem yang dibuat perlu diperoleh data perbandingan respons sistem kecepatan motor ketika menggunakan kontrol PID serta tanpa menggunakan kontrol PID. Dengan begitu, dapat diketahui efektifitas dari penerapan metode kontrol PID tersebut [7].

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan, penelitian ini akan berfokus pada sistem pengendalian kecepatan pada motor BLDC dengan menerapkan kontrol PID untuk mempercepat *rise time* dan *settling time* dengan *overshoot* yang minim. Parameter-parameter kontrol PID ditentukan dengan metode penalaan Ziegler-Nichols. Sementara itu, implementasi kontrol PID akan dilakukan dengan Arduino sebagai mikrokontroler.

## 1.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pengendalian kecepatan motor BLDC telah banyak dilakukan oleh banyak pihak. Tinjauan penelitian terdahulu berisi kajian mengenai penelitian terdahulu yang telah dilakukan yang berkaitan dengan topik riset. Penelitian-penelitian tersebut menjadi acuan dalam penelitian tugas akhir ini. Hal ini untuk menghindari plagiarisme terhadap hasil penelitian orang lain. Dalam tahap ini, penelitian-penelitian tersebut akan diuraikan secara singkat sebagai bentuk upaya untuk memperkuat alasan mengapa penelitian ini dilakukan. Tabel 1.1 merupakan referensi jurnal penelitian sejenis yang dilakukan beberapa peneliti sebelumnya.

Tabel 1.1 Tabel referensi utama.

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul
1	Pratik Phirke, Prof. Neha Zope, Bharat Kolhe	2023	<i>BLDC Speed Control Using PID, PWM, &amp; Hardware Development</i>
2	Intan Sholikha, Syechu Dwitya Nugraha, Ony Asrarul Qudsi, Era Purwanto, Gigih Prabowo, Indra Ferdiansyah	2022	Jurnal Pengembangan Elektronika (Pengaturan Kecepatan Motor BLDC <i>Sensorless</i> Menggunakan FOC)
3	Reza Muhardian dan Krismadinata	2020	Kendali Kecepatan Motor DC Dengan Kontroler PID dan Antarmuka Visual <i>Basic</i>
4	Rafli Fajar Anugrah, Iradiratu Diah P.K., Belly Yan Dewantara	2020	Kontrol Motor <i>Brushless</i> DC Menggunakan <i>Six Step Comutation</i> dengan Kontrol PID ( <i>Proportional Integral Derivative</i> )

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul
5	Md Mahmud , S. M. A. Motakabber , A. H. M. Zahirul Alam , Anis Nurashikin Nordin	2020	<i>Control BLDC Motor Speed using PID Controller</i>

Penelitian mengenai pengendalian kecepatan motor BLDC telah dilakukan oleh berbagai lembaga, baik universitas ataupun lembaga riset. Tabel 1.1 memperlihatkan beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pengendalian kecepatan dan penggunaan motor BLDC.

Pada tahun 2023, Pratik Phirke, dkk [8] melakukan penelitian untuk mengendalikan kecepatan motor BLDC dengan kendali PID dan pemodelan menggunakan Matlab/Simulink. Model tersebut memudahkan dalam melakukan pengamatan dan analisis terhadap kecepatan dan torsi motor BLDC. Pada penelitian tersebut juga dilakukan komparasi antara kendali PID yang digunakan dengan kendali lainnya yaitu kendali PI. Hasil dari komparasi tersebut adalah kendali PID lebih layak untuk diaplikasikan dengan kinerja yang lebih baik dan efektif berdasarkan serangkaian pengujian yang dilakukan.

Intan Sholikha, dkk melakukan penelitian pada tahun 2022 [9] untuk membuat sebuah sistem yang dapat mengatur kecepatan motor BLDC menggunakan metode *sensorless* (menggunakan deteksi tegangan balik EMF) serta menggunakan metode FOC untuk menurunkan kebisingan dan riak torsi pada motor. Sebagai pengendali kecepatan motor, metode kontrol PID digunakan untuk mempercepat dan menstabilkan kecepatan torsi motor secara otomatis. Set poin yang ditetapkan pada sistem tersebut yaitu 3000 Rpm. Kinerja dari sistem yang dibuat diuji menggunakan Matlab. Hasil dari pengujian tersebut menunjukkan bahwa metode FOC menggunakan PID dapat meningkatkan respons sistem dinamis serta menurunkan nilai *overshoot*.

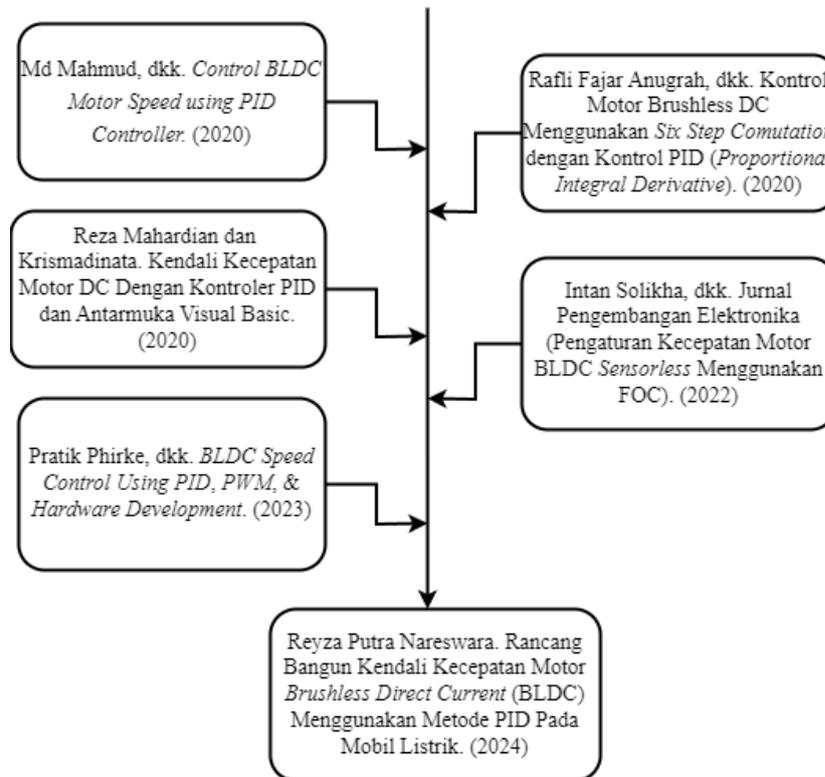
Selanjutnya, Reza Muhandian dan Krismadinata melakukan penelitian pada tahun 2020 [10] untuk mengendalikan kecepatan motor DC dengan menggunakan kendali PID dan antarmuka visual *basic*. Dalam penelitian tersebut, sensor

*encoder* digunakan untuk membaca kecepatan motor. Kemudian, penentuan parameter kendali PID didapatkan dengan pendekatan *trial and error* yang dilakukan dengan menginputkan nilai  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ , dan mengamati grafik dari respons sistem hingga didapatkan bentuk grafik yang diinginkan. Penggunaan kendali PID tersebut menghasilkan kecepatan putaran motor DC yang stabil sesuai dengan nilai *setpoint* yang ditetapkan. Hasil yang didapatkan menunjukkan rata-rata nilai *overshoot* sebesar 11,79%, *settling time* dengan nilai rata-rata 4,48%, dan *error steady state* sebesar 2,5%. Dengan begitu, didapatkan respons sistem yang lebih cepat dan nilai *error* lebih kecil.

Pada Tahun 2020, Md Mahmud, dkk [11] melakukan penelitian mengenai kontrol kecepatan motor BLDC. Metode kontrol yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah metode PID yang dibandingkan dengan metode kontrol lainnya yaitu PI dan *Fuzzy*. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menunjukkan respons dinamis terhadap hasil *tuning* cepat pengontrol PID modifikasi yang digunakan yang dapat membantu mengontrol kecepatan motor dan mempertahankan kecepatan konstan selama pergantian beban. *Setpoint* pengendalian motor diatur pada 2500 rpm. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa kontrol PID menghasilkan kinerja terbaik diantara metode lainnya.

Kemudian, pada Tahun 2020, Rafli Fajar Anugrah, dkk [5] melakukan penelitian mengenai pengendalian motor BLDC menggunakan *Six Step Comutation* dengan kontrol PID. Rangkaian *Six Step Comutation* pada penelitian ini digunakan untuk mengubah sumber DC menjadi AC 3 fasa. Selain menggunakan kontrol PID, pada penelitian ini juga digunakan kontrol PI sebagai pembading hasil pengendalian. Pada penelitian ini *setpoint* kecepatan motor diatur pada nilai 3500 rpm. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kontrol PID menghasilkan respons sistem yang stabil dengan nilai *rise time* lebih kecil dari 0,1 s. Selain itu, nilai *settling time* lebih kecil dari 0,2 s. Rasio *error steady state* dan *overshoot* juga tidak lebih besar dari 1%. Dari hasil tersebut diketahui bahwa kontrol PID lebih baik dibandingkan kontrol PI untuk mengendalikan kecepatan motor.

*State of The Art* penelitian ini menggunakan rujukan lima jurnal, dua jurnal internasional dan tiga jurnal nasional yang berhubungan dengan penelitian. Hubungan tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Hubungan penelitian.

### 1.3 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana rancang bangun dan implementasi kendali kecepatan motor BLDC berbasis kendali PID pada mobil listrik?
2. Bagaimana kinerja sistem kendali kecepatan motor BLDC berbasis kendali PID pada mobil listrik?

### 1.4 Tujuan

Tujuan penelitian penting untuk menggambarkan tindakan yang diambil dalam penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem kendali kecepatan motor BLDC berbasis kendali PID pada mobil listrik.
2. Menganalisis kinerja sistem kendali kecepatan motor BLDC berbasis kendali PID pada mobil listrik.

### **1.5 Manfaat**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### **1. Manfaat Akademis**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik mengenai perkembangan dibidang keilmuan sistem kendali khususnya pada kendali kecepatan motor BLDC.

#### **2. Manfaat Praktis**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi para pegiat teknisi dalam penggunaan motor BLDC di Bidang Industri. Selain itu, diharapkan dapat meningkatkan produk sistem kendali yang menjadi referensi dalam rekayasa teknologi.

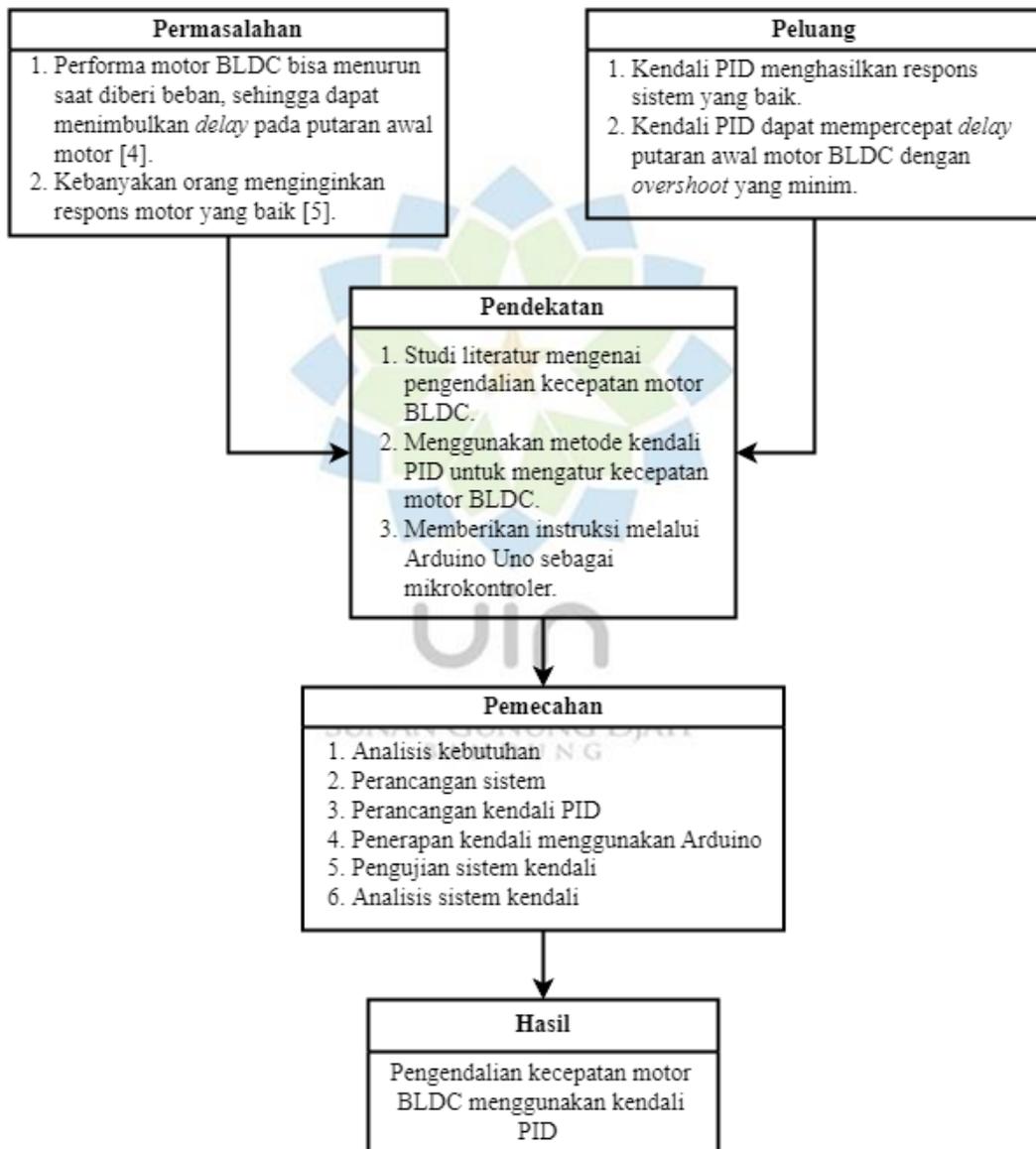
### **1.6 Batasan Masalah**

Ruang lingkup masalah yang diangkat sangat luas, maka dari itu perlu adanya batasan masalah dalam merancang dan membangun kendali kecepatan motor BLDC menggunakan metode PID pada mobil listrik agar mendapatkan hasil yang lebih spesifik sesuai dengan tujuan penelitian. Berikut batasan masalah pada penelitian ini:

1. BLDC yang digunakan memiliki daya 10 kW yang bekerja pada tegangan 72 volt.
2. *Speed sensor* menggunakan *Incremental Rotary Encoder LPD3806-400BM-G5-24C*.
3. *Controller* menggunakan mikrokontroler Arduino Uno.
4. *Setpoint* pengendalian 900 rpm dan 1800 rpm.
5. Dengan mempertimbangkan aspek keamanan, pengujian dilakukan dalam kondisi mobil tidak bergerak.

## 1.7 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir adalah struktur yang menggambarkan cara berpikir secara sistematis, merangkum informasi yang muncul dari perumusan masalah penelitian, dan menguraikan langkah-langkah penelitian secara logis, dengan tujuan untuk mengejar suatu solusi atau jawaban terhadap masalah yang ada. Kerangka pemikiran penelitian ini dijelaskan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Kerangka berpikir penelitian.

## **1.8 Sistematika Penulisan**

Untuk memudahkan pemahaman dalam penelitian tugas akhir ini maka akan dibagi menjadi 6 bab dan setiap bab dibagi kedalam beberapa sub-bab dengan penjelasan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini diuraikan tentang latar belakang, tinjauan penelitian terdahulu, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka pemikiran, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TEORI DASAR**

Pada bab ini dituliskan tinjauan pustaka tentang dasar ilmu penunjang yang digunakan dalam penelitian serta memberikan gambaran peralatan yang digunakan dalam penelitian ini.

### **BAB III METODOLOGI DAN JADWAL PENELITIAN**

Pada bab ini dijelaskan metode ataupun tahapan-tahapan yang dilakukan ketika melakukan penelitian rancang bangun kendali kecepatan motor *Brushless Direct Current* (BLDC) menggunakan metode PID pada mobil listrik.

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

Pada bab ini dijelaskan tahapan-tahapan dalam melakukan perancangan sistem dan pengimplementasiannya menggunakan peralatan dan bahan yang telah ditentukan.

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

Bab ini berisi penjelasan mengenai semua pengujian yang dilakukan terhadap sistem serta analisis dari kinerjanya.

### **BAB VI PENUTUP**

Bab ini merupakan bagian penutup dari penelitian yang di dalamnya terdapat kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang dapat diaplikasikan pada penelitian-penelitian selanjutnya.