

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini, pengembangan kendaraan listrik berfokus pada gagasan yang menghemat energi dan ramah lingkungan. Motor listrik berfungsi sebagai penggerak utama pada kendaraan listrik. Motor listrik yang banyak digunakan adalah motor *brushless direct current* (BLDC). Jenis motor ini digunakan karena memiliki efisiensi yang tinggi, mudah dalam perawatannya, dan memiliki dimensi yang lebih kecil [1]. Kemampuan motor BLDC berfungsi sebagai generator selama pengereman *regenerative* membuatnya ideal untuk di aplikasikan pada kendaraan listrik.

Motor BLDC terdiri dari rotor yang terbuat dari magnet permanen dan stator yang terdiri dari kumparan yang digulung pada struktur lapisan pelat besi. Ada 2 tipe motor BLDC. Pertama *Inside Rotor*, dimana rotor ada di tengah dan stator berada diluar. Kedua yaitu *outside rotor* dimana letak rotor berada di luar dan stator berada di tengah. Prinsip kerja mengubah belitan fasa yang harus di eksitasi sesuai dengan posisi magnet permanen pada motor untuk menghasilkan torsi yang kontinu. Perubahan ini disebut *commutation*.

Kontroler motor BLDC memiliki rentang suhu kerja pada saat bekerja. Jika suhu kerja kontroler berlebih, maka kontroler dapat mengalami kerusakan. Terdapat banyak penyebab terjadinya suhu kerja kontroler motor BLDC berlebih, antara lain: beban berlebih yang diterima motor BLDC, kondisi catu daya tidak normal, durasi yang lama motor BLDC berputar, dan kondisi lingkungan kerja motor BLDC.

Suhu motor dipengaruhi oleh masa pakai dan kinerja motor BLDC. Suhu belitan stator secara langsung mempengaruhi daya tahan sistem insulasi belitan, sedangkan suhu rotor mempengaruhi efisiensi magnet permanen. Panas berlebih pada belitan meningkatkan kerugian *joule*, karena hambatan listrik dari belitan sangat bergantung suhu [2]. Rentang suhu operasi untuk motor BLDC umumnya berkisar antara 30°C - 70°C. Hal ini bertujuan untuk memastikan kinerja yang efisien dan umur pakai yang optimal tanpa risiko *overheating* atau kerusakan komponen internal [3]. Oleh karena itu, analisis termal dalam desain motor BLDC sangat penting.

Pendinginan pada komponen utama merupakan aspek penting dalam menjaga ketahanan kerja dari komponen tersebut. Setiap komponen yang beroperasi akan menghasilkan *losses* berupa panas, termasuk pada BLDC motor. Apabila panas tersebut tidak dibuang maka akan mempengaruhi performa BLDC Motor tersebut, bahkan apabila ini dibiarkan secara terus menerus maka temperatur akan meningkat dan terjadi *overheat*. *Overheat* pada motor listrik menimbulkan efek yang merugikan seperti degradasi isolasi kumparan, demagnetisasi, meningkatkan *heat loss*, penurunan efisiensi motor dan mengurangi *life time* motor listrik [4].

Penggunaan kipas sebagai sistem pendingin udara pada motor BLDC menggunakan udara di sekitar motor untuk sirkulasi dan memastikan perpindahan panas melalui komponen seperti *fin* dan gulungan motor tetap optimal. Jenis motor BLDC 10 kW yang digunakan tidak mendukung apabila harus menggunakan *water jacket*. Sehingga sistem pendinginan yang digunakan menggunakan kipas tidak menggunakan cairan fluida.

Kontroler *Proportional Integral Derivative* (PID) konvensional banyak digunakan dalam industri karena kesederhanaannya, fungsinya yang jelas, dan kemudahan dalam penerapannya. Kontroler PID ini bekerja berdasarkan prinsip bahwa nilai proporsional ("P"), integral ("I"), dan turunan ("D") harus disesuaikan atau "*tune*" secara individual. Kontroler PID secara terus-menerus menghitung kesalahan, yaitu perbedaan antara *setpoint* yang diinginkan dan nilai aktual, sehingga sistem memiliki kemampuan untuk meminimalkan kesalahan secara terus-menerus dengan menyesuaikan variabel kontrol. Kontroler PID memberikan kontrol yang paling akurat dan stabil dibandingkan dengan tipe kontroler lainnya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini akan merancang dan mengimplementasikan sistem pendingin udara motor BLDC 10 kW untuk mobil listrik dengan metode PID dan diharapkan sistem pendingin yang dihasilkan dapat memberikan respons yang adaptif terhadap perubahan temperatur motor BLDC sehingga mampu meningkatkan efisiensi dan menjaga kinerja motor BLDC dalam kondisi operasi yang optimal.

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 Tabel referensi.

Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian
J. Victor Tuapetel, A. Faishal Ramadhan, M. Kurniadi Rasyid	2019	Rancang Bangun Sistem Pendingin Sekunder untuk Kabin Mobil dengan Memanfaatkan <i>Thermoelectric</i> (TEC)
Leo Arinando, Fatkhur Rohman	2020	Desain dan analisis pengaruh variasi nilai beban dan kecepatan laju kendaraan terhadap suhu kontroler motor BLDC pada purwarupa kendaraan listrik
Safril, Mustofa, Muhamad Zen, Fredy Sumasto, Mohammad Wirandi	2022	<i>Design of Cooling System on Brushless DC Motor to Improve Heat Transfers Efficiency</i>
Selvakumar Raja and Sasikumar Nandagopal	2023	<i>Thermal analysis of an electric motor in an electric vehicle</i>

Berdasarkan Tabel 1.1 dapat dilacak posisi penelitian yang akan dilakukan di antara penelitian yang sebidang. Penelitian yang dilakukan oleh J. Victor Tuapetel, dkk. [5] yang bertujuan untuk mengondisikan udara dalam kabin mobil dengan menggunakan sistem pendingin yang efisien dan ramah lingkungan. Penelitian tersebut menghasilkan sistem pendingin kabin mobil dengan *thermo-electric* yang berbasis peltier menunjukkan potensi dalam mengurangi temperatur dalam kabin mobil dan menjaga kenyamanan selama parkir. Ramah lingkungan menjadi isu

yang penting dalam penelitian ini dan sistem pendingin ini mampu mengurangi konsumsi bahan bakar dibandingkan dengan sistem pendingin konvensional.

Penelitian Leo Arinando dkk. [6] membahas tentang pengaruh variasi nilai beban dan kecepatan laju kendaraan terhadap suhu kontroler motor BLDC. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yaitu dengan cara memberi suatu perlakuan, kemudian melakukan evaluasi terhadap pengaruh yang ditimbulkan pada suatu objek penelitian. Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh variasi nilai beban terhadap suhu kontroler motor BLDC.

Penelitian oleh Safril, dkk. [7] membahas tentang sistem pendingin pada *casing Brushless DC* dengan mengaplikasikan sirip berlubang yang dialiri air secara terus menerus. Desain *casing* motor *Brushless DC* disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak untuk mengetahui kondisi aktual sirkulasi air yang terjadi pada desain. Selanjutnya, penelitian ini menggunakan pendekatan empiris dan komparatif untuk mengevaluasi efisiensi dari sebuah sistem pendingin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain sistem pendingin *hollow fin* dengan media air cenderung mengalami efisiensi sebesar 43,410% dan mengalami peningkatan efisiensi rata-rata dari penelitian sebelumnya sebesar 17,348%.

Penelitian Selvakumar Raja dkk. [8] membahas tentang analisis termal parametrik dari magnet permanen motor sinkron dengan mempertimbangkan waktu nyata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu tertinggi terjadi pada belitan ujung karena laju perpindahan panas yang rendah melalui isolasi belitan dan celah udara yang keduanya memiliki konduktivitas termal yang rendah. Meskipun suhu tertinggi yang tercatat aman untuk berbagai kelas isolator, penelitian menunjukkan bahwa CFD analisis dapat digunakan untuk mengoptimalkan termal kinerja motor kendaraan listrik berkapasitas tinggi seperti yang digunakan untuk traksi. Pengaruh geometri rumah dievaluasi menggunakan tiga desain geometri dan hasilnya menunjukkan bahwa pengenalan bagian aliran fluida meningkatkan laju perpindahan panas dan suhu belitan akhir dapat dikurangi hingga 15%.

Beberapa penelitian tersebut menghadapi masalah besar pada motor yaitu panas. Sehingga dilakukan rancang bangun sistem pendingin udara pada motor BLDC 10 kW untuk mobil listrik berbasis PID. Prototipe ini dibuat sebagai

penyelesaian masalah panas berlebih pada motor saat digunakan. Sehingga manfaatnya yaitu motor dapat dipakai dalam jangka waktu yang panjang, dapat mengefisiensikan umur aki mobil dan mengetahui kecepatan *electric fan* ketika terdapat perubahan suhu.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa hal Berikut:

1. Bagaimana rancang bangun *air cooling system* motor BLDC 10 kW untuk mobil listrik berbasis *Proportional Integral Derivative* (PID)?
2. Bagaimana kinerja dari *air cooling system* motor BLDC 10 kW untuk mobil listrik berbasis *Proportional Integral Derivative* (PID)?

1.4 Tujuan

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

1. Merancang dan mengimplementasikan *air cooling system* motor BLDC 10kW untuk mobil listrik berbasis *Proportional Integral Derivative* (PID).
2. Melakukan analisis hasil kinerja dari rancang bangun *air cooling system* motor BLDC 10kW untuk mobil listrik berbasis *Proportional Integral Derivative* (PID).

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik mengenai perkembangan di bidang keilmuan mesin listrik, dan sistem kendali khususnya pada *air cooling system* motor BLDC untuk mobil listrik berbasis *Proportional Integral Derivative* (PID).

2. Manfaat Praktis

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menurunkan panas berlebih pada motor BLDC menggunakan *air cooling system* untuk meminimalisir

kerusakan motor akibat panas berlebih dan membuat usia pemakaian motor menjadi lebih panjang.

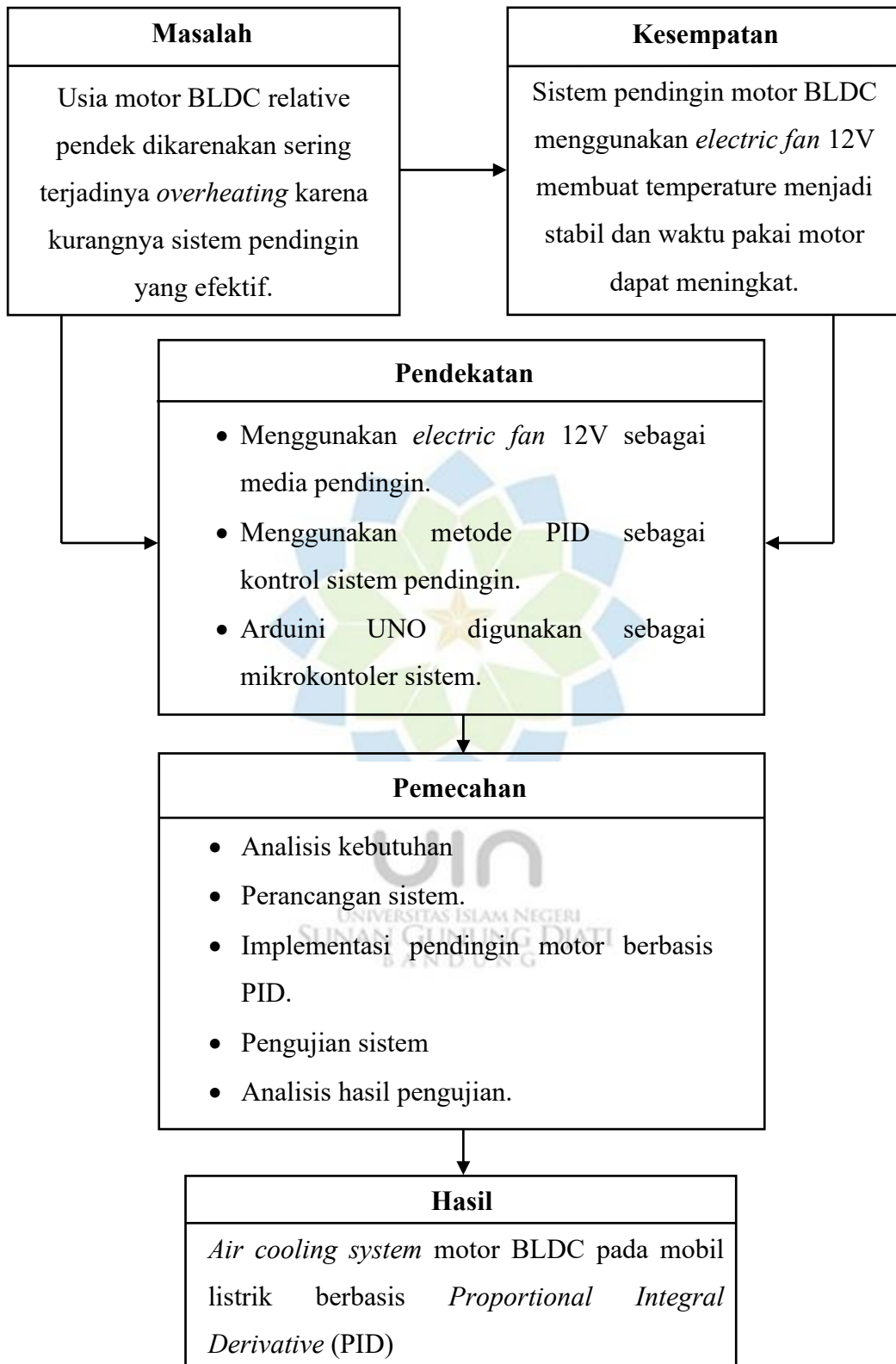
1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk menghindari adanya penyimpangan atau perluasan topik, agar penelitian lebih terarah dan mudah dibahas, sehingga dapat mencapai tujuan penelitian. Beberapa batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Motor BLDC yang digunakan adalah motor sinkron 3 fasa dengan kapasitas daya 10kW.
2. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino UNO.
3. Alat pendingin yang digunakan berupa *electric fan* 12 V.
4. Temperatur *setpoint* yang ingin dicapai ialah 40°C
5. Pemantauan tampilan data menggunakan LCD 16 x 2.
6. Mobil listrik yang digunakan adalah mobil uji dengan jenis mobil Toyota Innova Reborn.
7. Kecepatan mobil ketika pengujian < 45km/h.

1.7 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir yaitu berisi alur pemikiran yang memuat uraian sistematis tentang hasil perumusan masalah penelitian yang diperkirakan dapat diselesaikan melalui pendekatan yang dibutuhkan. Untuk mengatasi masalah tersebut, kerangka berpikir penelitian ini dapat dijelaskan 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, di antaranya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan tentang latar belakang, penelitian terkait, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka berpikir, dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini berisi tentang teori dasar yang digunakan dalam penelitian serta memberikan gambaran 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 *Air Cooling System* motor BLDC Untuk Mobil Listrik *Berbasis Proportional Integral Derivative (PID)*.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini menjelaskan tahapan yang dilakukan ketika melakukan perancangan pada alat dan melakukan implementasi pada alat dan bahan yang tersedia.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini berisikan tentang semua pengujian mengenai pengujian pada alat dan analisis dari hasil kinerja yang dilakukan.

BAB VI PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang bagian penutup dari penelitian. Pada bagian ini terdapat kesimpulan dari penelitian serta saran untuk penelitian-penelitian selanjutnya.