

BAB 1

ANALISIS KEBUTUHAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Penggunaan berkelanjutan bahan bakar fosil telah menyebabkan peningkatan yang stabil dari konsentrasi CO₂ di atmosfer menjadi 400,26 ppm pada tahun 2015, Sektor transportasi merupakan faktor utama bagi konsumsi bahan bakar dan emisi gas rumah kaca [1]. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia ialah sebesar 7 juta unit tiap tahunnya [2]. Jika peningkatan jumlah kendaraan bermotor berbahan bakar fosil terus meningkat dalam beberapa tahun kedepan hal itu akan menyebabkan makin meningkatnya gas rumah kaca di atmosfer. Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif untuk menggantikan kendaraan bahan bakar fosil yaitu kendaraan listrik. Akan tetapi hal tersebut menimbulkan masalah baru yaitu pada sistem kendali yang berbeda. Dimana kendaraan listrik bergerak menggunakan motor listrik yang di kendalikan oleh sebuah kontroler motor.

Pada masa sekarang motor listrik yang memiliki efisiensi paling tinggi ialah motor BLDC [3]. Tipe motor ini memiliki sistem kendali yang berbeda dengan motor DC pada umumnya, motor ini menggunakan sistem kendali 3 fasa dimana sistem kendali ini ada untuk mengatur nilai tegangan BEMF [4]. Karena rumitnya sistem kendali 3 fasa yang digunakan oleh motor BLDC, menyebabkan tingginya harga untuk kontroler motor tersebut. Oleh karena itu, peningkatan teknologi kendali untuk kontrol motor BLDC perlu dilakukan agar efisiensi pada motor dapat dimaksimalkan.

Motor BLDC merupakan motor dalam klasifikasi *synchronous* AC, oleh karena itu diperlukan kontrol kecepatan yang mampu menstabilkan kecepatan motor BLDC. Motor BLDC menggunakan 3 fasa yang terhubung ke driver untuk sistem kendalinya maka diperlukan sistem komutasi. Sistem komutasi yang digunakan pada motor BLDC ialah *Hall sensor* yang terhubung dengan inverter *Six-Step Commutation*. Untuk menunjang performansi komutasi dalam kendali motor, maka diterapkan sistem kendali untuk menghasilkan kinerja kontroler yang sesuai. Penelitian sebelumnya mengenai kendali BLDC menggunakan metode *Six-Step* telah menghasilkan pemahaman mendalam tentang keunggulan dan keterbatasan metode ini [5]. Dengan implementasi *Six-Step* dalam aplikasi tertentu, seperti sistem otomotif atau peralatan rumah tangga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Six-Step* memberikan solusi yang handal dan ekonomis dalam situasi-situasi

di mana tingkat presisi kontrol dan kompleksitas sistem tidak menjadi prioritas utama. Studi terdahulu juga membahas pengoptimalan parameter *Six-Step* untuk meningkatkan kinerja motor dan efisiensi energi. Pemahaman mendalam terhadap karakteristik motor BLDC saat menggunakan metode ini telah memberikan pandangan yang lebih baik dalam mengimplementasikannya dalam berbagai konteks aplikasi. Hasil penelitian ini dapat memberikan panduan berharga bagi pengembang sistem dan insinyur dalam memilih metode kendali yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi mereka, terutama dalam hal keseimbangan antara kinerja dan biaya implementasi.

1.2 Informasi Pendukung

Feature	BLDC Motor	Brushed DC Motor
Commutation	Electronic commutation based on Hall position sensors.	Brushed commutation.
Maintenance	Less required due to absence of brushes.	Periodic maintenance is required.
Life	Longer.	Shorter.
Speed/Torque Characteristics	Flat – Enables operation at all speeds with rated load.	Moderately flat – At higher speeds, brush friction increases, thus reducing useful torque.
Efficiency	High – No voltage drop across brushes.	Moderate.
Output Power/Frame Size	High – Reduced size due to superior thermal characteristics. Because BLDC has the windings on the stator, which is connected to the case, the heat dissipation is better.	Moderate/Low – The heat produced by the armature is dissipated in the air gap, thus increasing the temperature in the air gap and limiting specs on the output power/frame size.
Rotor Inertia	Low, because it has permanent magnets on the rotor. This improves the dynamic response.	Higher rotor inertia which limits the dynamic characteristics.
Speed Range	Higher – No mechanical limitation imposed by brushes/commutator.	Lower – Mechanical limitations by the brushes.
Electric Noise Generation	Low.	Arcs in the brushes will generate noise causing EMI in the equipment nearby.
Cost of Building	Higher – Since it has permanent magnets, building costs are higher.	Low.
Control	Complex and expensive.	Simple and inexpensive.
Control Requirements	A controller is always required to keep the motor running. The same controller can be used for variable speed control.	No controller is required for fixed speed; a controller is required only if variable speed is desired.

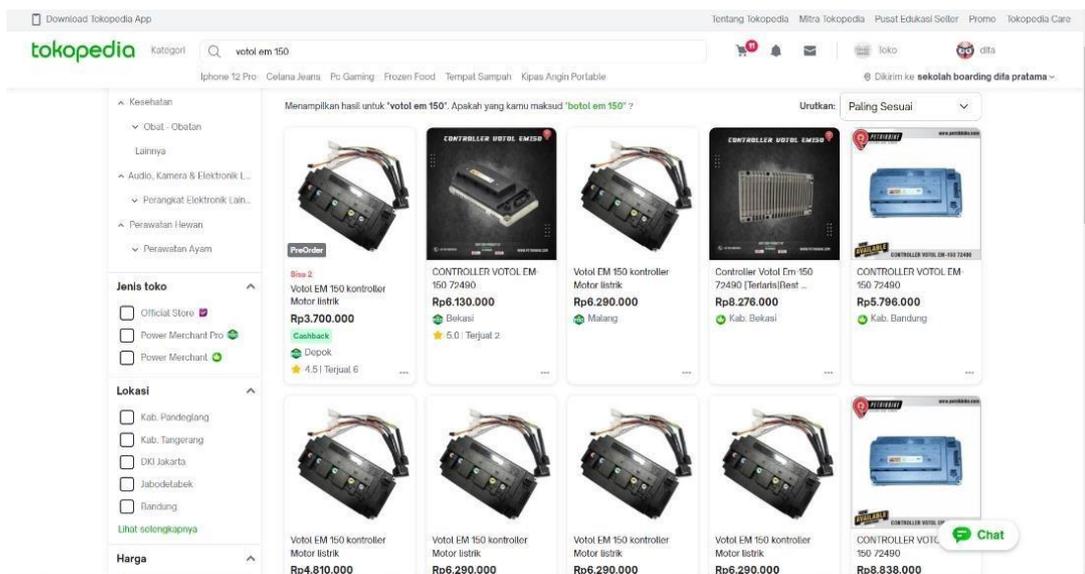
Gambar 1.1 Perbandingan Motor BLDC dengan Motor DC [6]

Pada Gambar 1.1 ditunjukkan perbandingan antara motor BLDC dengan motor DC. Perbandingan yang diterampilkan pada table terdiri dari aspek spesifikasi mencakup komutasi motor, kecepatan torsi, efisiensi, daya *output*, inersia, rentang kecepatan, dan tingkat kebisingan motor. Sedangkan, pada aspek lainnya, mencakup pemeliharaan, masa penggunaan, biaya pembuatan, dan pengontrolan yang dibutuhkan. Untuk saat ini, motor BLDC banyak digunakan karena memiliki efisiensi tinggi, andal, dan rentang kecepatan yang lebar[7].

Features	BLDC Motors	AC Induction Motors
Speed/Torque Characteristics	Flat – Enables operation at all speeds with rated load.	Nonlinear – Lower torque at lower speeds.
Output Power/ Frame Size	High – Since it has permanent magnets on the rotor, smaller size can be achieved for a given output power.	Moderate – Since both stator and rotor have windings, the output power to size is lower than BLDC.
Rotor Inertia	Low – Better dynamic characteristics.	High – Poor dynamic characteristics.
Starting Current	Rated – No special starter circuit required.	Approximately up to seven times of rated – Starter circuit rating should be carefully selected. Normally uses a Star-Delta starter.
Control Requirements	A controller is always required to keep the motor running. The same controller can be used for variable speed control.	No controller is required for fixed speed; a controller is required only if variable speed is desired.
Slip	No slip is experienced between stator and rotor frequencies.	The rotor runs at a lower frequency than stator by slip frequency and slip increases with load on the motor.

Gambar 1.2 Perbandingan Motor BLDC dengan Motor induksi AC [6]

Pada Gambar 1.2 menunjukkan perbandingan antara motor BLDC dengan motor induksi AC. Perbandingan mencakup karakteristik kecepatan/torsi hingga factor *slip* pada motor. Dibandingkan dengan motor induksi AC, BLDC memiliki efisiensi yang lebih tinggi karena rotor yang terbuat dari magnet permanen dan torsi awal yang lebih tinggi.



Gambar 1.3 Harga Kontroler Votol EM-150

Pada Gambar 1.3 ditunjukkan gambar dari harga kontroler yang digunakan oleh Lab INACOS, yaitu votol EM-150. Rentang harga dari Votol EM-150 pada *e-commerce* berkisar dari 3,7 juta-8,8 juta Rupiah. Rentang harga yang tinggi tersebut menjadi alasan utama terhambatnya pengembangan *Electric Vehicle* Lab INACOS

1.3 Constraint

1.3.1 Aspek Ekonomi

Electric Vehicle Lab INACOS memerlukan sebuah kontroler untuk mengendalikan motor BLDC yang digunakan. Kontroler motor BLDC umumnya dijual dengan harga diantara 2-6 juta Rupiah untuk kualitas terbaik. Terkait hal tersebut, pembuatan kontroler motor BLDC tidak dipungkiri membutuhkan biaya yang cukup besar, dikarenakan membutuhkan biaya riset dan biaya produksi kontroler.

1.3.2 Aspek Manufakturabilitas (*manufacturability*)

Desain skematik kontroler motor BLDC dapat dirancang menggunakan *website* easyeda.com yang dapat diakses melalui internet. Dalam perancangannya, digunakan komponen-komponen sesuai standar yang mudah didapat di pasaran. Sehingga, kontroler motor BLDC dapat diproduksi dan beroperasi sesuai tujuan penggunaannya.

1.3.3 Aspek Keberlanjutan (*sustainability*)

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah yang ditetapkan sebelumnya, berikut kebutuhan-kebutuhan yang harus dipenuhi :

1. Kebutuhan dapat menggerakkan motor BLDC.
2. Kontroler dapat melakukan *Regenerative Braking System*.
3. Kontroler dilengkapi dengan pemantauan data elektrikal menggunakan IoT dengan memanfaatkan Wi-Fi.

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah yang ditetapkan sebelumnya, berikut kebutuhan-kebutuhan yang harus dipenuhi :

1. Kontroler dapat menggerakkan BLDC.
2. Kontroler dapat melakukan *Regenerative Braking System*.
3. Kontroler dilengkapi dengan pemantauan data elektrikal menggunakan IoT dengan memanfaatkan Wi-Fi.

1.5 Tujuan

Berdasarkan kebutuhan yang harus dipenuhi, perancangan, dan pembuatan kontroler motor BLDC bertujuan untuk mengontrol kecepatan motor BLDC untuk diaplikasikan kedepannya pada EV Laboratorium INACOS. Kontroler juga diharapkan dapat memiliki *Regenerative Braking System* untuk meningkatkan efektifitas dalam penggunaan baterai, serta

kinerja kontroler yang dapat dipantau menggunakan IoT dengan memanfaatkan Wi-Fi dari jarak yang telah ditetapkan untuk menunjang factor keamanan pada saat penggunaan kontroler.