



**RANCANG BANGUN PENGGERAK BELAKANG *ELECTRIC*  
*BUGGY CAR CURRENT CONTROL PID PERMANENT*  
*MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR***

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
**ILHAM DESTYO ARNITO**  
NIM: 41421120063

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2024**



**RANCANG BANGUN PENGGERAK BELAKANG *ELECTRIC*  
*BUGGY CAR CURRENT CONTROL PID PERMANENT MAGNET*  
*SYNCHRONOUS MOTOR***

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata 1 (S1)

**NAMA : ILHAM DESTYO ARNITO**  
**NIM : 41421120063**  
**PEMBIMBING : Dr. Eng. HERU SUWOYO, ST . M.Sc**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ilham Destyo Arnito  
NIM : 41421120063  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Rancang Bangun Penggerak Belakang *Electric Buggy Car*  
*Current Control PID Permanent Magnet Synchronous Motor*

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata I (S1) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana

Disahkan oleh:

Tanda Tangan

Pembimbing : Dr. Eng. Heru Suwoyo, ST. M.Sc  
NIDN/NIDK/NIK : 0314089201



Ketua Penguji : Freddy Artadima Silaban, ST. MT  
NIDN/NIDK/NIK : 0328119102



Anggota Penguji : Yudhi Gunardi, ST. MT, Ph.D  
NIDN/NIDK/NIK : 0330086902



MERCU BUANA

Jakarta, 24 Januari 2024

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Kaprodi S1 Teknik Elektro



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.  
NIDN: 0307037202



Dr. Eng. Heru Suwoyo, ST. M.Sc  
NIDN: 0314089201

## HALAMAN PERNYATAAN *SIMILARITY*

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dr. Eng. Heru Suwoyo, ST. M.Sc  
NIDN/NIDK : 0314089201  
Jabatan : Kepala Program Studi Teknik Elektro

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir/Skripsi pada BAB I, BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

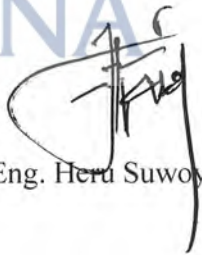
Nama : Ilham Destyo Arnito  
N.I.M : 41421120063  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Penggerak Belakang *Electric Buggy Car Current Control PID Permanent Magnet Synchronous Motor*

telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada Rabu, 24 Januari 2024 dengan hasil presentase sebesar 14% dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 24 Januari 2024

  
Dr. Eng. Heru Suwoyo, ST. M.Sc

## HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Ilham Destyo Arnito

NIM : 41421120063

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Judul Kerja Praktik : Rancang Bangun Penggerak Belakang *Electric Buggy Car*  
*Current Control PID Permanent Magnet Synchronous Motor*

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri, bukan plagiat serta semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 24 Januari 2024



Ilham Destyo Arnito



## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT , karena atas berkah limpahan rahmat dan karunianya penulis masih memiliki kesempatan untuk menempuh pendidikan dan berkarya melalui karya tulis ini. Tujuan penulis adalah rasa ingin untuk dapat mengembangkan dan selalu bisa meningkatkan potensi melalui karya karya yang penulis buat.

Dalam proses penulisan Laporan Tugas Akhir ini penulis sadar betul masih banyak sekali kekurangan dari diri penulis pribadi, akan tetapi pengalaman ini memberikan pelajaran yang sangat berharga bagi penulis. Pengalaman melalui proses yang istimewa mengajarkan penulis untuk terus belajar hal baru dan juga mengimplementasikan ilmu yang telah dipelajari.

Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada keluarga, dosen- dosen dan rekan- rekan penulis yang telah memberi *support* secara materi maupun moral sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulisan Tugas Akhir ini merupakan syarat dalam menyelesaikan Program Strata 1 di Universitas Mercu Buana. Sehingga penulis rangkum dalam sebuah Laporan Tugas Akhir yang diberi judul **“RANCANG BANGUN PENGGERAK BELAKANG *ELECTRIC BUGGY CAR CURRENT CONTROL PID PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR*”**.

Bagi penulis, kritik dan saran yang sifatnya membangun dan memotivasi sangat penulis butuhkan, untuk itu penulis sangat berharap *feedback* dari pembaca sekalian . Semoga karya tulis ini bisa menjadi inspirasi, terutama bagi para akademisi dan praktisi yang berfokus pada pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang studi Teknik Elektro. Karena bagi penulis ilmu sejatinya ditemukan bukan diciptakan, sebagai bentuk representasi rasa Syukur kepada Tuhan kita terus mengembangkan ilmu pengetahuan sampai akhir hayat.

Jakarta, 24 Januari 2024

Penulis,

Ilham Destyo Arnito

## ABSTRAK

*Electric Vehicle* tentunya digadang gadang akan memberikan perubahan pada teknologi transportasi, *Electric Vehicle* tentunya menggunakan sistem mesin listrik yang merupakan suatu alat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik, gerak dan sebagainya. Salah satu sistem mesin listrik ini diimplementasikan pada penggerak belakang buggy car.

Dalam penelitian ini, didesain sebuah sistem penggerak belakang current control FOC menggunakan metode PID pada PMSM motor sebagai penggerak. Sistem yang dirancang dengan memberikan kontrol arus pada motor melalui PID control proses simulasi, *trial* dan *test* dan juga mendeskripsikan torsi dan kecepatan (*velocity*) yang dihasilkan.

Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa, menggunakan motor 4,5kW 1500rpm 48V menghasilkan penggerak belakang yang dapat beroperasi dengan kondisi arus yang dihasilkan motor sebesar 8,42 A ketika berjalan di jalan datar, dan 35,61 A untuk keadaan menanjak pada tiap tiap fasa motor, dan diperoleh kecepatan maksimum yang dapat ditempuh oleh mobil adalah 16,91 km/h dengan torsi maksimum sebesar 28,662 Nm dan torsi minimum sebesar 2,445 Nm.

**Kata kunci:** Penggerak belakang, FOC, PID, PMSM, *motor control*.



## **ABSTRACT**

*Electric vehicles are certainly predicted to provide changes to transportation technology. Electric vehicles certainly use an electric engine system, which is a tool that converts electrical energy into kinetic energy, motion, and so on. One of these electric machine systems is implemented in the rear drive of a buggy car.*

*In this research, a current control FOC rear drive system using the PID method is designed with a PMSM motor as a driver. The system is designed by providing current control to the motor through the PID control simulation process, trial and error, and also by describing the torque and speed (velocity) produced.*

*From this research, it can be seen that using a 4.5kW 1500rpm 48V motor produces a rear drive that can operate under the condition that the current generated by the motor is 8.42 A when running on a flat road and 35.61 A for uphill conditions on each phase of the motor, and the maximum speed that can be traveled by the car is 16.91 km/h with a maximum torque of 28.662 Nm and a minimum torque of 2.445 Nm.*

**Keywords:** rear drive, FOC, PID, PMSM, motor control.



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN <i>SIMILARITY</i> .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SIMBOL .....	xiii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1. Penelitian Terdahulu.....	6
2.2. Microcontroller STM32.....	11
2.3. <i>Motor Driver</i> .....	13
2.4. <i>Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM)</i> .....	15
2.4.1. Field Oriented Control (FOC).....	16
2.4.2. Model Matematis PMSM.....	18
2.5. <i>Proportional-Integral-Derivative (PID)</i> .....	18
2.6. <i>C Programming</i> .....	20
2.7. <i>Gearbox</i> .....	20
2.8. Dasar Teori.....	21
2.8.1. Gaya ( <i>Force</i> ).....	22

2.8.2.	Daya ( <i>Power</i> ) .....	24
2.8.3.	Torsi ( <i>Torque</i> ) .....	24
2.8.4.	Kecepatan ( <i>Velocity</i> ) .....	24
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>		<b>26</b>
3.1.	Diagram Alir.....	26
3.2.	Proses Konseptual .....	27
3.3.	Diagram Kerja Alat .....	28
3.4.	<i>Trial and Test Running Prototype</i> .....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>32</b>
4.1.	Desain <i>Layout Electronics</i> .....	32
4.1.1.	Desain Layout Sistem Penggerak.....	32
4.1.2.	Desain Layout Motor Driver High Power.....	33
4.2.	Simulasi PID.....	37
4.3.	Perhitungan Gaya .....	42
4.4.	Perhitungan <i>Gearbox</i> .....	44
4.5.	Perhitungan Daya .....	46
4.6.	Perhitungan Torsi Dan <i>Velocity</i> .....	47
4.7.	<i>Trial dan Test Jalan Buggy Car</i> .....	48
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>51</b>
5.1.	Kesimpulan.....	51
5.2.	Saran.....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>53</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>55</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Block diagram</i> STM32F40xxx.....	12
Gambar 2.2 Wiring micro .....	13
Gambar 2.3 PMSM 48V 4,5kW 1500RPM .....	16
Gambar 2.4 <i>Clarke/Park transform</i> .....	17
Gambar 2.5 <i>Block diagram</i> FOC .....	18
Gambar 2.6 <i>Differensial gearbox</i> .....	21
Gambar 3.1 Diagram alur.....	26
Gambar 3.2 Diagram konsep sistem penggerak.....	27
Gambar 3.3 Rancangan penggerak belakang .....	28
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> proses kerja alat .....	29
Gambar 3.5. <i>Flowchart test and trial</i> .....	31
Gambar 4.1 <i>Block diagram electronic</i> .....	32
Gambar 4.2 <i>Block diagram</i> simulasi PID <i>control</i> .....	38
Gambar 4.3 Grafik awal simulasi.....	39
Gambar 4.4 Alur proses <i>tuning</i> parameter PI.....	39
Gambar 4.5 Grafik hasil <i>tuning</i> parameter PI pada simulasi .....	40
Gambar 4.6 Grafik hasil perbandingan sebelum dan sesudah <i>tuning</i> parameter PI simulasi .....	41
Gambar 4.7 Desain <i>Gearbox</i> .....	45
Gambar 4.8 Grafik <i>current</i> hasil percobaan.....	49
Gambar 4.9 Grafik parameter hasil percobaan .....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu.....	7
Tabel 4.1 Bagian- bagian blok pada modul driver.....	34
Tabel 4.2 Parameter perbandingan sebelum dan sesudah <i>tuning</i> PI.....	40
Tabel 4.3 Percobaan <i>electric buggy car</i> .....	48
Tabel 4.4 Data arus dan tegangan .....	49



## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$\theta$	Derajat sudut atau <i>tetha</i>
$\psi$	<i>Rotor magnetic flux (weber)</i>
$i$	<i>Gear ratio</i>
$z$	Jumlah gigi pada gear



## DAFTAR SINGKATAN

<b>Singkatan</b>	<b>Keterangan</b>
ARM	<i>Advance RISC Machine / Arcon RISC Machine</i>
ART	<i>Adaptive Real-Time</i>
BBM	Bahan Bakar Minyak
EMF	<i>Electromotive Force</i>
EV	<i>Electric Vehicle</i>
FOC	<i>Field Oriented Control</i>
FPU	<i>Floating Point Unit</i>
I/O	<i>Input/Output</i>
MCU	<i>Micro Control Unit</i>
PMSM	<i>Permanent Magnet Synchronous Motor</i>
RPM	<i>Rotation Per Minutes</i>