

**RANCANG BANGUN *ELECTRONIC DIFFERENTIAL*  
GUNA MENGATUR PERBEDAAN KECEPATAN  
DUA MOTOR BLDC (*BRUSHLESS*)  
SEBAGAI PENGGERAK GANDA RODA BELAKANG  
PADA *ELECTRIC CAR VEHICLE* BIMASENA II**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan untuk Mencapai Derajat  
Strata-1 pada Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh :

**RAIHAN NURADHIM**

20160120013

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2021

#### HALAMAN PERNYATAAN

Nama : Raihan Nuradhim  
NIM : 20160120013  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**RANCANG BANGUN *ELECTRONIC DIFFERENTIAL* GUNA MENGATUR KECEPATAN DUA MOTOR BLDC (*BRUSHLESS*) SEBAGAI PENGGERAK GANDA RODA BELAKANG PADA *ELECTRIC CAR VEHICLE* BIMASENA II**" adalah hasil karya tulis saya sendiri dan karya tulis tersebut tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan tingkat Perguruan Tinggi serta sepengetahuan penulis tidak ada karya ataupun pendapat yang pernah dipublikasikan dalam karya ilmiah tersebut, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 24 Juni 2021

Penulis  
  
Raihan Nuradhim

## **MOTTO**

“Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.”

(QS. Al-Insyirah:)

“Dan barang siapa yang bertakwa kepada Allah niscaya Allah menjadikan baginya kemudahan dalam urusannya.”

(QS. At-Talaq: 4)

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya kepada penulis, sehingga berkat Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “RANCANG BANGUN *ELECTRONIC DIFFERENTIAL* GUNA MENGATUR KECEPATAN DUA MOTOR BLDC (*BRUSHLESS*) SEBAGAI PENGGERAK GANDA RODA BELAKANG PADA *ELECTRIC CAR VEHICLE* BIMASENA II”. Tugas Akhir tersebut bertujuan guna memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis mendapatkan beberapa pelajaran yang didapatkan baik secara langsung oleh pihak terkait maupun secara tidak langsung melalui pengalaman penulis. Proses yang dijalani selama penyusunan merupakan proses pembelajaran yang sangat berharga bagi penulis untuk mencapai hasil yang didapatkan saat ini. Tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, penulis tidak akan mendapatkan pembelajaran dari penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Gunawan Budiyanto, M.P., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Jaza’ul Ikhsan S.T., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Ramadoni Syahputra, S.T. M.T., selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
4. Bapak Rama Okta Wiyagi, S.T., M.Eng dan Bapak Kunnu Purwanto, S.T., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membantu banyak dalam penyusunan Tugas Akhir ini dengan meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya.
5. Bapak Rama Okta Wiyagi, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Mobil Listrik Lingsar Proto EV UMY yang telah membantu dalam Riset dan pembuatan alat yang digunakan untuk penyusunan Tugas Akhir.

6. Bapak Muhamad Yusvin Mustar, S.T., M. Eng, selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam Tugas Akhir ini.
7. Ibuku Endang Wahyuni, S.Pd yang selalu tanpa henti memberikan dukungan, do'a, dan kasih sayang serta segenap keluargaku yang selalu memberi dukungan kepada penulis.
8. Temanku Rahadian dan Adith serta anggota tim KHAD UMY yang telah membantu dalam pengambilan data pembuatan alat, sehingga penyusunan Tugas Akhir dapat terlaksana dengan baik.
9. Teman-teman seperjuangan mahasiswa Teknik Elektro UMY yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan saran, bantuan, dan semangat kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kesalahan baik dari segi teknis maupun non-teknis. Oleh karena itu, penulis menerima masukan secara terbuka baik melalui kritik dan saran yang diberikan dari semua pihak. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat serta wawasan ilmu bagi pembaca dan penulis.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, 24 Juni 2021



Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I.....	i
LEMBAR PENGESAHAN II.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
MOTTO .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori .....	10
2.2.1 Diferensial Kendaraan Roda Empat .....	10
2.2.2 Sistem Kemudi ( <i>Steering</i> ).....	15
2.2.3 Mobil Listrik.....	19
2.2.4 Motor Brushless DC (BLDC).....	23
2.2.5 Sensor Posisi .....	29
2.2.6 ESP32.....	30
2.2.7 Liquid Crystal Display (LCD) 20x4 dengan I2C.....	35
BAB III .....	37
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	37
3.2 Perancangan Sistem.....	39
3.2.1 Perancangan Hardware .....	39
3.2.2 Perancangan Software.....	47
3.3 Perlakuan Pengujian .....	49

BAB IV .....	55
4.1 Spesifikasi Alat.....	55
4.2 Pengujian Throttle .....	56
4.3 Pengujian Sudut <i>Steering</i> terhadap Tegangan <i>Output</i> Potensiometer dan Nilai ADC 8 Bit ESP32 .....	57
4.4 Pengujian Nilai DAC 8 Bit ESP32 terhadap Output Tegangan .....	59
4.5 Pengujian DC to DC <i>Converter</i> / <i>Power Regulator</i> 12 to 5 V .....	60
4.6 Pengujian <i>Voltage Follower</i> / <i>Buffer</i> / Penyangga Tegangan.....	61
4.7 Pengujian Tegangan terhadap Kecepatan Putaran Motor BLDC.....	63
4.8 Pengujian Sudut Belok Roda Depan terhadap Output DAC dan Kecepatan Motor BLDC 1 & 2 dengan Tegangan <i>Throttle</i> Statis .....	64
BAB V.....	85
5.1 Kesimpulan.....	85
5.2 Saran .....	86
DAFTAR PUSTAKA .....	87
LAMPIRAN.....	89

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbedaan Jarak Tempuh Roda Bagian Dalam dan Luar.....	10
Gambar 2.2 Komponen Differential [10].....	12
Gambar 2.3 Kerja Differential Saat Lurus [11] .....	13
Gambar 2.4 Kerja Differential Saat Belok Kanan [11].....	13
Gambar 2.5 Kerja Differential Saat Belok Kiri [11].....	14
Gambar 2.6 Radius Putar / Turning Radius .....	15
Gambar 2.7 Wheelbase & Track Width.....	15
Gambar 2.8 Sistem kemudi .....	16
Gambar 2.9 Kontruksi sistem kemudi jenis rack and pinion [13].....	17
Gambar 2.10 Kemudi daya posisi netral [13] .....	18
Gambar 2.11 Kemudi daya posisi belok [13] .....	18
Gambar 2.12 Sistem Steering Recirculating Ball .....	19
Gambar 2.13 Mobil Listrik Bimasena II.....	20
Gambar 2.14 Kelly Controller BLDC.....	21
Gambar 2.15 Baterai (Aki).....	22
Gambar 2.16 Rangkaian Baterai (Aki).....	22
Gambar 2.17 Throttle pada Mobil Listrik.....	23
Gambar 2.18 Motor BLDC .....	24
Gambar 2.19 Bentuk Fisik Stator pada Motor BLDC.....	25
Gambar 2.20 Penempatan Posisi Hall Sensor .....	27
Gambar 2.21 Perubahan Komutasi .....	28
Gambar 2.22 Skema Rangkaian Kontroler BLDC.....	28
Gambar 2.23 Gelombang PWM.....	29
Gambar 2.24 Variasi Gelombang PWM .....	29
Gambar 2.25 Potensiometer Wire Wound .....	30
Gambar 2.26 Arsitektur Chip ESP32 .....	32
Gambar 2.27 Konfigurasi Pin Modul ESP32.....	32
Gambar 2.28 LCD 20x4 .....	35
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	37
Gambar 3.2 Diagram Sitem <i>Hardware</i> .....	40
Gambar 3.3.3 Gambar Skema Penurun Tegangan .....	41
Gambar 3.4 Skematik ESP32.....	42
Gambar 3.5 Gambar Input Analog Sistem Electronic Differential.....	43
Gambar 3.6 Pin LM 358 dan Rangkaian Skema LM35.....	44
Gambar 3.7 Skematik Rangkaian <i>Electronic Differential</i> .....	45
Gambar 3.8 Layout PCB .....	46
Gambar 3.9 Hasil Assembly Komponen.....	47
Gambar 3.10 Diagram Flowchart Program .....	48
Gambar 3.11 Pengujian Throttle .....	50
Gambar 3.12 Pengujian Potensiometer .....	51
Gambar 3.13 Pengujian Digital to Analog Converter.....	51
Gambar 3.14 Pengujian pada DC to DC converter .....	52
Gambar 3.15 Pengujian <i>Voltage Follower</i> / Penyangga Tegangan .....	53



Gambar 3.16 Pengujian Kecepatan Putaran Motor BLDC .....	53
Gambar 3.17 Pengujian Sudut Steering dan Throttle terhadap Tegangan Output DAC dan Kecepatan Motor .....	54
Gambar 4.1 Gambar Rangkaian Electronic Differential.....	55
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Throttle terhadap Tegangan keluaran Throttle dan Nilai ADC.....	56
Gambar 4.3 Grafik Sudut Steering terhadap Tegangan Output Potensiometer ....	58
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Nilai DAC terhadap Tegangan Keluaran .....	60
Gambar 4.5 Grafik Pengujian DC to DC Converter 12 V to 5 V .....	61
Gambar 4.6 Grafik Tegangan Input terhadap Tegangan Output Buffer .....	62
Gambar 4.7 Grafik Tegangan terhadap Kecepatan Putaran Motor BLDC .....	64
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Sudut Belok Roda Depan terhadap Tegangan DAC Tegangan Statis Throttle 0,5 Volt.....	66
Gambar 4.9 Hubungan Sudut Roda Depan terhadap Tegangan DAC dengan Tegangan Statis Throttle 1,0 Volt.....	68
Gambar 4.10 Hubungan Sudut Roda Depan terhadap dengan Tegangan Statis Throttle 1,5 Volt .....	71
Gambar 4.11 Hubungan Sudut Roda Depan terhadap Tegangan DAC dengan Tegangan Statis Throttle 2,0 Volt.....	73
Gambar 4.12 Grafik Hubungan Sudut Belok Roda Depan terhadap Kecepatan Putaran Motor BLDC Tegangan Statis Throttle 2,0 Volt.....	74
Gambar 4.13 Hubungan Sudut Roda Depan terhadap Tegangan DAC dengan Tegangan Statis Throttle 2,5 Volt.....	76
Gambar 4.14 Grafik Hubungan Sudut Belok Roda Depan terhadap Kecepatan Putaran Motor BLDC Tegangan Statis Throttle 2,5 Volt.....	77
Gambar 4.15 Grafik Hubungan Sudut Roda Depan terhadap Tegangan DAC dengan Tegangan Statis Throttle 3,0 Volt .....	79
Gambar 4.16 Grafik Hubungan Sudut Belok Roda Depan terhadap Kecepatan Putaran Motor BLDC Tegangan Statis Throttle 3,0 Volt.....	80
Gambar 4.17 Grafik Hubungan Sudut Roda Depan terhadap Tegangan DAC dengan Tegangan Statis Throttle 3,3 Volt .....	82
Gambar 4.18 Grafik Hubungan Sudut Belok Roda Depan terhadap Kecepatan Putaran Motor BLDC Tegangan Statis Throttle 3,3 Volt.....	83

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Penelitian Tinjauan Pustaka .....	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Kontroler Kelly KEB48600X.....	21
Tabel 2.3 Spesifikasi Baterai.....	22
Tabel 2.4 Perubahan Komutasi Hall Sensor .....	27
Tabel 2.5 Spesifikasi IC ESP32 .....	31
Tabel 2.6 Tabel Nilai Maksimum ADC terhadap Resolusi Bit .....	33
Tabel 3.1 Konfigurasi Input dan Output Modul ESP32.....	41
Tabel 4.1 Tabel Tegangan Output Throttle terhadap Nilai ADC.....	56
Tabel 4.2 Pengujian Sudut Steering terhadap Tegangan Output Potensiometer ..	57
Tabel 4.3 Nilai DAC 8 Bit ESP32 terhadap Tegangan Keluaran .....	59
Tabel 4.4 Pengujian DC to DC Converter 12 V to 5 V.....	60
Tabel 4.5 Hasil Pengujian <i>Input</i> Tegangan terhadap Tegangan <i>Output</i> Buffer....	62
Tabel 4.6 Tegangan terhadap Kecepatan Putaran Motor BLDC .....	63
Tabel 4.7 Hubungan Sudut Roda Depan terhadap Tegangan DAC dan Kecepatan Motor BLDC dengan Tegangan Statis Throtle 0,5 Volt .....	65
Tabel 4.8 Hubungan Sudut Roda Depan terhadap Tegangan DAC dan Kecepatan Motor BLDC dengan Tegangan Statis Throtle 1 Volt .....	68
Tabel 4.9 Hubungan Sudut Roda Depan terhadap Tegangan DAC dan Kecepatan Motor BLDC dengan Tegangan Statis Throtle 1,5 Volt .....	70
Tabel 4.10 Hubungan Sudut Roda Depan terhadap Tegangan DAC dan Kecepatan Motor BLDC dengan Tegangan Statis Throtle 2,0 Volt .....	72
Tabel 4.11 Hubungan Sudut Roda Depan terhadap Tegangan DAC dan Kecepatan Motor BLDC dengan Tegangan Statis Throtle 2,5 Volt .....	75
Tabel 4.12 Hubungan Sudut Roda Depan terhadap Tegangan DAC dan Kecepatan Motor BLDC dengan Tegangan Statis Throtle 3,0 Volt .....	78
Tabel 4.13 Hubungan Sudut Roda Depan terhadap Tegangan DAC dan Kecepatan Motor BLDC dengan Tegangan Statis Throtle 3,3 Volt .....	81