

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN PENGENDALIAN MOTOR BLDC
DENGAN KONTROL PID PADA MOBIL LISTRIK
MENGUNAKAN *KEYPAD***



**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Elektro
Politeknik Negeri Sriwijaya**

**OLEH
RAHMAD ABADI HUTAMA
061540341852**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
2019**

**HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN PENGENDALIAN MOTOR BLDC
DENGAN KONTROL PID PADA MOBIL LISTRIK
MENGUNAKAN KEYPAD**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Terapan Program Studi Teknik Elektro**

Oleh :

**RAHMAD ABADI HUTAMA
0615 4034 1852**

Palembang, Agustus 2019

Menyetujui,

Pembimbing I,



**Yudi Wijanarko, S.T., M.T.
NIP. 196705111992031003**

Pembimbing II,



**Sabital Rasyad, S.T., M.Kom.
NIP. 197409022005011003**

Mengetahui,

**Ketua Jurusan
Teknik Elektro,**



**Yudi Wijanarko, S.T., M.T.
NIP. 196705111992031003**

**Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknik Elektro,**

**Ekawati Prihatini, S.T., M.T.
NIP. 197903102002122005**

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

*Maka barang siapa mengerjakan kebaikan seberat zarrah,
niscaya dia akan melihat (balasan)nya.*

*Dan barang siapa mengerjakan kejahatan seberat zarrah,
niscaya dia akan melihat (balasan)nya.*

(QS. Az-Zalzalah 99: Ayat 7-8)

*You are never too old to set another goal or to dream a NEW
DREAM. (C. S. Lewis)*

*Hang on your dreams, Chip. The future is build on dreams. Hang
on! (Optimus Prime)*

PERSEMBAHAN

Halaman ini kupersembahkan kepada :

- ❖ *Allah SWT atas segala rahmat dan nikmat-Nya.*
- ❖ *Bapak dan Ibu tercinta yang telah mendidik dan mengajarku hingga saat ini, Mbak-mbak tersayang yang selalu menyemangati, mendoakan dan memberikan kasih sayang.*
- ❖ *Dosen pembimbing yang telah menuntun dan memberikan arahan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.*
- ❖ *Seluruh rekan-rekan Mobil Listrik Polstri.*
- ❖ *Teman-teman seperjuangan Mekatronika 2015.*
- ❖ *Almamaterku Politeknik Negeri Sriwijaya.*

ABSTRAK

Perkembangan di bidang otomotif mengantarkan kita pada kendaraan tanpa menggunakan bahan bakar minyak. Mobil listrik menjadi inovasi terbaru dengan tujuan utama untuk melepaskan ketergantungan pada bahan bakar minyak. Pada sistem ini motor listrik akan menggantikan mesin disel atau mesin konvensional sebagai penggerak utama, mesin listrik yang dapat digunakan pada saat ini sangat banyak sekali dan mudah dijumpai mulai dari motor DC sampai dengan motor AC. Jenis motor DC yang umum digunakan dalam pembuatan mobil listrik adalah motor BLDC. Pengaturan kecepatan motor BLDC dapat dilakukan dengan mengubah frekuensi suplai motor yang lebih mudah dan tidak terbatas, sedangkan dengan mengubah jumlah kutub akan sangat sulit karena dilakukan dengan merubah konstruksi fisik motor tersebut.

Seiring dengan perkembangan sistem pengetahuan, kontrol motor BLDC dapat dilakukan dengan menggunakan sistem kontrol PID. Karena pada aplikasi kontrol kecepatan motor, kontroler PID dapat menghilangkan steady-state error pada output motor. Selain itu, penggunaan kontrol PID dapat menurunkan *overshoot*, serta mempercepat reaksi sebuah sistem mencapai *set point*-nya. Dengan demikian penggunaan kontrol PID diharapkan akan menghasilkan suatu tanggapan yang mempunyai tingkat kestabilan yang tinggi.

Kata Kunci: Mobil Listrik, Brushless DC Motor, Kontrol PID, Keypad

ABSTRACT

Developments in the automotive sector deliver us to vehicles without using fuel. Electric cars are the latest innovation with the main goal to release dependence on fuel oil. In this system an electric motor will replace a diesel engine or a conventional engine as the main actuator, an electric engine that can be used nowadays is very much and easy to found starting from DC motors to AC motors. The type of DC motor commonly used in making electric cars is the BLDC motor. Setting the BLDC motor speed can be done by changing the frequency of the motor supply which is easier and unlimited, while changing the number of poles will be very difficult because it is affected by changing the physical construction of the motor.

Along with the development of the knowledge system, BLDC motor control can be done using the PID control system. Because in the motor speed control application, the PID controller can eliminate the steady-state error at the motor output. Beside that, the use of PID control can decrease overshoot, and also accelerate the reaction of a system reaches set point. Therefore the use of PID expected to produce a high level of stability system.

Keywords: Electric Car, Brushless DC Motor, Control PID, Keypad

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Penelitian Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Pengendalian Motor BLDC dengan Kontrol PID pada Mobil Listrik Menggunakan Keypad”**.

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan Pendidikan Diploma IV pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.

Dalam penyusunan Penelitian Tugas Akhir, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak hingga dapat terselesaikan usulan penelitian ini mulai dari pengumpulan data sampai proses penyusunan usulan penelitian. Untuk itu penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Bapak Yudi Wijanarko, S.T.,M.T., selaku pembimbing I**
2. **Bapak Sabilal Rasyad, S.T., M.Kom, selaku Dosen Pembimbing II**

Yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan nasehatnya kepada penulis dalam menyelesaikan usulan penelitian tugas akhir ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih atas bantuan dan kesempatan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan usulan penelitian ini kepada:

1. Allah SWT.
2. Bapak Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak Yudi Wijanarko, S.T.,M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Bapak H. Herman Yani, S.T., M.Eng., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Ibu Ekawati Prihatini, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Bapak Selamat Muslimin, S.T.,M.Kom., selaku pembimbing tim Mobil Listrik.

7. Semua dosen dan seluruh staf serta karyawan administrasi di jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
8. Seluruh staf laboratorium dan bengkel teknik elektro.
9. Kedua Orang Tua serta keluarga saya yang selalu memberikan bantuan berupa doa, semangat, motivasi, dan dukungan baik moril maupun materil.
10. Happy, Rijalul, Yudho, Luthpi, Yusri, Feby, Vian, Rahmad dan Yoga selaku Rekan dalam pembuatan Tugas Akhir Mobil Listrik.
11. Rekan-rekan seperjuangan Konsentrasi Mekatronika khususnya kelas ELB yang selalu memberikan semangat dan motivasi.
12. Semua pihak yang telah membantu yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun demi kesempurnaan penulisan yang akan datang. Akhir kata, kesempurnaan hanya milik Allah SWT semata sedangkan kesalahan pasti dimiliki manusia. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca umumnya.

Palembang, Agustus 2019

Penulis.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN RE-PUBLIKASI	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GRAFIK	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	2
1.4.1 Tujuan.....	2
1.4.2 Manfaat.....	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Perkembangan Mobil Listrik.....	5
2.1.1 Karakteristik Mobil Listrik Secara Umum.....	6
2.1.2 Prinsip Kerja Mobil Listrik.....	6
2.2 Motor Listrik <i>Brushless</i> DC (BLDC).....	7

2.2.1	Konstruksi.....	9
2.2.1.1	Stator.....	9
2.2.1.2	Rotor.....	9
2.2.1.3	Hall Sensor.....	11
2.2.2	Prinsip Kerja Motor BLDC.....	13
2.2.3	Kelebihan dan Kekurangan Motor BLDC.....	16
2.2.3.1	Kelebihan Motor BLDC.....	16
2.2.3.2	Kekurangan Motor BLDC.....	17
2.3	Kontrol PID.....	17
2.3.1	Kontrol Proporsional (P).....	18
2.3.1.1	Karakteristik Kontrol Proporsional.....	19
2.3.2	Kontrol Integral (I).....	20
2.3.2.1	Karakteristik Pengontrol I.....	20
2.3.3	Kontrol Derivatif (D).....	21
2.3.3.1	Karakteristik Kontrol Derivatif.....	21
2.4	IR Sensor.....	22
2.4.1	Prinsip Kerja IR Sensor.....	23
2.5	Driver Motor 3 Fasa.....	23
2.6	Keypad.....	24
2.7	Accu.....	24
2.8	Mikrokontroler.....	25
2.8.1	Arduino Mega 2560.....	26
2.8.1.1	Catu Daya Arduino Mega 2560.....	28
2.8.1.2	Komunikasi Arduino Mega 2560.....	28
2.8.1.3	Memory Arduino Mega 2560.....	32
2.8.1.4	Input & Output Arduino Mega 2560.....	32
2.8.2	ATMega 2560.....	34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Kerangka TA.....	35
3.2	Blok Diagram Rangkaian	36

3.3 Pengembangan Perangkat Keras	38
3.3.1 Perangkat Mekanik	38
3.3.2 Perangkat Elektronik	42
3.3.2.1 Pedal Gas.....	42
3.3.2.2 Sensor Inframerah.....	43
3.3.2.3 Hall Sensor Driver Motor.....	44
3.3.2.4 Mikrokontroler Mega 2560.....	44
3.4 Flowchart.....	46
3.5 Prinsip Kerja Alat.....	47

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran dan Pengujian Alat.....	48
4.1.1 Tujuan Pengukuran Alat.....	48
4.1.2 Rangkaian Pengujian Alat.....	49
4.1.3 Peralatan yang Digunakan.....	49
4.1.4 Langkah-langkah Pengukuran.....	50
4.2 Hasil Pengujian.....	51
4.2.1 Pengujian Motor Belakang Tanpa Beban.....	51
4.2.2 Pengujian Motor Depan Tanpa Beban.....	53
4.2.3 Pengujian Motor Belakang Dengan Beban.....	55
4.2.4 Pengujian Motor Depan Dengan Beban.....	56
4.2.5 Hasil Pengujian Menggunakan Software Arduino.....	57
4.2.6 Hasil Pengujian Menggunakan Software Matlab.....	59
4.3 Analisa.....	61

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	63

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Mobil Listrik Pertama Buatan William Morison	6
Gambar 2.2 Sistematis Mobil Listrik Baterai.....	7
Gambar 2.3 Fisik Motor <i>Brushless</i> DC	7
Gambar 2.4 Skema Motor BLDC	8
Gambar 2.5 (a) Motor BLDC 1 fasa	8
Gambar 2.5 (b) Motor BLDC2 fasa	8
Gambar 2.6 Motor BLDC 3 fasa	9
Gambar 2.7 Contoh Fisik Stator	9
Gambar 2.8 Contoh Desain Rotor BLDC Motor	10
Gambar 2.9 Contoh Magnet Neodymium untuk Rotor	11
Gambar 2.10 Prinsip Efek <i>Hall</i>	11
Gambar 2.11 Skema Hall Sensor	12
Gambar 2.12 Peletakan Sensor Posisi Motor BLDC.....	12
Gambar 2.13 Posisi Hall Sensor Pada Motor BLDC.....	12
Gambar 2.14 Skema Kerja Motor BLDC.....	13
Gambar 2.15 Langkah Kerja Pertama Motor BLDC.....	13
Gambar 2.16 Langkah Kerja Kedua Motor BLDC.....	14
Gambar 2.17 Langkah Kerja Ketiga Motor BLDC.....	14
Gambar 2.18 Langkah Kerja Keempat Motor BLDC.....	15
Gambar 2.19 Langkah Kerja Kelima Motor BLDC.....	15
Gambar 2.20 Langkah Kerja Keenam Motor BLDC.....	16
Gambar 2.21 Blok Diagram Kontrol PID.....	17
Gambar 2.22 Blok Diagram Kontrol P.....	19
Gambar 2.23 Blok Diagram Kontrol I.....	20
Gambar 2.24 Blok Diagram Kontrol D.....	21
Gambar 2.25 IR Sensor.....	22
Gambar 2.26 Skema IR Sensor.....	22

Gambar 2.27 Driver Motor 3 Fasa.....	24
Gambar 2.28 Konstruksi matrix keypad 4 x 4.....	24
Gambar 2.29 Bagian – Bagian <i>Accu</i>	25
Gambar 2.30 Mikrokontroler.....	26
Gambar 2.31 Arduino Mega 2560.....	27
Gambar 2.32 Pemetaan Pin Arduino Mega 2560.....	30
Gambar 2.33 Konfigurasi ATMega 2560.....	34
Gambar 3.1 Blok Diagram Seluruh Rangkaian	36
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem Kontrol Motor BLDC.....	37
Gambar 3.3 Tampak Atas Casis Mobil Listrik.....	39
Gambar 3.4 Tampak Samping Casis Mobil Listrik.....	39
Gambar 3.5 Tampak Belakang Casis Mobil Listrik.....	40
Gambar 3.6 Tampak Casis Secara Keseluruhan.....	40
Gambar 3.7 Desain Suspensi Roda Depan.....	40
Gambar 3.8 Tampak Atas Suspensi Roda Depan.....	41
Gambar 3.9 Tampak Keseluruhan Suspensi Roda Depan.....	41
Gambar 3.10 Tampak Tempat Duduk Pada Mobil Listrik.....	41
Gambar 3.11 Desain dan Ukuran BLDC Motor 36 VDC.....	42
Gambar 3.12 Desain dan Ukuran BLDC Motor 36 V dengan Ban	42
Gambar 3.13 Hubungan Pedal Gas dan Arduino.....	43
Gambar 3.14 Hubungan Sensor Inframerah dan Arduino.....	43
Gambar 3.15 Hubungan Hall pada Driver Motor dan Arduino.....	44
Gambar 3.16 Hubungan Arduino dan Komponen Lain.....	44
Gambar 3.17 Rangkaian Keseluruhan.....	45
Gambar 3.18 <i>Flowchart</i>	46
Gambar 4.1 TP 1 (Titik Pengukuran Tegangan Pedal Gas).....	50
Gambar 4.2 TP2 (Titik Pengukuran Arus Beban).....	51
Gambar 4.3 Plant dari Serial Plotter Arduino.....	58
Gambar 4.4 Sinyal Setelah PID.....	60
Gambar 4.5 Sinyal Keluaran pada Matlab.....	61

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560.....	27
Tabel 2.2 Pemetaan Pin Arduino Mega2560.....	30
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Motor Belakang Tanpa Beban.....	51
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Motor Depan Tanpa Beban.....	53
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Motor Belakang Dengan Beban.....	54
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Motor Depan Dengan Beban.....	56
Tabel 4.5 Rumus PID Ziegler Nichols.....	58
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Parameter PID.....	59

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 2.1 Hubungan antara K_p , K_i , dan K_d	9
Grafik 4.1 Grafik Hasil Pengujian Motor Belakang Tanpa Beban.....	52
Grafik 4.2 Grafik Hasil Pengujian Motor Depan Tanpa Beban.....	54
Grafik 4.3 Grafik Hasil Pengujian Motor Belakang Dengan Beban.....	55
Grafik 4.4 Grafik Hasil Pengujian Motor Depan Dengan Beban.....	57