

# **KENDALI MOTOR BLDC PADA KENDARAAN**

## **LISTRIK**

### **LAPORAN TUGAS AKHIR**



Oleh :

**ADHETYA BILLY SAPUTRA**

**11.50.0011**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA  
SEMARANG  
2016**

## LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**KENDALI MOTOR BLDC PADA KENDARAAN LISTRIK**” diajukan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi Teknik Elektro di Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Laporan Tugas Akhir ini disetujui pada tanggal 29 Nopember 2016.

Semarang, 23 Januari 2017



Menyetujui,  
Pembimbing Koordinator Tugas Akhir

**Dr. Ir. Ign. Slamet Riyadi, MT.**      **Dr. Ir. Ign. Slamet Riyadi, MT.**  
058.1.1992.110                              058.1.1992.110

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik Ketua Prodi Teknik Elektro

**Dr. Ir. Djoko Suwarno, M. Si.**      **Dr. Florentius Budi Setiawan, MT.**  
058.1.1988.032                              058.1.1994.050

## **PERNYATAAN**

### **KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir yang berjudul **“KENDALI MOTOR BLDC PADA KENDARAAN LISTRIK”** ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa tugas akhir ini sebagian atau seluruhnya merupakan hasil plagiasi, maka saya rela untuk dibatalkan, dengan segala akibat hukumannya sesuai peraturan yang berlaku pada Universitas Katolik Soegijapranata dan/atau perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 23 Januari 2017

**( Adhetya Billy Saputra )**

**NIM : 11.50.0011**

## ABSTRAK

Motor Brushless Direct Current (BLDC) adalah salah satu jenis motor modern yang cepat populer. Motor BLDC digunakan di dunia industri seperti transportasi elektrik, alat-alat rumah tangga, otomatisasi industri dan peralatan instrumentasi serta lain-lain. Motor BLDC tidak menggunakan sikat atau brush untuk membalik polaritas (komutasi), tetapi dilakukan secara elektronik commutated.

Pada laporan Tugas Akhir ini akan dikaji dan dirancang kendali motor BLDC yang di mana akan diimplementasikan pada transportasi elektrik. Perputaran pada motor ini memanfaatkan medan elektromagnet dan kontrol digital.

Kata kunci : Motor BLDC, dsPIC30f4012

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis haturkan kepada Allah Bapa yang ada di Surga dan Tuhan Yesus karena atas berkat, rahmat dan mukjizat-Nya yang senantiasa menyertai penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir beserta Laporan Tugas Akhir yang berjudul “ **KENDALI MOTOR BLDC PADA KENDARAAN LISTRIK**”. Tugas akhir beserta laporan ini sebagai tugas penulis untuk menyelesaikan perkuliahan di Program Studi S1 Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata.

Dalam proses pembuatan tugas akhir dan penyusunan laporan, penulis mendapat bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang kepada :

1. Allah Bapa yang senantiasa memberi rahmat, berkat, kemudahan dan kelancaran pelaksanaan Tugas Akhir dan penyusunan laporan.
2. Orang tua dan adik penulis yang selalu memberi semangat dan dukungan baik secara moril maupun materiil kepada penulis.
3. Bapak Dr. Ign. Slamet Riyadi, MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah membimbing dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini dan yang memberikan saran, kritik, dan semangat serta subsidi komponen kepada penulis.
4. Bapak Dr. Ir. Djoko Suwarno, M. Si. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

5. Bapak Dr. Florentinus Budi Setiawan, ST.MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, yang telah memfasilitasi laboratorium dan perlengkapannya.
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, terutama Bapak Juang.
7. Bang “Gali” Enggar yang telah membantu dalam penulisan dan pembuatan laporan.
8. Conkzlee, Tolo, Kipli, Driyan, Oxa “nyo-nyo”, komting 2012, Hendra manusia kunang-kunang, Crewil, Henbol, Korea dan teman-teman lain yang telah membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Teman-teman seperjuangan yaitu teman-teman elektro angkatan 2011 terimakasih sudah menemani dan saling berdinamika bersama selama kuliah.
10. Teman-teman Elektro angkatan 2009, 2010, 2012 dan 2013 terima kasih atas doa dan dukungannya.
11. Teman-teman Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan, maka penulis dengan rendah hati mengharapkan saran maupun kritik dari berbagai pihak untuk perbaikan dan perkembangan kedepannya nanti. Penulis juga ingin menyampaikan permohonan maaf apabila terdapat hal-hal yang kurang berkenan dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini.

Besar harapan penulis semoga laporan ini dapat memberikan sumbangan yang berarti bagi kemajuan Iptek di lingkungan kampus, masyarakat dan negara.

Semarang, .... September 2016

**Adhetva Billy Saputra**



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB I      PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Perumusan Masalah.....	2
1.3    Pembatasan Masalah .....	2
1.4    Tujuan dan Manfaat.....	2
1.5    Metodologi Penelitian .....	3
1.6    Sistematika Penelitian .....	4
BAB II     LANDASAN TEORI.....	5
2.1    Pendahuluan .....	5
2.2    Motor BLDC.....	6
2.3    Konstruksi Motor BLDC.....	8
2.4    Prinsip Kerja Motor BLDC.....	12
2.5    Sensor Hall.....	12



2.6	Inverter tiga fasa.....	15
2.7	MOSFET.....	16
2.7.1	MOSFET <i>Depletion-mode</i> .....	16
2.7.2	MOSFET <i>Enhancement-mode</i> .....	18
2.8	Mikrokontroler dsPIC30f4012.....	20
2.9	Elektromagnet .....	23
2.9.1	Fluks magnetik .....	24
2.9.2	Tegangan gaya gerak listrik induksi.....	25
<b>BAB III</b>	<b>DESAIN DAN IMPLEMENTASI MOTOR BLDC 3 FASA .....</b>	<b>27</b>
3.1	Pendahuluan.....	27
3.2	Rangkaian Catu Daya.....	28
3.3	Motor BLDC.....	29
3.3.1	Stator Motor BLDC .....	29
3.3.2	Rotor Motor BLDC .....	30
3.4	Rangkaian Driver .....	31
3.4.1	<i>HCPL 2531 High Speed Transistor Optocouplers</i> .....	32
3.4.2	<i>IR 2132 Three-Phase Bridge Driver</i> .....	34
3.5	Rangkaian Kontrol .....	35
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA.....</b>	<b>37</b>
4.1	Pendahuluan.....	37
4.2	Hasil Simulasi pada <i>Software PSIM</i> .....	37
4.3	Hasil Pengujian Laboratorium .....	42
4.4	Pembahasan .....	46

BAB V	PENUTUP.....	48
5.1	Kesimpulan.....	48
5.2	Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....		49



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Motor BLDC .....	7
Gambar 2.2 beberapa motor BLDC dengan jumlah kutub stator dan rotor yang berbeda .....	9
Gambar 2.3 Stator Motor BLDC .....	10
Gambar 2.4 Rotor Motor BLDC.....	11
Gambar 2.5 Magnet permanen pada rotor dan elektromagnet pada stator (a) untuk menghasilkan putaran berlawanan arah jarum jam (b) untuk menghasilkan putaran searah jarum jam.....	12
Gambar 2.6 Rangkaian pada (a) Sensor <i>Hall Effect</i> open collector (b) Sensor <i>Hall Effect</i> close collector .....	13
Gambar 2.7 Sinyal keluaran Sensor Hall Effect terhadap magnet permanen ....	14
Gambar 2.8 Sinyal keluaran sensor <i>hall effect</i> terhadap posisi rotor.....	14
Gambar 2.9 Rangkaian inverter 3 fasa.....	15
Gambar 2.10 MOSFET <i>depletion-mode</i> .....	17
Gambar 2.11 MOSFET <i>enhancement-mode</i> .....	18
Gambar 2.12 Konfigurasi pin dsPIC30f4012.....	21
Gambar 2.13 Induktor sederhana digunakan untuk elektromagnet .....	23
Gambar 2.14 Fluks pada penampang elektromagnet.....	24
Gambar 2.15 Gaya gerak listrik induksi .....	25
Gambar 3.1 Diagram blok sistem .....	27
Gambar 3.2 Rangkaian catu daya .....	28

Gambar 3.3 Konstruksi motor BLDC .....	29
Gambar 3.4 Stator Motor BLDC .....	30
Gambar 3.5 Rotor Motor BLDC.....	30
Gambar 3.6. Blok Driver IR2132 .....	31
Gambar 3.7 Konfigurasi pin HCPL 2531 .....	33
Gambar 3.8. Konfigurasi pin dandesainsistim minimum IR2312 .....	35
Gambar 3.9 Flow chart sistem kontrol.....	36
Gambar 4.1 Skema sistem motor BLDC menggunakan PSIM.....	37
Gambar 4.2 Sinyal keluaran <i>hall effect</i> .....	39
Gambar 4.3 Sinyal S1, S2, S3 pada keluaran <i>C Block</i> .....	39
Gambar 4.4 Sinyal S4, S5, S6 pada keluaran <i>C Block</i> .....	40
Gambar 4.5 Arus pada motor BLDC .....	40
Gambar 4.6 Tegangan antar fasa pada motor BLDC.....	41
Gambar 4.7 Kecepatan motor BLDC.....	41
Gambar 4.8 Implementasi alat.....	42
Gambar 4.9 Arus sumber saat <i>start</i> .....	43
Gambar 4.10 Gelombang tegangan pada keluaran dsPIC30f4012 RE0, RE1, RE2, RE3 .....	43
Gambar 4.11 Gelombang tegangan pada keluaran dsPIC30f4012 RE0, RE4, RE5.....	44
Gambar 4.12 Gelombang arus ( $I_a$ ) dan tegangan ( $V_{an}$ ) (skala 2,5ms/div, CH1 10V/div, CH2 10V/div) .....	44
Gambar 4.13 Gelombang arus ( $I_b$ ) dan tegangan ( $V_{bn}$ )	

(skala 2,5ms/div, CH1 10V/div, CH2 10V/div) .....	45
Gambar 4.14 Gelombang arus ( $I_c$ ) dan tegangan ( $V_{cn}$ )	
(skala 2,5ms/div, CH1 10V/div, CH2 10V/div) .....	45
Gambar 4.15 Gelombang tegang antar fasa ( $V_{ab}$ , $V_{bc}$ , $V_{ca}$ )	
dengan skala 2,5ms/div, 20V/div .....	46



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konfigurasi pensaklaran inverter tiga fasa .....	16
Tabel 2.2 Spesifikasi dsPIC30f4012.....	22
Tabel 3.1 Fitur dan spesifikasi utama pada HCPL 2531.....	33

