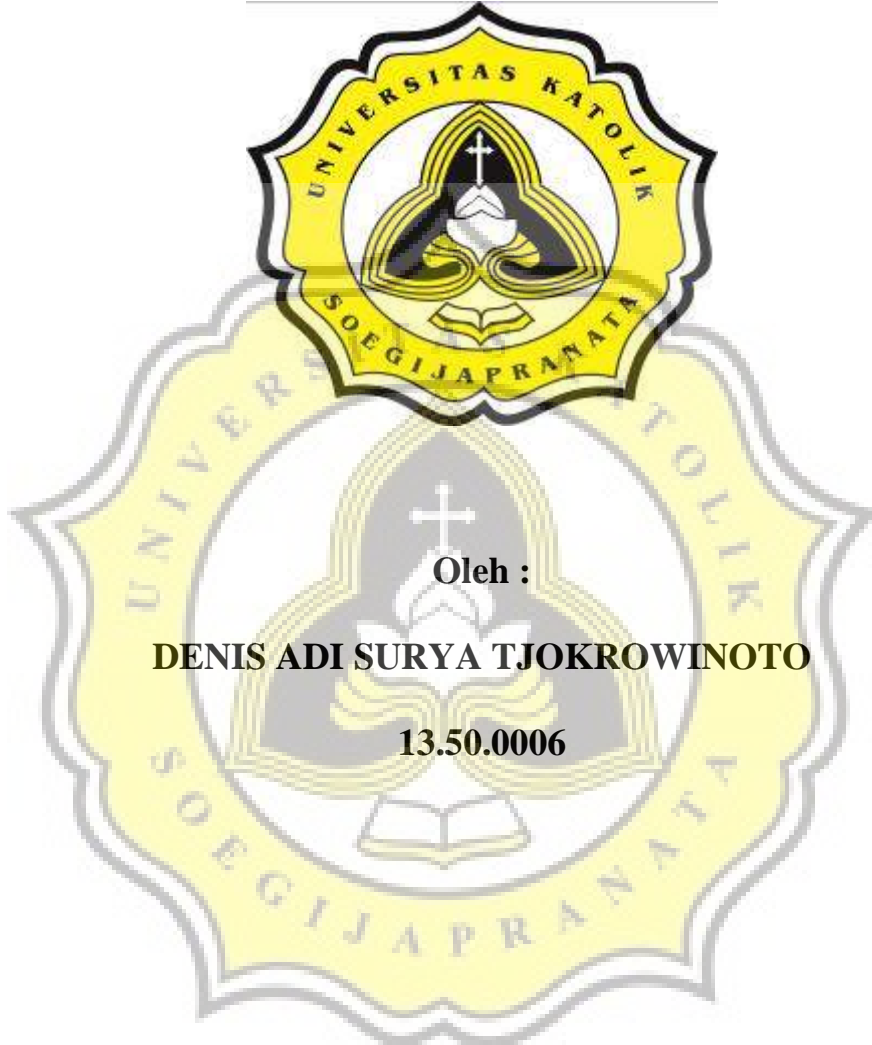


KENDALI SEPEDA LISTRIK BERBASIS MOTOR SWITCHED RELUCTANCE

LAPORAN TUGAS AKHIR



Oleh :

DENIS ADI SURYA TJOKROWINOTO

13.50.0006

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA
SEMARANG
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul "KENDALI SEPEDA LISTRIK BERBASIS MOTOR SWITCHED RELUCTANCE" 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 21. Desember 2017.

Semarang, 21. Desember 2017

Menyetujui,

Pembimbing

Koordinator Tugas Akhir

Prof. Dr. Ir. Ign. Slamet Rivadi, MT.
058.1.1992.110

Prof. Dr. Ir. Ign. Slamet Rivadi, MT.
058.1.1992.110

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Ir. Djoko Suwarno, M.Si.
058.1.1988.032

Dr. Ir. Florentius Budi Setiawan, MT., IPM.
058.1.1994.050

PERNYATAAN

KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir yang berjudul "KENDALI SEPEDA LISTRIK BERBASIS MOTOR SWITCHED RELUCTANCE" 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, 19 Desember 2017

MATERAI
TEMPEL
A22DBA8F812431178

6000
RUPIAH

(Denis Adi Surya Tjokrowinoto)

NIM : 13.50.0006

ABSTRAK

Dewasa ini persediaan bahan bakar fosil di dunia ini semakin menipis. Hampir sebagian besar alat transportasi di Indonesia menggunakan bahan bakar fosil untuk mesinnya. Alat transportasi yang paling banyak digunakan masyarakat adalah sepeda motor. Sepeda motor yang banyak di gunakan penduduk Indonesia sekarang berteknologi injeksi untuk sistem bahan bakarnya. Walaupun konsumsi bahan bakar fosil setiap sepeda motor menjadi lebih irit dan efisien, tetap saja mengurangi persediaan bahan bakar fosil di dunia. Karena bahan bakar fosil ini merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui.

Teknologi yang terus berkembang, maka motor listrik bisa menjadi pengganti motor bakar. Sepeda listrik umumnya banyak dirancang dengan menggunakan motor BLDC. Penggunaan motor *Switched Reluctance* walaupun kontrolnya rumit tetapi memberikan nilai tambah, di antaranya harganya lebih murah, kokoh dan sederhana dalam konstruksinya.

Pada makalah ini, dikaji kendali sepeda listrik yang menggunakan motor *Switched Reluctance* berbasis kendali digital. *Prototype* sepeda listrik pada tugas akhir ini menggunakan motor *Switched Reluctance* buatan pabrik. Driver yang digunakan untuk memutar motor *Switched Reluctance* berupa inverter tiga fasa. Simulasi dengan menggunakan perangkat lunak PSIM dilakukan untuk mendukung analisa dan pengujian laboratorium dibuat untuk validasi hasil akhir.

Kata Kunci: Inverter Tiga Fasa, Kendaraan Listrik, Motor *Switched Reluctance*

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis haturkan kepada Allah Bapa yang ada di Surga, Tuhan Yesus dan Ibu Maria, karena atas berkat, rahmat dan mukjizat-Nya yang senantiasa menyertai penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir beserta Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**KENDALI SEPEDA LISTRIK BERBASIS MOTOR SWITCHED RELUCTANCE**”. 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 support dari berbagai pihak baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus yang senantiasa memberi rahmat, berkat, kemudahan dan kelancaran pelaksanaan Tugas Akhir dan penyusunan laporan.
2. Orang Tua penulis yang selalu memberi semangat dan dukungan baik secara moril maupun materiil kepada penulis.
3. Bapak Prof. 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. Puput Ratri Cahyaningrum yang senantiasa telah mendampingi, mendukung dan menghibur penulis dalam proses pelaksanaan maupun penyusunan Tugas Akhir.

5. Bapak Dr. Ir. Djoko Suwarno, MSi. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.
6. Bapak Ir. Dr. Florentinus Budi Setiawan, MT., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, yang telah memfasilitasi laboratoruim dan perlengkapannya.
7. Seluruh Dosen dan Karyawan Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, terutama Bapak Juang.
8. Mas Enggar yang telah membantu terutama pada pembuatan rangka sepeda listrik.
9. Teman-teman seperjuangan yaitu teman-teman elektro angkatan 2013 terimakasih sudah menemani dan saling berdinamika bersama selama kuliah.
10. Teman-teman Elektro angkatan 2010, 2011 dan 2012 terima kasih atas doa dan dukungannya.
11. Teman-teman Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata.
12. Teman-teman fakultas yang lain yang turut mendukung saya.
13. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir beserta laporannya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

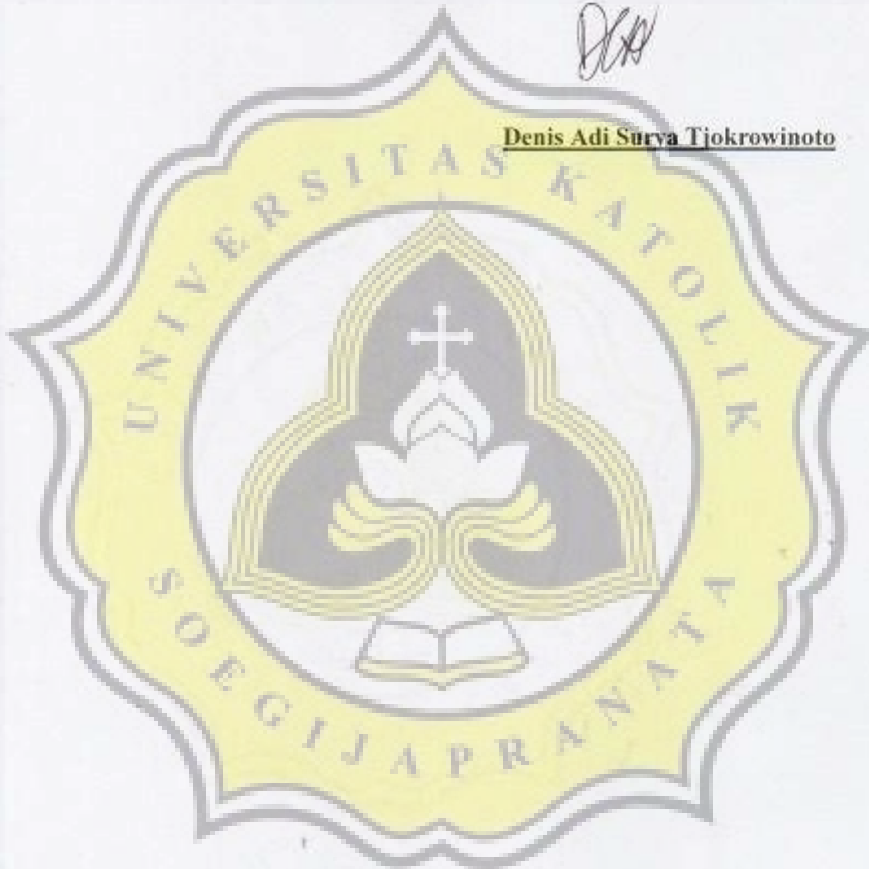
Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan, maka penulis dengan rendah hati mengharapkan saran maupun kritik dari berbagai pihak untuk perbaikan dan perkembangan kedepannya. Penulis juga ingin menyampaikan permohonan maaf apabila terdapat hal-hal yang kurang berkenan dalam penulisan 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, 19 Desember 2017



Denis Adi Surya Tjokrowinoto



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	xv	
BAB I	PENDAHULUAN	
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 Penulisan	4
BAB II	KAJIAN PUSTAKA	
2.1.	Pendahuluan	6
2.2.	<i>Switched Reluctance Motor</i> (SRM)	7
2.2.1	Karakteristik Motor	8
2.2.2.	Prinsip Kerja Motor <i>Switched Reluctance</i>	9

2.3.	Perhitungan Kecepatan Sepeda Listrik	11
2.4.	<i>Digital Signal Controller dsPIC30F2012</i>	11
2.5.	Driver	14
2.6.	Modul IGBT Infineon FF100R12KS4	15
2.7.	<i>Optocoupler TLP250</i>	17
2.8.	Sensor <i>Hall Effect</i>	17

BAB III PERANCANGA DAN IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL MOTOR *SWITCHED RELUCTANCE*

3.1.	Pendahuluan	19
3.1.1.	<i>Switched Reluctance Motor SLT</i>	19
3.1.2.	Sensor <i>Hall Effect</i>	23
3.2.	Rangkaian Kontrol	24
3.3.	Rangkaian Inverter	25
3.4.	Rangkaian Driver	28
3.5.	Rangkaian Catu Daya	29
3.6.	Perancangan Rangkaian Sistem Kontrol Digital	30
3.7.	Pemrograman dsPIC30F4012	30

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1.	Pendahuluan	33
4.2.	Hasil Simulasi	33
4.3.	Pengujian Motor <i>Switched Reluctance</i>	35
4.4.	Hasil <i>Prototype</i>	39

BAB V	PENUTUP	
5.1.	Kesimpulan	43
5.2.	Saran	43
	DAFTAR PUSTAKA	44
	LAMPIRAN	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar-2.1.	Jenis- jenis konstruksi stator dan rotor <i>Switched Reluctance Motor (SRM)</i>	7
Gambar-2.2.	Kurva Karakteristik <i>Switched Reluctance Motor</i>	8
Gambar-2.3.	<i>Switched Reluctance Motor (SRM)</i> , memiliki delapan kutub rotor yang tidak memiliki magnet ataupun belitan dan 12 kutub yang memiliki belitan pada tiap kutub	9
Gambar-2.4.	Proses perpindahan antar fasa motor <i>Switched Reluctance</i> enam kutub stator dan empat kutub rotor	10
Gambar-2.5.	<i>Digital Signal Controller dsPIC30F4012</i> 28 pin	13
Gambar-2.6.	<i>Circuit Diagram</i> Modul IGBT Infineon FF100R12KS4	16
Gambar-3.1.	Diagram blok sistem	19
Gambar-3.2.	Konstruksi stator dan rotor SRM buatan SLT	21
Gambar-3.3.	Kondisi Reluktansi Minimum	22
Gambar-3.4.	Kondisi Reluktansi Maksimum	22
Gambar-3.5.	PCB sensor <i>Hall Effect</i> sisi luar	24

Gambar-3.6.	Inverter Tiga Fasa	26
Gambar-3.7.	Proses <i>magnetizing</i> ketika saklar H1&L1 ON	26
Gambar-3.8.	Proses <i>magnetizing</i> ketika saklar H2&L2 ON	26
Gambar-3.9.	Proses <i>magnetizing</i> ketika saklar H3&L3 ON	26
Gambar-3.10.	Proses <i>demagnetizing</i> ketika saklar H1&L1 OFF	27
Gambar-3.11.	Proses <i>demagnetizing</i> ketika saklar H2&L2 OFF	27
Gambar-3.12.	Proses <i>demagnetizing</i> ketika saklar H3&L3 OFF	27
Gambar-3.13.	Gambar rangkaian <i>optocoupler</i> TLP250	29
Gambar-3.14.	<i>Flowchart</i> pemrograman	32
Gambar-4.1.	Skema rangkaian motor <i>Switched Reluctance</i>	33
Gambar-4.2.	(a) Tegangan fasa R, (b) Tegangan fasa S, (c) Tegangan fasa T	34
Gambar 4.3.	(a) Arus fasa R, (b) Arus fasa S, (c) Arus fasa T	34
Gambar 4.4.	(a)Tegangan pada fasa R, (b) arus pada fasa R	35

Gambar 4.5.	(a) Tegangan fasa R, (b) Arus fasa S, (c) Arus fasa T kecepatan penuh (skala 1 ms/div, RefA 4V/div x10, RefB 4V/div x10, CH1 4V/div x10)	36
Gambar 4.6.	(a) Arus pada fasa R, (b) Arus fasa S, (c) Arus fasa T (skala 1ms/div, RefA 2V/div, RefB 2V/div, CH2 2V/div, 0,1V=1A)	37
Gambar 4.7.	(a) Tegangan fasa R, (b) Arus pada fasa R (skala 1 ms/div, CH1 2V/div x10, CH2 1V/div 0,1V=1A)	37
Gambar 4.8.	(a) Tegangan fasa R, (b) Tegangan fasa S, (c) Tegangan fasa T kecepatan sedang (skala 1ms/div, RefA 4V/div x10, RefB 4V/div x10, CH1 4V/div x10)	38
Gambar 4.9.	(a) Tegangan fasa R, (b) Tegangan fasa S, (c) Tegangan fasa T Kecepatan rendah (skala 1 ms/div, RefA 4V/div x10, RefB 4V x10, CH1 4V/div x10)	38
Gambar 4.10.	<i>Prototype</i> sepeda listrik	39
Gambar 4.11.	Rangkaian kontrol dan rangkaian driver pada <i>prototype</i> sepeda listrik	40
Gambar 4.12.	(a) Keluaran DSC RE0, (b) Keluaran DSC	40

RE1, (c) Keluaran DSC RE2

(skala 1ms/div, RefA 5V/div, RefB 5V/div,
CH2 5V/div)

Gambar 4.13. Rangkaian inverter tiga fasa 41

Gambar 4.14. (A) Tegangan VDC, (B) RPM motor 41

Switched Reluctance, (C) RPM motor
dengan gearbox, (D) RPM pada gearbox



DAFTAR TABEL

Tabel-2.1.	Fitur dsPIC30F4012	14
Tabel-3.1.	Spesifikasi motor <i>Switched Reluctance</i> buatan SLT	23
Tabel-3.2.	Pola pensaklaran inverter tiga fasa	27

