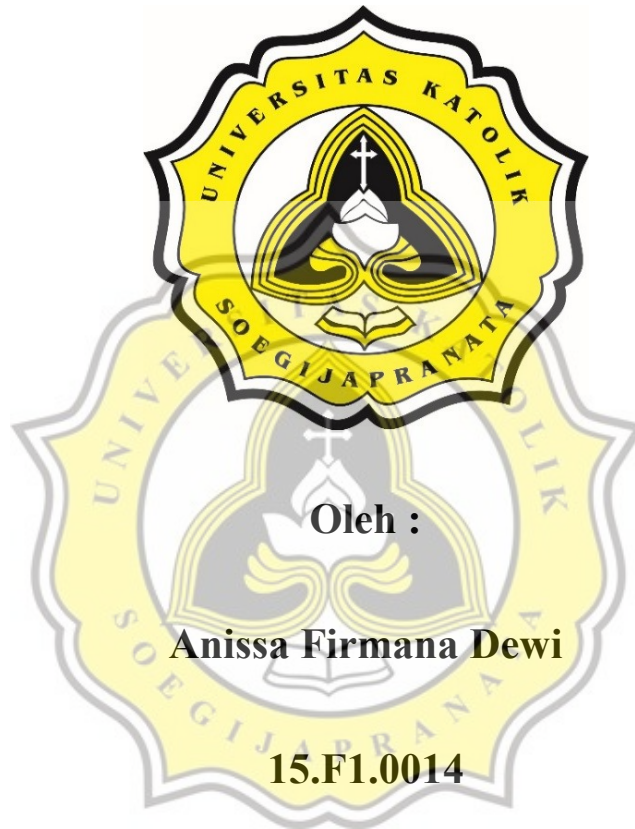


**PENGARUH KECEPATAN MOTOR SRM PADA
PENGGEREMAN REGENERATIF**

LAPORAN TUGAS AKHIR



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

2020

HALAMAN PENGESAHAN



Judul Tugas Akhir: : Pengaruh Kecepatan Motor Srm Pada Pengereman Regeneratif
Diajukan oleh : Anissa Firmana Dewi
NIM : 15.F1.0014
Tanggal disetujui : 14 Mei 2020
Telah setuju oleh
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi M.T.
Penguji 1 : Dr. Leonardus Heru Pratomo S.T., M.T.
Penguji 2 : Dr. Ir. Florentinus Budi Setiawan M.T.
Penguji 3 : Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi M.T.
Ketua Program Studi : Dr. Leonardus Heru Pratomo S.T., M.T.
Dekan : Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi M.T.

Halaman ini merupakan halaman yang sah dan dapat diverifikasi melalui alamat di bawah ini.

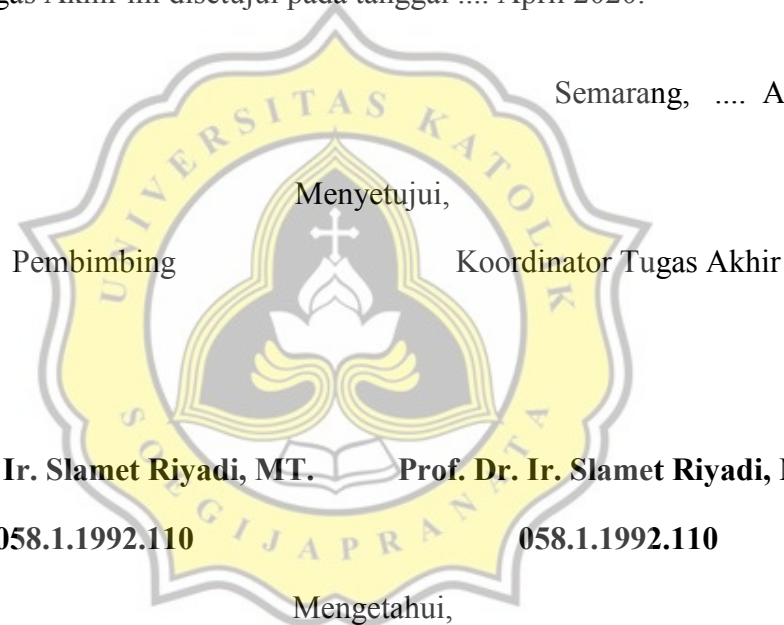
sintak.unika.ac.id/skripsi/verifikasi/?id=15.F1.0014

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul **PENGARUH KECEPATAN MOTOR SRM PADA Pengereman Regeneratif** 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 April 2020.

Semarang, April 2020



Dekan Fakultas Teknik

Ketua Progdik Teknik Elektro

Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi, MT.

Dr. Leonardus Heru Pratomo, MT.

058.1.1992.110

058.1.2000.234

FAKULTAS TEKNIK

Program Studi Teknik Elektro

Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Duwur Semarang 50234
Telp : (024) 8441555 (hunting) Fax : (024) 8415429 – 8445265
Email : tu.elektro@unika.ac.id

Unika
SOEGIJAPRANATA



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

Memperhatikan Surat Keputusan Rektor Universitas Katolik Soegijapranata Nomor: 0047/SK.Rek/X/2013 tanggal 07 Oktober 2013, tentang Pernyataan Laporan Tugas Akhir, maka bersama ini Laporan Tugas Akhir Saya yang berjudul "*PENGARUH KECEPATAN MOTOR SRM PADA Pengereman Regeneratif*", tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan 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 hukumnya sesuai peraturan yang berlaku pada Universitas Katolik Soegijapranata dan / atau peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 12 Mei 2020

Yang menandatangani,

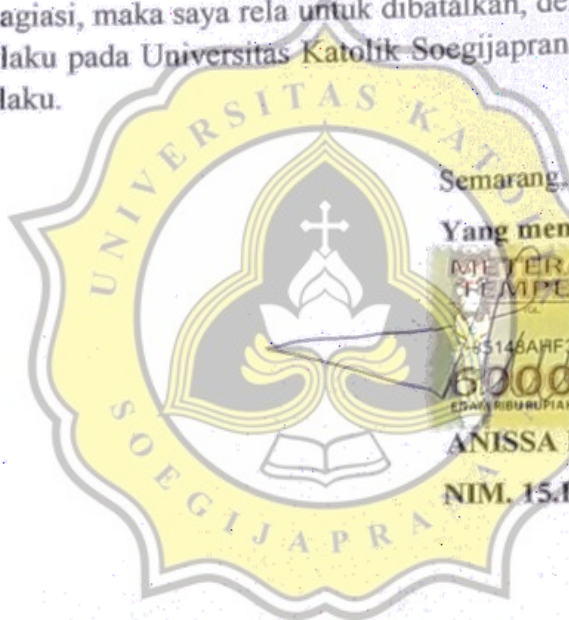
METERAI
TEMPEL

45148AHF329621600

6000
EDARIBUMUPIAH

ANISSA FIRMANA DEWI

NIM. 15.F1.0014



ABSTRAK

Kendaraan listrik merupakan salah satu contoh perkembangan teknologi di dalam dunia industri transportasi. Kendaraan listrik menawarkan keunggulan seperti tidak menghasilkan emisi dan ramah lingkungan. *Switched reluctance motor* merupakan motor listrik modern yang cocok diaplikasikan pada kendaraan listrik. Pada mesin *switched reluctance* menggunakan kendali digital untuk mengurangi riak torsi dan memperhalus kinerja motor. *Switched reluctance motor* memiliki banyak kelebihan seperti kecepatan yang tinggi, tahan terhadap panas (suhu tinggi) dan biaya perawatan murah karena tidak menggunakan magnet permanen. Keunggulan yang ditawarkan menjadi daya tarik *switched reluctance motor* untuk diterapkan pada kendaraan listrik.

Pada kendaraan listrik masih terdapat kelemahan dalam proses pengereman, karena masih menggunakan piringan cakram sehingga ada energi yang terbuang. Selain itu jarak tempuh pada kendaraan listrik sangat terbatas dalam satu kali pengisian baterai. Dari permasalahan tersebut dikembangkan pengereman regeneratif untuk mengubah energi yang terbuang menjadi energi yang dapat digunakan kembali untuk pengisian baterai. Sehingga membuat jarak tempuh pada kendaraan listrik menjadi lebih jauh dalam satu kali pengisian.

Laporan tugas akhir ini membahas tentang penerapan pengereman regeneratif pada kendaraan listrik untuk melihat pengaruh perbedaan kecepatan terhadap konversi energinya, menggunakan metode PWM dengan *duty cycle*

konstan. Besarnya arus keluaran pada pengereman regeneratif dapat mempengaruhi cepatnya pengisian baterai.

Kata Kunci : *Switched reluctance motor*, kendaraan listrik, perbedaan kecepatan, jarak yang terbatas, pengereman regeneratif.



KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat, rahmat dan kasih karunianya yang selalu menyertai, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir beserta laporan tugas akhir yang berjudul “**Pengaruh Kecepatan motor SRM pada Pengereman Regeneratif**”. Pengerjaan tugas akhir serta laporan tugas akhir ini merupakan syarat penulis untuk menyelesaikan perkuliahan di Program Studi strata-1 (S-1) Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata.

Dalam proses pembuatan tugas akhir dan laporan tugas akhir, penulis mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

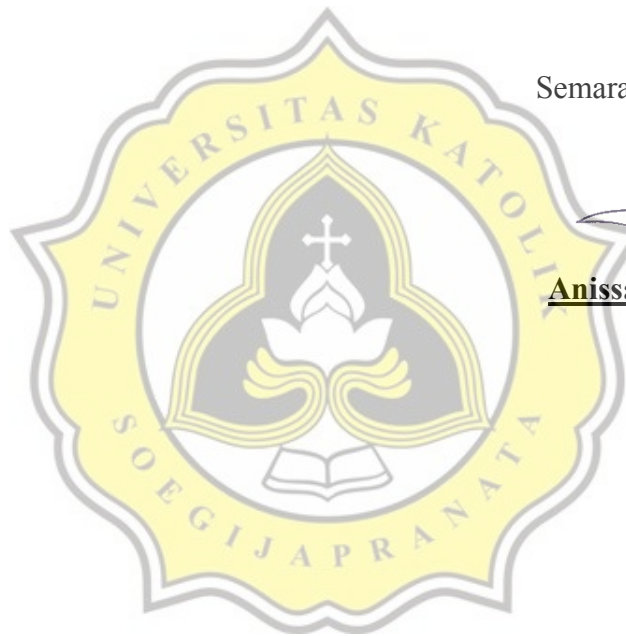
1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, kemudahan dan kelancaran dalam proses pelaksanaan Tugas Akhir dan penyusunan laporan akhir.
2. Kedua orang tua dan kedua kakak yang selalu memberi semangat dan dukungan baik secara moril maupun materiil kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Diri saya sendiri Anissa Firmana Dewi, karena telah mau berjuang dan bertahan hingga titik darah terakhir.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi, MT. selaku dosen pembimbing tugas akhir, Dekan Fakultas Teknik dan koordinator tugas akhir Program Studi Teknik Elektro, yang telah membimbing, memberikan bantuan berupa komponen

elektronika, ilmu selama proses pengerjaan tugas akhir dan mengarahkan penulis dalam mengerjakan tugas akhir serta pembuatan laporan tugas akhir ini.

5. Gregorius Dimas Wahyu, Maulana Nur Saiful Hakim dan Vincent Wijaya selaku teman sekelompok TA yang telah membantu saya dalam berproses selama pengerjaan Tugas Akhir.
6. Bapak Dr. Leonardus Heru P., ST. MT selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro, yang telah memfasilitasi perlengkapan di laboratorium.
7. Bapak Dr. Florentinus Budi Setiawan., ST. MT selaku dosen wali angkatan 2015, yang juga membantu penulis dalam penyelesaian administrasi perkuliahan.
8. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, terutama Bapak Juang, Ibu Retno, Bapak Wartono dan Mas Anjar.
9. Teman-teman seperjuangan yaitu teman-teman elektro angkatan 2015 terimakasih sudah menemani dan saling berdinamika bersama selama kuliah hingga tugas akhir.
10. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2013 dan 2014 terima kasih atas doa dan dukungannya.
11. Teman-teman dari fakultas dan jurusan lain yang telah memberikan dukungan doa.
12. 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. Maaf apabila terdapat hal-hal yang kurang berkenan dalam penulisan laporan tugas akhir ini, penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan sumbangan yang berarti bagi kemajuan iptek di lingkungan kampus, masyarakat, dan negara.

Semarang, 05 Mei 2020




Anissa Firmana Dewi

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Yang betrandu tangan dibawah ini:

Nama : Anissa Firmana Dewi

Program studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Penelitian

Menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Katolik Soegijapranata Semarang Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah yang berjudul **“Pengaruh Kecepatan Motor SRM pada Pengereman Regeneratif”** beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Katolik Soegijapranata berhak menyimpan, mengalihkan media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir ini selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Semarang, 12 Mei 2020

Yang menyatakan



Anissa Firmana Dewi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Pembatasan Masalah	3
1.4. Tujuan dan Manfaat	3
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	6
2.1. Pendahuluan	6

2.2.	Penggerak Elektrik	7
2.3.	Rangkaian Daya <i>Asymmetric Converter</i>	12
2.4.	Rangkaian Kontrol	14
2.5.	Pendeteksi Arus	16
BAB III KENDALI PENEREMAN REGENERATIF PADA <i>SWITCHED RELUCTANCE MOTOR</i>		17
3.1.	Pendahuluan	17
3.2.	Pengereman Regeneratif	17
3.3.	Sensor SM534	24
3.4.	Pendeteksi Arus LEM HX-10P	25
3.5.	Rangkaian kontrol	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		28
4.1.	Pendahuluan	28
4.2.	Hasil Pengujian	28
4.3.	Pembahasan	37
BAB V PENUTUP		40
5.1.	Kesimpulan	40
5.2.	Saran	40
DAFTAR PUSTAKA		41
LAMPIRAN		43

DAFTAR GAMBAR

Gambar-2.1 Rangkaian ekivalen stator <i>switched reluctance motor</i>	7
Gambar-2.2 Rangkaian ekivalen <i>boost chopper</i>	9
Gambar-2.3 Rangkaian <i>boost chopper</i> saklar <i>ON</i> (A), rangkaian <i>boost chopper</i> saklar <i>OFF</i> (B)	10
Gambar-2.4 <i>Duty cycle</i> pada gelombang PWM	11
Gambar-2.5 Rangkaian <i>asymmetric converter</i> tiga fasa	13
Gambar-2.6 Konfigurasi pin MOSFET	13
Gambar-2.7 Mikrokontroler 28 kaki	14
Gambar-2.8 Konfigurasi rangkaian <i>optocoupler</i>	15
Gambar-3.1 Rangkaian <i>Back EMF</i> detektor pada <i>switched reluctance motor</i>	18
Gambar-3.2 Penentuan sudut eksitasi menggunakan metode PWM dan fasilitas <i>input capture</i>	19
Gambar-3.3. Penentuan saklar aktif untuk memberikan eksitasi	20
Gambar-3.4 Mode motoring pada <i>asymmetric converter</i>	21
Gambar-3.5 Mode regenerating pada <i>asymmetric converter</i>	21
Gambar-3.6 Mode <i>freewheeling</i> pada <i>asymmetric converter</i>	22
Gambar-3.7 Aliran arus pada saat pengereman regeneratif	23
Gambar-3.8 Sensor SM534	24
Gambar-3.9 Pendeteksi arus LEM HX-10P	25
Gambar-3.10 <i>Optocoupler</i> TLP250	26
Gambar-3.11 Rangkaian sistem minimum dsPIC30F4012	27
Gambar-4.1 Implementasi alat tugas akhir	29

Gambar-4.2 (a) hasil pengujian sinyal keluaran pada fasa A, (b) hasil pengujian keluaran sinyal diskrit terhadap sensor SM534	30
Gambar-4.3 (a) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa satu, (b) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa dua, (c) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa tiga di kecepatan 1109 RPM	31
Gambar-4.4 (a) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa satu, (b) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa dua, (c) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa tiga di kecepatan 1109 RPM	31
Gambar-4.5 (a) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada kecepatan pertama 1109 RPM, (b) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada kecepatan pertama 1109 RPM	32
Gambar-4.6 (a) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa satu, (b) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa dua, (c) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa tiga di kecepatan 1375 RPM	33
Gambar-4.7 (a) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa satu, (b) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa dua, (c) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa tiga di kecepatan 1375 RPM	33
Gambar-4.8 (a) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada kecepatan pertama 1375 RPM, (b) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada kecepatan pertama 1375 RPM	34
Gambar-4.9 (a) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa satu, (b) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa dua, (c) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada fasa tiga di kecepatan 1438 RPM	35
Gambar-4.10 (a) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa satu, (b) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa dua, (c) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada fasa tiga di kecepatan 1375 RPM	35

Gambar-4.11 (a) hasil pengujian tegangan saat pengereman regeneratif pada kecepatan pertama 1438 RPM, (b) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif pada kecepatan pertama 1438 RPM 36

Gambar-4.12 (A) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif dengan kecepatan 1109 RPM, (B) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif dengan kecepatan 1375 RPM, (C) hasil pengujian arus saat pengereman regeneratif dengan kecepatan 1438 RPM 36



DAFTAR TABEL

