

**METODE INJEKSI PULSA UNTUK
MENINGKATKAN KEPRESISIAN PENGGUNAAN
ROTARY ENCODER PADA SWITCHED
RELUCTANCE MOTOR**

LAPORAN TUGAS AKHIR



Oleh :

Nelson Roberto Tavares Duarte

16.F1.0011

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

2021

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 **“METODE INJEKSI PULSA UNTUK MENINGKATKAN KEPRESISIAN PENGGUNAAN ROTARY ENCODER PADA SWITCHED RELUCTANCE MOTOR“**, 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, 20 Januari 2021

Yang menyatakan,



Nelson Roberto Tavares D

NIM : 16.F1.0011



HALAMAN PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir: : Metode Injeksi Pulsa Untuk Meningkatkan Kepresisian Penggunaan Rotary Encoder Pada Switched Reluctance Motor

Diajukan oleh : Nelson Roberto T.d.

NIM : 16.F1.0011

Tanggal disetujui : 22 Januari 2021

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=16.F1.0011

**HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nelson Roberto TD

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

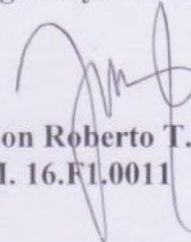
Jenis Karya : Jurnal Ilmiah

Menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Katolik Soegijapranata Semarang Hak Bebas Royalti Noneksklusif atau karya ilmiah yang berjudul **"Pulse Injection Method to Increase Precision of Rotary Encoder Switched Reluctance Motor"** pada **JITE: Journal of Informatics and Telecommunication Engineering, Volume 4, No. 2, Januari 2021**. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Katolik Soegijapranata berhak menyimpan, mengalih 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, 20 Januari 2021

Yang menyatakan,



**Nelson Roberto T.D
NIM. 16.F1.0011**

ABSTRAK

Penggunaan switched reluctance motor (SRM) dalam aplikasi industri banyak diterapkan, hal ini dikarenakan SRM memiliki kelebihan antara lain tidak menggunakan magnet permanen serta konstruksi sederhana berupa inti besi pada rotor dan belitan stator. SRM membutuhkan informasi posisi rotor dalam pengoperasiannya. Informasi posisi rotor yang sering digunakan adalah sensor hall effect yang sudah terpasang di dalam body motor walaupun adanya kelemahan terhadap akurasi. Untuk mendapatkan akurasi yang baik maka *rotary encoder* digunakan sebagai informasi posisi rotor. *Rotary encoder* memiliki tingkat kepresisian yang tinggi tapi dalam pemasangannya dibutuhkan sinkronisasi terhadap posisi rotor. Injeksi pulsa dilakukan untuk mencari kesesuaian antara posisi rotor dengan *rotary encoder*. Pada makalah ini diusulkan kendali SRM dengan informasi posisi rotor berasal dari pulsa *rotary encoder*. Hasil dari injeksi pulsa digunakan untuk menentukan profil induktansi pada posisi tertentu. Berdasarkan profil induktansi didapatkan sinkronisasi antara posisi rotor dengan pulsa *rotary encoder*. Untuk mendukung tercapainya metode analisis yang diusulkan dilakakukan pengujian pada laboratorium.

Kata Kunci: *switched reluctance motor*, *rotary encoder*, induktansi, posisi rotor, injeksi pulsa

KATA PENGANTAR

Rasa puja dan puji syukur penulis panjatkan terhadap kehadiran Tuhan Yesus dan Bunda Maria sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi yang berjudul **METODE INJEKSI PULSA UNTUK MENINGKATKAN KEPRESISIAN PENGGUNAAN ROTARY ENCODER PADA SWITCHED RELUCTANCE MOTOR** ini di susun untuk memenuhi persyaratan kurikulum sarjana strata-1 (S-1) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Penulis memberi ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan yang diberikan, baik bantuan secara langsung maupun bantuan secara tidak langsung selama proses penyusunan tugas akhir ini. Secara khusus ucapan terimakasih saya berikan kepada :

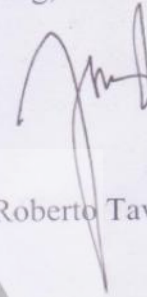
1. Tuhan Yesus yang senantiasa memberikan berkat, karunia, kemudahan dan kelancaran dalam proses pelaksanaan Tugas Akhir dan penyusunan laporan akhir.
2. Kedua Orang tua, kakak dan adik yang tidak kenal lelah memberikan semangat dan memberikan dukungan secara moril maupun secara materil kepada penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Ign. Slamet Riyadi, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata dan sekaligus dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah bersedia membimbing dari awal hingga akhir dalam pelaksanaan Tugas Akhir.

4. Bapak Dr. Leonardus Heru Pratomo, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan ijin dan menyediakan fasilitas untuk penggunaan laboratorium yang digunakan untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Bapak Dr. Florentinus Budi Setiawan, MT., IPM. Selaku dosen Program Studi Teknik Elektro, yang telah memberikan semangat dan memberikan dukungan kepada penulis.
6. Bapak Antonius Juang yang telah purna tugas selaku Tata Usaha yang telah membantu administrasi dan informasi yang diperlukan saat masa perkuliahan.
7. Seluruh Dosen dan Karyawan Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata.
8. Agata Dita Wardani sebagai support system dan rekan Tugas Akhir sekaligus partner susah senang yang telah banyak membantu secara moril maupun secara materiil dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Cah cah sangar sebagai teman seperjuangan melewati masa perkuliahan.
10. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2016 yang telah menjadi teman seperjuangan melewati masa-masa perkuliahan.
11. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2019, 2018, 2017, dan 2015 terima kasih atas doa dan dukungannya.
12. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir beserta laporannya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

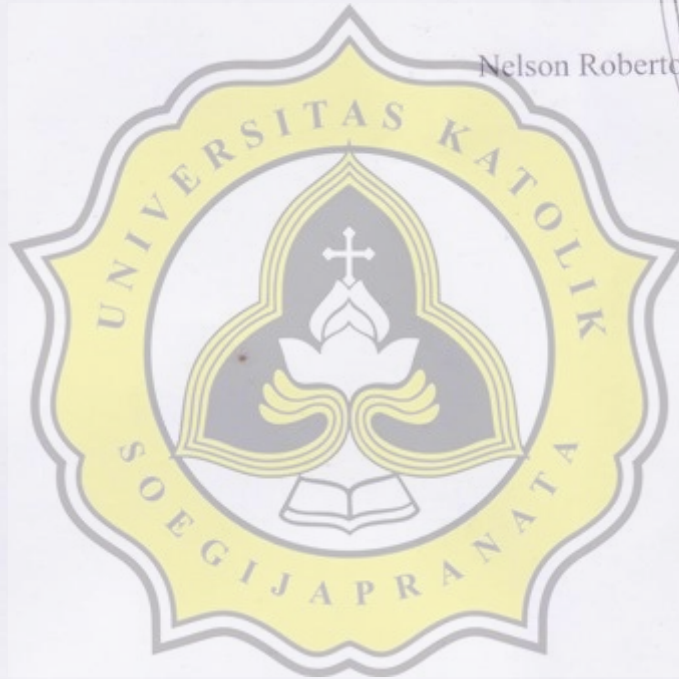
Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan, maka penulis dengan rendah hati mengharapkan saran maupun kritik dari berbagai pihak untuk perbaikan dan perkembangan kedepannya. Penulis juga ingin menyampaikan

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, 20 Januari 2021



Nelson Roberto Tavares Duarte



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I	1
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 Penulisan	4
BAB II	6
LANDASAN TEORI	6
2.1 Pendahuluan	6
2.2 Prinsip Kerja <i>Switched Reluctance Motor</i>	7
2.3 Metode Injeksi Pulsa	10

2.4	<i>Rotary Encoder</i>	11
2.5	Komponen Pendukung	12
2.5.1	Digital Signal Controller	13
2.5.2	MOSFET	14
2.5.3	<i>Driver Buffer dan Optocoupler</i>	15
2.5.4	Catu Daya	17
2.5.5	<i>Current Sensor</i>	17
BAB III		19
RANCANGAN KENDALI SRM DENGAN METODE INJEKSI PULSA		
MENGGUNAKAN <i>ROTARY ENCODER</i>		19
3.1	Pendahuluan	19
3.2	Konstruksi Motor <i>Switched Reluctance</i>	19
3.2.1	Konstruksi Rotor SRM	20
3.2.2	Konstruksi Stator SRM	20
3.3	Rancangan Kendali	21
3.4	Rangkaian <i>Rotary Encoder</i>	25
3.5	Blok Kendali dsPIC 33EP512MU810	26
3.6	Rangkaian Konverter	28
3.7	Rangkaian <i>Current Sensor</i> LEM HX-10P	29
BAB IV		31
HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Pendahuluan	31
4.2	Hasil Pengujian Implementasi Alat	31

4.3	Pembahasan	38
	BAB V	40
	PENUTUP	40
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran	40
	DAFTAR PUSTAKA	41
	LAMPIRAN	44



DAFTAR GAMBAR

Gambar-2.1 Prinsip kerja SRM (a) posisi rotor mendekati stator (b) posisi rotor sejajar dengan stator (c) posisi rotor menjauhi stator	7
Gambar-2.2 (a) Posisi rotor (b) profil induktansi	8
Gambar-2.3 Pengaruh kemiringan induktansi terhadap torka SRM	10
Gambar-2.4 Proses injeksi pulsa pada salah satu fasa SRM	11
Gambar-2.5 (a) konfigurasi pin (b) pulsa setiap pin <i>rotary encoder</i>	12
Gambar-2.6 Konfigurasi pin <i>digital signal controller</i>	13
Gambar-2.7 (a) Simbol MOSFET, prinsip kerja (b) MOSFET kondisi saklar terbuka, (c) MOSFET kondisi saklar tertutup	15
Gambar-2.8 Konfigurasi pin IC <i>buffer</i> 74HC541N	16
Gambar-2.9 Konfigurasi pin <i>optocoupler</i>	16
Gambar-2.10 Skema rangkaian catu daya	17
Gambar-2.11 Bentuk fisik <i>current sensor</i> LEM HX-10P	18
Gambar-3.1 Konstruksi rotor SRM	20
Gambar-3.2 Sambungan belitan pada stator	21
Gambar-3.3 Blok diagram proses injeksi pulsa	21
Gambar-3.4 Blok diagram sinkronisasi posisi rotor terhadap pulsa <i>rotary encoder</i>	22
Gambar-3.5 Pemetaan induktansi terhadap pulsa <i>rotary encoder</i>	23
Gambar-3.6 Penentuan sudut fasa terhadap profil induktansi	24
Gambar-3.7 Skema rangkaian <i>rotary encoder</i>	25
Gambar-3.8 Konfigurasi pin dsPIC 33EP512MU810	26

Gambar-3.9 <i>Flowchart</i> pengendalian SRM	27
Gambar-3.10 Kendali SRM menggunakan konverter <i>asymmetric</i>	28
Gambar-3.11 Pemberian sudut eksitasi fasa dengan referensi dari pulsa <i>rotary encoder</i>	29
Gambar-3.12 Skema rangkaian <i>current sensor</i> LEM HX-10	30
Gambar-4.1 Prototipe SRM	32
Gambar-4.2 Hasil gelombang (a) pulsa Pin-A (b) pulsa Pin-B	33
Gambar-4.3 Gelombang injeksi pulsa 10kHz pada belitan stator	33
Gambar-4.4 Hasil (a) pulsa pin Z <i>rotary encoder</i> (b) impuls arus fasa A	34
Gambar-4.5 Hasil (a) pulsa pin Z <i>rotary encoder</i> (b) impuls arus fasa B	34
Gambar-4.6 Hasil (a) pulsa pin Z <i>rotary encoder</i> (b) impuls arus fasa C	34
Gambar-4.7 Hasil (a) pulsa pin Z <i>rotary encoder</i> (b) impuls arus fasa D	35
Gambar-4.8 (a) Sinyal pulsa INT2, (b) Pensaklaran Fasa A, (c) Pensaklaran Fasa B, (d) Pensaklaran Fasa C, (e) Pensaklaran Fasa D	36
Gambar-4.9 Hasil gelombang (a) arus fasa A (b) arus fasa B (c) arus fasa C (d) arus fasa D	37
Gambar-4.9 Hasil gelombang (a) arus fasa A (b) arus fasa B (c) arus fasa C (d) arus fasa D	37
Gambar-4.10 Hasil gelombang (a) tegangan fasa A (b) arus fasa A	37
Gambar-4.11 Hasil kecepatan motor	37

DAFTAR TABEL

Tabel-2.1 Spesifikasi dsPIC33EP512MU810	14
Tabel-4.1 Parameter SRM	32
Tabel-4.2 Penentuan Sudut fasa terhadap pulsa <i>rotary encoder</i>	35
Tabel-4.3 Hasil pengujian SRM	39

