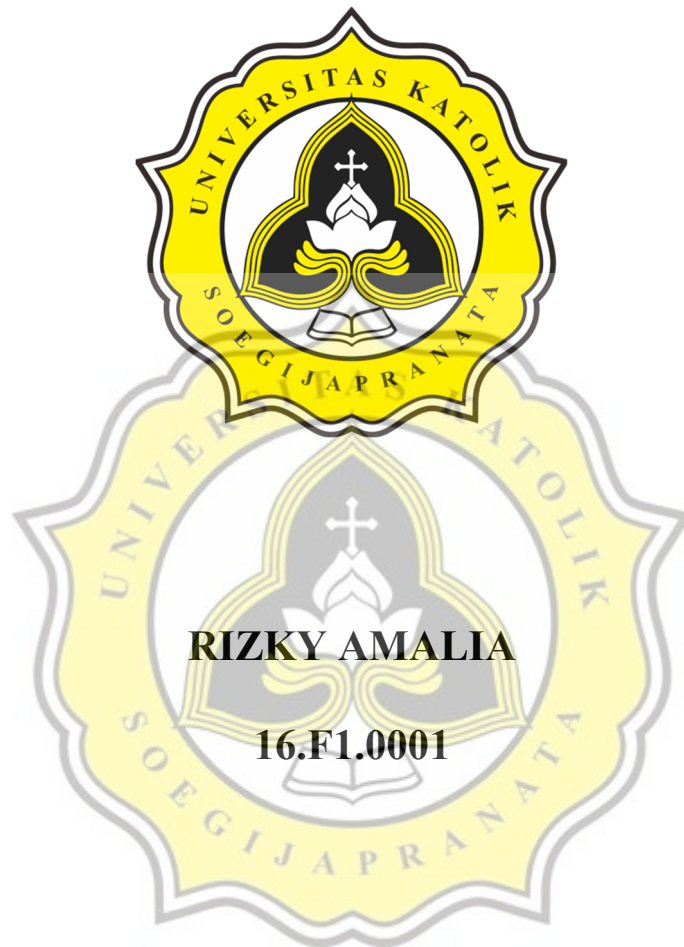


LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENINGKATAN KINERJA
SWITCHED RELUCTANCE GENERATOR
DENGAN PENGATURAN SUDUT PENYALAN**



RIZKY AMALIA

16.F1.0001

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

2021

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PENINGKATAN KINERJA *SWITCHED RELUCTANCE GENERATOR* DENGAN PENGATURAN SUDUT PENYALAHAN

**Diajukan dalam Rangka Memenuhi
Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar S1 Teknik Elektro**



**TEKNIK ELEKTRO
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 “ANALISIS KINERJA SWITCHED RELUCTANCE GENERATOR DENGAN PENGATURAN SUDUT PENYALAAAN”, 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, 29 April 2021

Yang menyatakan,



Rizky Amatia

NIM: 16.F1.0001

HALAMAN PENGESAHAN



Judul Tugas Akhir: : ANALISIS PENINGKATAN KINERJA SWITCHED RELUCTANCE
GENERATOR DENGAN PENGATURAN SUDUT PENYALAAAN

Diajukan oleh : Rizky Amalia

NIM : 16.F1.0001

Tanggal disetujui : 28 April 2021

Telah setuju oleh

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi M.T.

Penguji 1 : Dr. Ir. Florentinus Budi Setiawan M.T.

Penguji 2 : Dr. Leonardus Heru Pratomo S.T., 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.F1.0001

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

Yang bertanda tangan di bawah ini:

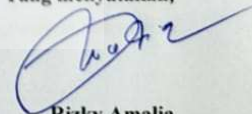
Nama : Rizky Amalia
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Jurnal Ilmiah

Menyetujui memberikan kepada Universitas Katolik Soegijapranata Semarang Hak Bebas Royalti Non-eksklusif atau karya ilmiah yang berjudul "**Peningkatan Kinerja Switched Reluctance Generator dengan Pergeseran Sudut Penyalaan**" pada **Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, dan Teknik Elektronika (ELKOMNIKA), Volume Vol.9, No.3, 2021**. Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Katolik Soegijapranata Semarang 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, 29 April 2021

Yang menyatakan,

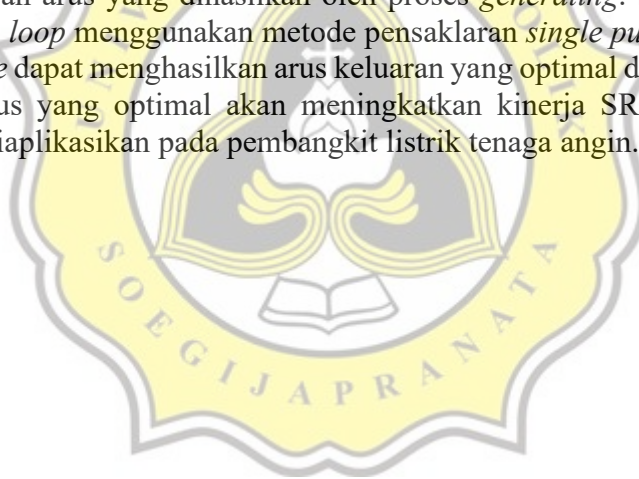


Rizky Amalia

NIM. 16.F1.0001

ABSTRAK

Dewasa ini teknologi energi terbarukan biasanya menggunakan mesin listrik sinkron AC pada pembangkit listrik tenaga angin. Generator dengan mesin listrik sinkron AC menggunakan *slip ring* dalam proses eksitasi. Hal tersebut cukup rumit jika diaplikasikan pada pembangkit listrik karena membutuhkan perawatan secara berkala. Pada penelitian ini, generator akan menggunakan mesin *Switched Reluctance* (Mesin SR) yang dioperasikan sebagai *Switched Reluctance Generator* (SRG). Untuk menghasilkan keluaran arus yang optimal, SRG akan dioperasikan dengan mengatur sudut penyalan fasa menggunakan metode *single pulse*. Metode pensaklaran ini diatur oleh *input capture* fasilitas mikrokontrol dsPIC 30F4012. Penelitian ini telah diverifikasi dengan simulasi *Simulink MATLAB* dan pengujian pada alat. Hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan kondisi yang optimal dipengaruhi dengan menyalakan dan menggeser sudut penyalan yang tepat. SRG dapat diindikasikan berhasil berdasarkan bentuk gelombang arus keluaran memiliki puncak pada arus fasa dengan bagian luasan wilayah eksitasi lebih sempit dari wilayah luasan arus yang dihasilkan oleh proses *generating*. SRG dengan sistem kontrol *open loop* menggunakan metode pensaklaran *single pulse* yang diatur oleh *input capture* dapat menghasilkan arus keluaran yang optimal dan mudah dikontrol. Keluaran arus yang optimal akan meningkatkan kinerja SRG, sehingga sangat sesuai jika diaplikasikan pada pembangkit listrik tenaga angin.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas nikmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi yang berjudul **ANALISIS KINERJA SWITCHED RELUCTANCE GENERATOR DENGAN PENGATURAN SUDUT PENYALAN** ini disusun untuk memenuhi persyaratan kurikulum strata-1 (S-1) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya atas bantuan yang diberikan, baik secara langsung maupun secara tidak langsung selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Secara khusus rasa ucapan terima kasih saya berikan kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa memberikan nikmat dan karunia dalam proses pelaksanaan Tugas Akhir dan penyusunan laporan akhir.
2. Kedua orang tua dan kakak yang selalu memberikan dukungan dan semangat secara moral maupun materiil kepada penulis.
3. Keluarga besar dari kedua orang tua yang selalu mendoakan dan menyemangati penulis.
4. Bapak Prof. Dr. Ign. Slamet Riyadi, MT selaku Dosen Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata sekaligus dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah bersedia membimbing dengan sabar dalam pelaksanaan Tugas Akhir dari awal hingga tuntas.

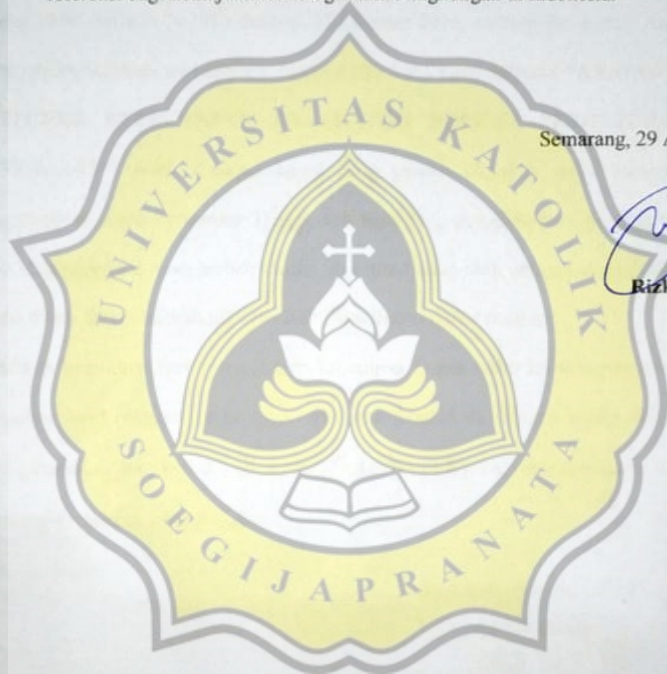
5. Bapak Dr. Leonardus Heru Pratomo, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan ijin dan menyediakan fasilitas penggunaan laboratorium sebagai penunjang pelaksanaan Tugas Akhir.
6. Bapak Dr. Florentinus Budi Setiawan, MT., IPM selaku dosen Program Studi Teknik Elektro dan dosen bimbingan Kerja Praktek yang telah memberikan ilmu dan dukungan kepada penulis.
7. Mas Arifin, Bu Retno, Bu Pur, Pak Juang, Mas Anjar, dan Pak War yang telah membantu memberikan dukungan dan mengurus administrasi selama perkuliahan.
8. Daniel Santoso dan Angelia Fitriana S.D selaku sahabat yang telah memberikan dukungan dan semangat.
9. Kelompok Tugas Akhir penulis, Nazila Kusumaningrum dan Rizky Adhitya yang telah membantu selama perkuliahan hingga Tugas Akhir.
10. Teman – teman bimbingan Pak Slamet yang membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir.
11. Teman – teman Teknik Elektro Angkatan 2016 yang telah menjadi teman seperjuangan.
12. Teman – teman Teknik Elektro Angkatan 2009 sampai 2020 yang telah menjadi teman di jurusan.
13. Teman – teman UKM Karate Unika Soegijapranata Semarang.
14. Teman – teman Taekwondo Unika Soegijapranata Semarang.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih kurang sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak

sebagai penunjang perbaikan serta kemajuan. Penulis juga mohon maaf apabila terdapat kata – kata yang kurang berkenan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini.

Besar harapan penulis semoga laporan Tugas Akhir ini dapat menjadi referensi bagi kemajuan teknologi ramah lingkungan di Indonesia.

Semarang, 29 April 2021




Rizky Amalia

DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR	i
PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
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	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Pendahuluan	7

2.2	Mesin <i>Switched Reluctance</i> (Mesin SR)	7
2.2.1	<i>Switched Reluctance Motor</i> (SRM)	8
2.2.2	<i>Switched Reluctance Generator</i> (SRG)	9
2.2.3	<i>Pulse Width Modulation</i> (PWM)	13
2.2.4	<i>Single Pulse</i>	14
2.3	Konverter <i>Asymmetric</i>	15
2.4	Komponen Pendukung	16
2.4.1	<i>Insulated Gate Bipolar Transistor</i> (IGBT)	16
2.4.2	Mikrokontroler	17
2.4.3	<i>Photoelectric Coupler</i>	17
2.4.4	<i>Isolated Power Supply DC-DC</i>	18
BAB III DESAIN RANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PENINGKATAN		
KINERJA SWITCHED RELUCTANCE GENERATOR DENGAN		
PERGESERAN SUDUT PENYALAN		
3.1	Pendahuluan	20
3.2	Prinsip Kerja Peningkatan Kinerja <i>Switched Reluctance Generator</i> dengan Pergeseran Sudut Penyalaan dengan Metode <i>Single Pulse</i>	20
3.2.1	Pengaturan Sudut Penyalaan SRG	23
3.2.2	Menentukan Sudut Penyalaan dengan Metode <i>Input Capture</i>	26
3.3	Blok Kendali	28

3.4	Konverter <i>Asymmetric</i>	31
3.5	Rangkaian <i>Driver</i>	32
3.6	Rangkaian <i>Isolated Power Supply</i>	33
3.7	Sensor Arus	34
3.8	<i>Clamp On</i>	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Pendahuluan	36
4.2	Simulasi <i>Switched Reluctance Generator (SRG)</i> Menggunakan <i>Simulink</i> <i>MATLAB</i>	36
4.3	Hasil Pengujian Alat	41
4.3.1	Hasil Pengujian pada Sudut Penyalaan $\theta_{on} = 30^\circ$ dan $\theta_{off} = 160^\circ$	43
4.3.2	Hasil Pengujian pada Sudut Penyalaan $\theta_{on} = 40^\circ$ dan $\theta_{off} = 170^\circ$	45
4.3.3	Hasil Pengujian pada Sudut Penyalaan $\theta_{on} = 50^\circ$ dan $\theta_{off} = 180^\circ$	47
4.4	Pembahasan	49
BAB V PENUTUP		52
5.1	Kesimpulan	52
5.2	Saran	52
DAFTAR PUSTAKA		54
LAMPIRAN		58

DAFTAR GAMBAR

Gambar-2. 1 Rangkaian ekuivalen <i>Switched Reluctance</i>	8
Gambar-2. 2 Posisi rotor terhadap stator pada SRM	9
Gambar-2. 3 Posisi induktansi terhadap penyalan saklar fasa dan arus fasa	10
Gambar-2. 4 Mode operasi <i>Magnetizing</i>	11
Gambar-2. 5 Mode operasi <i>Freewheeling</i>	12
Gambar-2. 6 Mode operasi <i>Demagnetizing</i>	13
Gambar-2. 7 Hasil keluaran berdasarkan metode PWM	14
Gambar-2. 8 Hasil keluaran berdasarkan metode <i>Single Pulse</i>	15
Gambar-2. 9 Konverter <i>asymmetric</i>	15
Gambar-2. 10 Rangkaian ekuivalen IGBT	16
Gambar-2. 11 Mikrokontroler dsPIC 30F4012 dengan 28 pin	17
Gambar-2. 12 Konfigurasi pin komponen <i>photoelectric coupler</i>	18
Gambar-2. 13 Rangkaian <i>Isolated Power Supply</i> B1212S	18
Gambar-3. 1 Blok Diagram SRG	21
Gambar-3. 2 Sudut Penyalan Berdasarkan Hasil Keluaran Impuls Arus	22
Gambar-3. 3 Penyalan Setiap Fasa SRG Berdasarkan Induktansi	23
Gambar-3. 4 Penyalan Saklar pada $\theta_{on} < \theta < \theta_{off}$	24
Gambar-3. 5 Bentuk Gelombang Arus Ideal	25
Gambar-3. 6 Mode Operasi <i>Demagnetizing</i>	25
Gambar-3. 7 Penyalan Fasa Berdasarkan <i>Input Capture</i>	26

Gambar-3. 8 Pola Pensaklaran dengan Referensi Hall effect Menggunakan Metode <i>Input Capture</i>	27
Gambar-3. 9 Nilai Sudut Penyalaan dengan Metode <i>Input Capture</i> berdasarkan Referensi <i>Hall Effect</i>	28
Gambar-3. 10 Rangkaian Mikrokontrol dsPIC 30F4012	29
Gambar-3. 11 Alur Pemrograman SRG <i>Single Pulse</i> dengan Metode <i>Input Capture</i> menggunakan dsPIC 30F4012	30
Gambar-3. 12 Rangkaian IGBT Semikron SKM 40GD123D	31
Gambar-3. 13 Rangkaian <i>Driver Photoelectric Coupler</i> TLP 250	32
Gambar-3. 14 Rangkaian Skematik <i>Photoelectric Coupler</i> TLP 250	33
Gambar-3. 15 Rangkaian Skematik <i>Isolated Power Supply</i>	33
Gambar-3. 16 Rangkaian Skematik Sensor Arus LEM HX-10P dengan <i>Op-amp</i>	34
Gambar-3. 17 <i>Clamp on</i> Hantek CC-65	35
Gambar-4. 1 Hasil Keluaran Impuls Arus dan <i>Timer Interrupt</i> pada <i>Simulink MATLAB</i>	38
Gambar-4. 2 Hasil Pensaklaran Fasa A, B, dan C pada Simulasi <i>Simulink MATLAB</i>	38
Gambar-4. 3 Hasil Keluaran Gelombang pada Simulasi Kondisi Pertama	39
Gambar-4. 4 Hasil Keluaran Gelombang pada Simulasi Kondisi Kedua	40
Gambar-4. 5 Hasil Keluaran Gelombang pada Simulasi Kondisi Ketiga	40
Gambar-4. 6 <i>Prototype SRG</i>	41
Gambar-4. 7 Hasil Keluaran Gelombang Pembangkitan <i>Input Capture</i> pada SRG	42

Gambar-4. 8 Hasil Keluaran Gelombang Pembangkitan <i>Input Capture</i> saat $\theta_{on} = 30^\circ$ dan $\theta_{off} = 160^\circ$.	44
Gambar-4. 9 Referensi Kecepatan Saat SRG Dioperasikan $\theta_{on} = 30^\circ$ dan $\theta_{off} = 160^\circ$	44
Gambar-4. 10 Hasil Keluaran Gelombang pada Kondisi Pertama Pengujian Alat	45
Gambar-4. 11 Hasil Keluaran Gelombang Pembangkitan <i>Input Capture</i> saat $\theta_{on} = 40^\circ$ dan $\theta_{off} = 170^\circ$.	46
Gambar-4. 12 Referensi Kecepatan Saat SRG Dioperasikan $\theta_{on} = 40^\circ$ dan $\theta_{off} = 170^\circ$	47
Gambar-4. 13 Hasil Keluaran Gelombang pada Kondisi Kedua Pengujian Alat	47
Gambar-4. 14 Hasil Keluaran Gelombang Pembangkitan <i>Input Capture</i> saat $\theta_{on} = 50^\circ$ dan $\theta_{off} = 180^\circ$	48
Gambar-4. 15 Referensi Kecepatan Saat SRG Dioperasikan $\theta_{on} = 50^\circ$ dan $\theta_{off} = 180^\circ$	48
Gambar-4. 16 Hasil Keluaran Gelombang pada Kondisi Ketiga Pengujian Alat	49

DAFTAR TABEL

Tabel-3. 1 Spesifikasi Mesin <i>Switched Reluctance</i>	21
Tabel-4. 1 Spesifikasi SRM pada <i>Simulink MATLAB</i>	37
Tabel-4. 2 Perubahan Arus Pada Setiap Kondisi Sudut Penyalaan	49

