

**DESAIN & OPERASI MOTOR SWITCH
RELUCTANCE 4 KUTUB ROTOR 6 KUTUB STATOR**

LAPORAN TUGAS AKHIR



Oleh :

MOSES EDUARD LUBIS

12.50.0003

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA

SEMARANG

2016

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ DESAIN & OPERASI MOTOR SWITCH RELUCTANCE 4 KUTUB ROTOR 6 KUTUB STATOR” 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 Juni 2016.

Semarang, Juni 2016

Menyetujui,

Pembimbing I

Dr. Ir. Slamet Riyadi, MT.

058.1.1992.110

Mengetahui,

Ketua Progdi Teknik Elektro

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

058.1.1994.050

PERNYATAAN

KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)



ABSTRAK

Pada laporan tugas akhir ini dikaji tentang Motor Switched Reluctance. Tujuan pemilihan motor ini sebagai motor elektrik dibandingkan dengan motor yang lain, dikarenakan rangkaiannya yang lebih sederhana dan efisien dengan tidak menggunakan magnet pada rotornya. Tugas akhir yang dibuat menggunakan motor induksi bekas yang dimodifikasi baik dari konstruksi rotornya maupun statornya. Secara konstruksi, motor yang akan dirancang terdiri dari 4 kutub rotor dan 6 kutub stator. Di dalam motor ini juga dilengkapi sensor hall effect untuk mendeteksi posisi rotor yang dipasang dengan jarak 120° . Driver yang digunakan untuk memutar serta mengatur kecepatan motor berupa inverter tiga fasa, dan sistem kontrol digitalnya menggunakan mikrokontroler dsPIC30F2020 untuk mengatur waktu hidup matinya saklar pada inverter.

Kata Kunci : Inverter, Switched Reluctance Motor, dsPIC30F2020.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis haturkan kepada Tuhan YESUS Kristus, karena atas berkat, rahmat dan anugrah-Nya yang senantiasa menyertai penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir beserta Laporan Tugas Akhir yang berjudul “DESAIN & OPERASI MOTOR SWITCH RELUCTANCE 4 KUTUB ROTOR 6 KUTUB STATOR”. 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 anugrah, berkat, kemudahan dan kelancaran dalam pelaksanaan Tugas Akhir dan penyusunan laporan.
2. Orang tua, kakak penulis yang selalu memberi semangat dan dukungan baik secara moril maupun materiil kepada penulis.
3. Joshua Leonheart seorang *partner in crime* yang selalu memberi semangat, dukungan, sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. 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.

5. Ester Kristina Dewi yang selalu menemani dan memberi semangat, dan dukungan sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
6. Bapak Ir. Drs. Djoko Suwarno, MT, IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.
7. Bapak Dr. Florentinus Budi Setiawan, ST.MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, yang telah memfasilitasi laboratoruim dan perlengkapannya.
8. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, terutama Bapak Juang.
9. Mas Enggar yang telah membantu terutama pada mekanik motor.
10. Teman-teman seperjuangan yaitu teman-teman elektro angkatan 2012 terimakasih sudah menemani dan saling berdinamika bersama selama kuliah.
11. Teman-teman Elektro angkatan 2009, 2010, 2011 dan 2013 terima kasih atas doa dan dukungannya.
12. Teman-teman Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata.
13. Teman-teman fakultas yang lain yang turut mendukung saya.
14. Manis manja grup yang senantiasa telah mendampingi, mendukung dan menghibur penulis dalam proses pelaksanaan maupun penyusunan Tugas Akhir.
15. 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, Juni 2016

Moses Eduard Lubis



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 | 3 |
| 1.4 Tujuan dan Manfaat | 3 |
| 1.5 Metode Penelitian | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 4 |
| BAB II LANDASAN TEORI | |
| 2.1 Pendahuluan | 6 |
| 2.2 Motor SRM | 7 |
| 2.2.1. Karakteristik Motor | 8 |
| 2.2.2. Prinsip Kerja Motor SRM | 9 |
| 2.3 Prinsip dasar operasi motor SRM | 11 |
| 2.4 Gaya Reluktan | 12 |

| | | |
|--|------------------------------------|----|
| 2.4.1 | Fluks magnetik | 13 |
| 2.4.2 | Tegangan GGL induksi | 14 |
| 2.5 | <i>Inverter</i> | 15 |
| 2.5.1 | Pulse Width Modulation | 16 |
| 2.6. | Mikrokontroler dsPIC30f4012 | 17 |
| 2.7 | Mosfet | 19 |
| 2.8 | Optocoupler tlp250 | 21 |
| 2.8.1 | Prinsip kerja optocoupler | 22 |
| 2.9 | Hall Effect | 23 |
| BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SWITCHED | | |
| RELUCTANCE MOTOR | | |
| 3.1 | Pendahuluan | 24 |
| 3.1.1 | Rotor | 24 |
| 3.1.2 | Stator | 26 |
| 3.2 | Rangkaian control | 29 |
| 3.2.1. | Rangkaian Konverter | 29 |
| 3.2.2. | Rangkaian Driver tlp250 | 31 |
| 3.3 | Rangkaian Catu Daya | 32 |
| 3.4 | Block sistem kontrol digital | 33 |
| 3.5 | Pemrograman dsPIC 30F2020 | 34 |
| 3.6 | Metode kontrol Posisi Rotor | 38 |
| BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA | | |
| 4.1 | Pendahuluan | 40 |
| 4.2 | Simulasi Pada <i>Software</i> PSIM | 40 |

| | | |
|----------------------------|-------------------------|-----------|
| 4.3 | Hasil Alat | 43 |
| 4.4 | Pengujian Alat | 45 |
| 4.4.1 | Rangkaian Seri | 45 |
| 4.4.1.1. | Tanpa PWM | 45 |
| 4.4.1.2. | PWM | 48 |
| 4.4.2 | Rangkaian Paralel | 52 |
| 4.4.2.1. | Tanpa PWM | 52 |
| 4.4.2.1. | PWM | 55 |
| 4.5 | Hasil Pengamatan | 60 |
| BAB V PENUTUP | | |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 61 |
| 5.2 | Saran..... | 61 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 62 |
| LAMPIRAN..... | | 63 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1. (a) 4 kutub stator/2 kutub rotor (2 phase) (b) 6 kutub stator/ 4 kutub rotor (3 phase) (c) 8 kutub stator/ 6 kutub rotor (4 phase) (d) 10 kutub stator/ 8 kutub rotor 5 fasa | 7 |
| Gambar 2.2. Kurva Karakteristik Motor | 8 |
| Gambar 2.3. Hubungan torsi dengan induktansi | 10 |
| Gambar 2.4. Proses perpindahan fasa motor | 11 |
| Gambar 2.5. Prinsip gaya reluktan | 12 |
| Gambar 2.6. Flux pada penampang elektromagnet | 13 |
| Gambar 2.7. GGL induksi | 14 |
| Gambar 2.8. Sinyal PWM | 16 |
| Gambar 2.9. Konfigurasi PIN dsPIC30F2020 | 18 |
| Gambar 2.10 Simbol MOSFET Mode Pengisian (a). NMOS (b). PMOS | 20 |
| Gambar 2.11 MOSFET kondisi ON | 20 |
| Gambar 2.12 MOSFET kondisi OFF | 21 |
| Gambar 2.13 Prinsip kerja Hall Sensor | 23 |
| Gambar 3.1. (a) Switched Reluctance Motor (b) Arah belitan stator | 24 |
| Gambar 3.2. Konstruksi rotor Switched Reluctance Motor | 25 |
| Gambar 3.3. (a) Stator SRM, (b) Hubungan Bintang | 26 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3.4. Rangkaian dan posisi hall effect | 27 |
| Gambar 3.5. Sinyal keluaran hall effect sensor terhadap kutub magnet .. | 27 |
| Gambar 3.6. Konfigurasi Hall effect terhadap posisi rotor | 28 |
| Gambar 3.7. Topologi N+1 switch converter | 30 |
| Gambar 3.8. IRFP250 | 31 |
| Gambar 3.9. Konfigurasi PIN TLP 250 | 32 |
| Gambar 3.10. (a) Catu daya 5 Volt , (b) Catu daya 12 Volt | 33 |
| Gambar 3.11. Diagram block kontrol dengan sinyal feedback | 34 |
| Gambar 3.12. Flowchart Pemrograman | 38 |
| Gambar 3.13. Konfigurasi posisi motor dengan switching saklar | 39 |
| Gambar 4.1. Skema rangkaian Switched Reluctance Motor | 41 |
| Gambar 4.2. Skema rangkaian kontrol SRM | 41 |
| Gambar 4.3. Sinyal Hall Effect | 42 |
| Gambar 4.4. Arus Motor Switched Reluctance | 42 |
| Gambar 4.5. Konstruksi Stator 6 Kutub | 43 |
| Gambar 4.6. Konstruksi rotor 4 Kutub | 43 |
| Gambar 4.7. Rangkaian Konverter daya tipe N+1 swiched konverter | 44 |
| Gambar 4.8. Rangkaian buffer & rangkaian digital dsPIC 30F2020 | 44 |
| Gambar 4.9. Arus dari catu daya skala 10x (duty=1) | 45 |
| Gambar 4.10. Output Mikrokontrol RE0, RE1, RE2 dan RE3 | 46 |
| Gambar 4.11. Tegangan dan arus per fasa skala 10x Van | 46 |
| Gambar 4.12. Tegangan dan arus per fasa skala 10x Vbn | 47 |
| Gambar 4.13. Tegangan dan arus per fasa skala 10x Vcn | 47 |
| Gambar 4.14. Tegangan dan arus per fasa skala 10x Van, Vbn, Vcn dalam satu screen | 47 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.15. Tegangan antar fasa | 48 |
| Gambar 4.16. Arus dari catu daya skala 10x dengan PWM | 49 |
| Gambar 4.17. Output Mikrokontroller RE0, RE1, RE2 dan RE3 dengan PWM | 49 |
| Gambar 4.18. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{an} | 50 |
| Gambar 4.19. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{bn} | 50 |
| Gambar 4.20. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{cn} | 50 |
| Gambar 4.21. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{an}, V_{bn}, V_{cn} dalam satu screen dengan PWM | 51 |
| Gambar 4.22. Tegangan dan arus antar fasa dengan PWM | 51 |
| Gambar 4.23. RPM maksimal motor rangkaian seri | 52 |
| Gambar 4.24. Arus dari catu daya skala 10x (duty=1) (paralel) | 52 |
| Gambar 4.25. Output Mikrokontrol RE0, RE1, RE2 dan RE3 | 53 |
| Gambar 4.26. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{an} | 53 |
| Gambar 4.27. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{bn} | 54 |
| Gambar 4.28. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{cn} | 54 |
| Gambar 4.29. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{an}, V_{bn}, V_{cn} dalam satu screen | 54 |
| Gambar 4.30. Tegangan antar fasa | 55 |
| Gambar 4.31. Arus dari catu daya skala 10x dengan PWM (paralel) | 56 |
| Gambar 4.32. Output Mikrokontroller RE0, RE1, RE2 dan RE3 dengan PWM | 56 |
| Gambar 4.33. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{an} | 57 |
| Gambar 4.34. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{bn} | 57 |
| Gambar 4.35. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{cn} | 57 |

Gambar 4.36. Tegangan dan arus per fasa skala 10x V_{an}, V_{bn}, V_{cn} dalam satu screen dengan PWM 58

Gambar 4.37. Tegangan dan arus antar fasa dengan PWM 58

Gambar 4.38. RPM maksimal motor rangkaian parallel 59



DAFTAR TABEL

| | |
|-------------------------------------|----|
| Tabel 2.1. Fitur dsPIC30F4012 | 19 |
| Tabel 4.1. Hasil Pengamatan | 60 |

