

**MOTOR LINIER SWITCH RELUCTANCE 4 ROTOR 6  
STATOR BERBASIS MIKROKONTROLER PIC 18F4550**

**TUGAS AKHIR**



**MARIO EDUARDO**

**09.50.0002**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA**

**SEMARANG**

**2014**

## LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Motor Linier Switch Reluctance 4 Rotor 6 Stator Berbasis Mikrokontroler PIC18F4550**” diajukan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro di Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Laporan Tugas Akhir ini disetujui pada tanggal 18 Juli 2014

Semarang, 18 Juli 2014

Menyetujui,

Ketua Progdi Teknik Elektro

Pembimbing

Dr. Florentius Budi Setiawan, MT

Dr. Ir. Ign. Slamet Riyadi, MT

058.1.1994.150

058.1.1992.110

## ABSTRAK

Penggunaan motor listrik di dalam kehidupan sehari-hari kita merupakan alat yang sangat penting peranannya untuk membantu pekerjaan kita. Seiring dengan berjalannya waktu motor listrik berkembang begitu pesat dari segi teknologi dan kebutuhan penggunaannya. Motor listrik sebagai tenaga penggerak sangat dibutuhkan dalam lingkup rumah tangga, industri, pertambangan maupun transportasi.

Di dalam dunia transportasi khususnya, transportasi pribadi menjadi masalah utama penyebab kemacetan di kota-kota besar. Untuk itu dibutuhkan transportasi masal yang memadahi untuk mengatasi permasalahan kemacetan dan mencukupi kebutuhan masyarakat saat ini. Kereta api merupakan salah satu transportasi masal yang paling efektif penggunaannya untuk menjawab kebutuhan masyarakat ditengah permasalahan kemacetan ini.

Kereta api dalam perkembangannya di negara-negara maju seperti Jepang, Perancis, Amerika dan Jerman sudah menggunakan dan mengembangkan teknologi kereta maglev (*MAGnetically LEVitated*). Kereta maglev adalah kereta berkecepatan tinggi, kecepatannya bisa mencapai 650km/jam yang prinsip kerjanya berdasarkan gaya angkat dari magnet.

Sebagai seorang mahasiswa teknik elektro, penulis ingin mengkaji lebih lanjut mengenai penggunaan motor linier switch reluctance yang prinsip kerjanya merupakan sebagai dasar dalam penggerak pada kereta maglev. Kajian yang

dilakukan meliputi prinsip kerja dari motor linier switch reluctance, perancangan rangkaian pengendali, rangkain sensor, dan desain atau prototype dari motor linier switch reluctance. Semoga dengan penjelasan yang disajikan dapat menjadi sebuah refrensi maupun pertimbangan dalam penggunaan dan perkembangan motor linier switch reluctance dimasa yang akan datang.



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas anugerah dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir dan laporan ini dapat selesai dengan baik. Laporan Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat dalam menempuh pendidikan sarjana pada Progam Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata.

Pada kesempatan ini dengan segala rasa syukur dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga terutama kedua orangtua yang tak henti-hentinya memberikan dorongan serta doa restu dari awal Tugas Akhir hingga terbentuk Laporan Tugas Akhir ini. Dalam kesempatan ini juga penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang begitu besar kepada pihak-pihak yang telah membantu, kepada yang terhormat:

1. Bapak Dr.Ir.Ign. Slamet Riyadi, MT selaku dosen pembimbing dalam pembuatan tugas akhir yang telah memberikan dorongan dan petunjuk dalam proses pembuatan tugas akhir ini.
2. Keluarga yang telah memberikan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr.Florentinus Budi Setiawan selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata yang telah memberikan ijin dan fasilitas.
4. Bapak Leonardus Heru P, ST.MT yang telah memberikan ijin dan fasilitas.
5. Segenap karyawan Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata

6. Ko Vincent selaku koordinator laboratorium atas kerjasama, bantuan serta sarannya yang memudahkan penulis dalam membuat tugas akhir ini.
7. Ram, Catur, Arifin, Ricky, Adi, Deli, Agung, Bandar, Sylvanus atas bantuan dan sarannya yang memudahkan penulis dalam membuat tugas akhir ini.
8. Teman sekelompok dan seperjuangan Martin dan Deni yang setia bekerjasama menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman Program Studi Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata, khususnya angkatan 2009 yang telah memberikan motivasi dan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Dan untuk semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas bantuannya baik secara moril maupun materiil.

Tiada lain penulis hanya dapat memanjatkan doa kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, kiranya dengan limpahan rahmat, anugerah dan karunia-Nya yang telah berlimpah untuk kebahagiaan dan kesejahteraan semua pihak yang telah membantu penulis, atas segala budi baik yang telah diberikan kepada kita semua. Penulis juga berharap laporan Tugas Akhir ini dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk pengembangan selanjutnya, dan pengalaman yang berguna bagi penulis maupun pembaca.

Penyusun juga menyadari laporan ini jauh dari kata sempurna, penulis berharap adanya saran atau kritik dari teman-teman maupun pembaca sekalian sehingga laporan ini dapat menjadi lebih sempurna dan memberikan sumbangsih dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Semarang, Juli 2014

Penulis,



## DAFTAR ISI

|                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>            | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>        | <b>ii</b>   |
| <b>ABSTRAK .....</b>                  | <b>iii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>           | <b>v</b>    |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>             | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>             | <b>xvi</b>  |
| <b>BAB I    PENDAHULUAN.....</b>      | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang.....               | 1           |
| 1.2 Perumusan Masalah .....           | 1           |
| 1.3 Pembatasan Masalah.....           | 2           |
| 1.4 Tujuan dan Manfaat .....          | 2           |
| 1.5 Metodologi Penelitian.....        | 3           |
| 1.6 Sistematika Penulisan.....        | 4           |
| <b>BAB II    LANDASAN TEORI .....</b> | <b>5</b>    |
| 2.1 Motor Switch Reluctance.....      | 5           |
| 2.2 Fluks Magnet.....                 | 6           |
| 2.3 Gaya Lorentz.....                 | 7           |
| 2.4 Hukum Newton II .....             | 8           |

|                |                                                                                                                     |    |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5            | Gaya Gesek .....                                                                                                    | 9  |
| 2.6            | Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) .....                                                                          | 10 |
| 2.7            | Mikrokontroler PIC18F4550 .....                                                                                     | 11 |
| 2.8            | Optocoupler H21A3 .....                                                                                             | 13 |
| 2.9            | MOSFET .....                                                                                                        | 14 |
| 2.9.1          | MOSFET <i>Depletion-mode</i> .....                                                                                  | 15 |
| 2.9.2          | MOSFET <i>Enhancement-mode</i> .....                                                                                | 16 |
| 2.10           | IC SN74LS14 (Schmitt Trigger) .....                                                                                 | 18 |
| <b>BAB III</b> | <b>PERANCANGAN MOTOR LINIER SWITCH<br/>RELUCTANCE 4 ROTOR 6 STATOR BERBASIS<br/>MIKROKONTROLER PIC18F4550</b> ..... | 20 |
| 3.1            | Pendahuluan .....                                                                                                   | 20 |
| 3.2            | Perancangan step rotor dan stator motor linier switch<br>Reluctance .....                                           | 20 |
| 3.2.1          | Step maju .....                                                                                                     | 20 |
| 3.2.2          | Step mundur .....                                                                                                   | 22 |
| 3.3            | Perancangan step pensaklaran mover pada sensor<br>optocoupler .....                                                 | 24 |
| 3.3.1          | Step maju .....                                                                                                     | 24 |
| 3.3.2          | Step mundur .....                                                                                                   | 25 |

|               |                                                          |           |
|---------------|----------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4           | Step arus yang mengalir melalui mosfet dan stator .....  | 27        |
| 3.4.1         | Step maju .....                                          | 27        |
| 3.4.2         | Step mundur .....                                        | 28        |
| 3.5           | Timing diagram .....                                     | 28        |
| 3.5.1         | Step maju .....                                          | 29        |
| 3.5.2         | Step mundur .....                                        | 30        |
| 3.6           | Flow chart pemograman .....                              | 31        |
| 3.7           | Perancangan jarak stator dan rotor .....                 | 31        |
| 3.8           | Perancangan stator .....                                 | 33        |
| 3.9           | Perancangan mover .....                                  | 34        |
| <b>BAB IV</b> | <b>HASIL PENELITIAN dan PEMBAHASAN .....</b>             | <b>36</b> |
| 4.1           | Pendahuluan .....                                        | 36        |
| 4.2           | Blok diagram kerja motor linier switch reluctance .....  | 36        |
| 4.3           | Realisasi rangkaian optocoupler .....                    | 37        |
| 4.4           | Realisasi Mikrokontroler PIC18F4550 .....                | 38        |
| 4.5           | Realisasi rangkaian daya .....                           | 39        |
| 4.6           | Konfigurasi langkah optocoupler, mover, dan stator ..... | 40        |
| 4.6.1         | Step maju .....                                          | 42        |
| 4.6.2         | Step mundur .....                                        | 45        |
| 4.7           | Pengujian arus dan tegangan masukan .....                | 49        |
| 4.8           | Pembahasan .....                                         | 50        |

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| <b>BAB V    PENUTUP .....</b> | <b>54</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....          | 54        |
| 5.2 Saran .....               | 55        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>    | <b>56</b> |



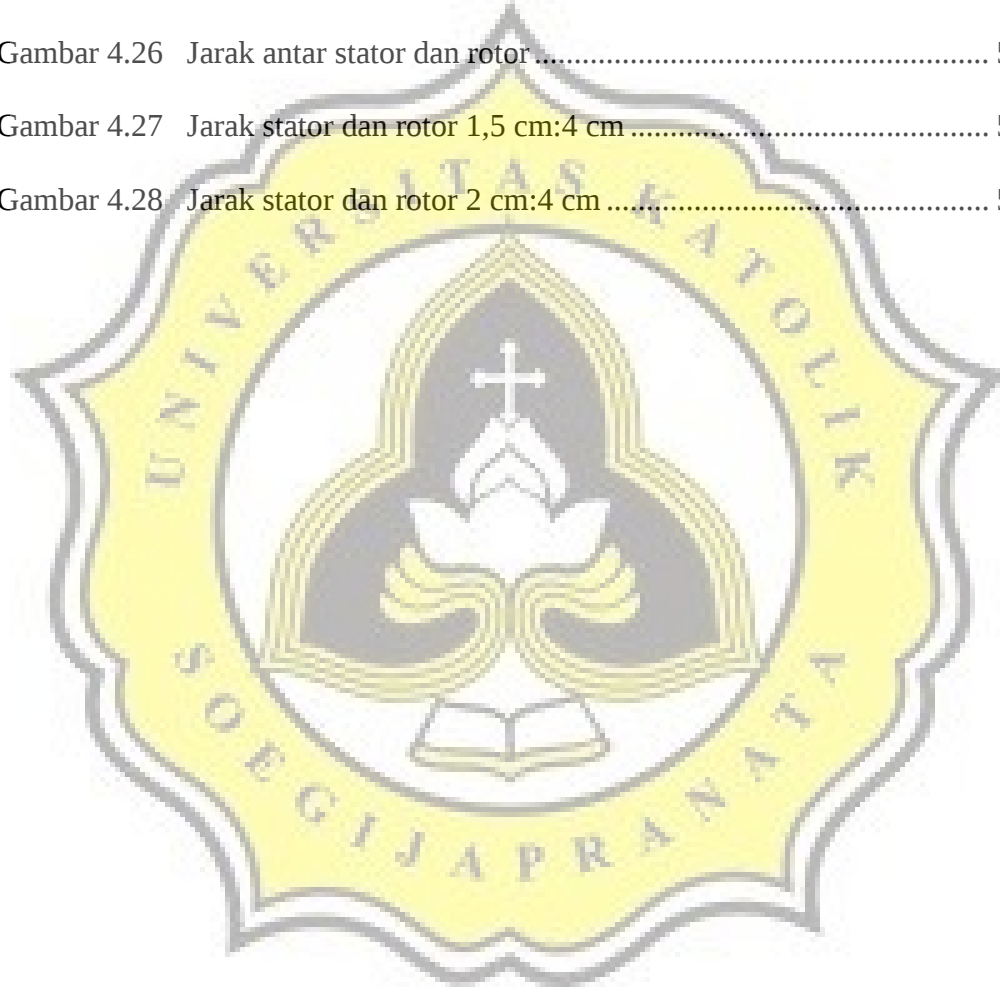
## DAFTAR GAMBAR

|             |                                                                 |    |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1  | Konstruksi motor switch reluctance .....                        | 6  |
| Gambar 2.2  | Kaidah tangan kiri .....                                        | 7  |
| Gambar 2.3  | Gaya gesek dan gaya normal pada mover .....                     | 10 |
| Gambar 2.4  | Mikrokontroler PIC 18F4550 .....                                | 13 |
| Gambar 2.5  | Optocoupler H21A3 .....                                         | 14 |
| Gambar 2.6  | MOSFET <i>Depletion-mode</i> .....                              | 15 |
| Gambar 2.7  | MOSFET <i>Enhancement-mode</i> .....                            | 17 |
| Gambar 2.8  | Konfigurasi IC SN74LS14 .....                                   | 19 |
| Gambar 3.1  | Step maju 1-4 .....                                             | 21 |
| Gambar 3.2  | Step maju 5-8 .....                                             | 22 |
| Gambar 3.3  | Step mundur 9-12 .....                                          | 23 |
| Gambar 3.4  | Step pensaklaran mover pada sensor optocoupler (Step 1-3) ..... | 24 |
| Gambar 3.5  | Step pensaklaran mover pada sensor optocoupler (Step 4-7) ..... | 25 |
| Gambar 3.6  | Step pensaklaran mover pada sensor optocoupler (Step 8) .....   | 25 |
| Gambar 3.7  | Step pensaklaran mover pada sensor optocoupler (Step 9-14) .... | 26 |
| Gambar 3.8  | Loop arus step 1-7 .....                                        | 27 |
| Gambar 3.9  | Loop arus step 8-14 .....                                       | 28 |
| Gambar 3.10 | Timing diagram pada saat motor maju .....                       | 29 |
| Gambar 3.11 | Timing diagram pada saat motor mundur .....                     | 30 |

|             |                                                                                |    |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3.12 | Flow Chart Pemograman.....                                                     | 31 |
| Gambar 3.13 | Motor switch reluctance 4 rotor 6 stator .....                                 | 32 |
| Gambar 3.14 | Transformasi motor linier switch reluctance ke motor linier .....              | 33 |
| Gambar 3.15 | Konstruksi stator motor linier switch reluctance dan rel.....                  | 33 |
| Gambar 3.16 | Konstruksi rel tampak atas .....                                               | 34 |
| Gambar 3.17 | Ukuran medan magnet stator .....                                               | 34 |
| Gambar 3.18 | Ukuran mover .....                                                             | 35 |
| Gambar 4.1  | Blok diagram kerja motor linier switch reluctance .....                        | 36 |
| Gambar 4.2  | Rangkaian daya optocoupler H21A3 .....                                         | 37 |
| Gambar 4.3  | Foto optocoupler H21A3 dan rangkaian daya.....                                 | 37 |
| Gambar 4.4  | Foto mikrokontroler PIC 18F4550 .....                                          | 38 |
| Gambar 4.5  | Rangkaian optocoupler sebagai inputan mikrokontroler .....                     | 39 |
| Gambar 4.6  | Rangkaian daya .....                                                           | 40 |
| Gambar 4.7  | Foto rangkaian daya .....                                                      | 40 |
| Gambar 4.8  | Foto realisasi stator, mover dan optocoupler H21A3.....                        | 41 |
| Gambar 4.9  | Foto realisasi stator, mover dan optocoupler H21A3<br>tampak atas .....        | 41 |
| Gambar 4.10 | Foto pensaklaran lidah pada mover terhadap sensor<br>optocoupler (step 1)..... | 42 |
| Gambar 4.11 | Foto pensaklaran lidah pada mover terhadap sensor<br>optocoupler (step 2)..... | 43 |

|             |                                                                                 |    |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.12 | Foto pensaklaran lidah pada mover terhadap sensor<br>optocoupler (step 3).....  | 43 |
| Gambar 4.13 | Foto pensaklaran lidah pada mover terhadap sensor<br>optocoupler (step 4).....  | 44 |
| Gambar 4.14 | Foto pensaklaran lidah pada mover terhadap sensor<br>optocoupler (step 5).....  | 44 |
| Gambar 4.15 | Foto pensaklaran lidah pada mover terhadap sensor<br>optocoupler (step 6).....  | 45 |
| Gambar 4.16 | Foto pensaklaran lidah pada mover terhadap sensor<br>optocoupler (step 7).....  | 45 |
| Gambar 4.17 | Foto pensaklaran lidah pada mover terhadap sensor<br>optocoupler (step 8).....  | 46 |
| Gambar 4.18 | Foto pensaklaran lidah pada mover terhadap sensor<br>optocoupler (step 9).....  | 46 |
| Gambar 4.19 | Foto pensaklaran lidah pada mover terhadap sensor<br>optocoupler (step 10)..... | 47 |
| Gambar 4.20 | Foto pensaklaran lidah pada mover terhadap sensor<br>optocoupler (step 11)..... | 47 |
| Gambar 4.21 | Foto pensaklaran lidah pada mover terhadap sensor<br>optocoupler (step 12)..... | 48 |
| Gambar 4.22 | Foto pensaklaran lidah pada mover terhadap sensor<br>optocoupler (step 13)..... | 48 |

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.23 Foto pensaklaran lidah pada mover terhadap sensor<br>optocoupler (step 14)..... | 49 |
| Gambar 4.24 Foto tegangan dan arus masukan pada stator .....                                | 49 |
| Gambar 4.25 Arah medan magnet pada stator .....                                             | 50 |
| Gambar 4.26 Jarak antar stator dan rotor .....                                              | 51 |
| Gambar 4.27 Jarak stator dan rotor 1,5 cm:4 cm .....                                        | 52 |
| Gambar 4.28 Jarak stator dan rotor 2 cm:4 cm .....                                          | 52 |



## DAFTAR TABEL

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Tabel 4.1 Urutan optocoupler yang dipakai..... | 53 |
|------------------------------------------------|----|



