



**SISTEM PROTEKSI ARUS PADA MOBIL LISTRIK BERBASIS
MIKROKONTROLLER ATMEGA16**

PROYEK AKHIR

Oleh

Onki Nur Indrianto

NIM 111903102021

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**SISTEM PROTEKSI ARUS PADA MOBIL LISTRIK BERBASIS
MIKROKONTROLLER ATMEGA16**

PROYEK AKHIR

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Diploma III Teknik Elektronika
dan mencapai gelar Ahli Madya

Oleh

Onki Nur Indrianto

NIM 111903102021

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK ELEKTRONIKA

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2014

PERSEMBAHAN

Proyek akhir ini merupakan langkah awal kesuksesan yang ku raih sebelum menuju kesuksesan selanjutnya dalam hidup ku. Tenaga dan pikiran telah ku korbankan, untuk itu saya ingin mempersembahkan proyek akhir ini kepada:

*Ayahanda **Endri Marwoto** dan Ibunda **Ratna Suprihatiningsih** tercinta, serta Nenek ku **Bu Paimi** yang ku sayangi, yang telah membantu baik moril dan materiil, mendoakan, mendidik, dan memberi kasih sayang serta pengorbanan yang tidak terhingga selama ini;*

*Saudara kandungku **Frenki Maria Wahyu, Dicky Syaifulloh, Auliya Azzahwa**, terima kasih atas doa dan dukungan yang telah diberikan kepadaku selama ini;*

*Dosen Pembimbing Skripsi Bapak **Dr. Ir. Bambang Sujanarko M.M.** dan Bapak **Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T** terimakasih atas ketekunan dan kesabarannya dalam membimbing saya;*

*Keluarga Besar **Teknik Elektro Angkatan 2011**, aku bangga menjadi angkatan 2011. Terimakasih atas dukungan dan motivasi yang kalian berikan;*

*Teman – teman **D3TRO Unej 2011** yang selalu mendukungku selama menjalani masa kuliah, bersama Anda semua merupakan kenangan dan pengalaman yang tak akan pernah terlupakan;*

*Guru-guru tercinta **TK Bhakti PKK, SDN 3 Cluring, SMPN 1 Cluring, SMA 1 Cluring**, dan seluruh Dosen **Fakultas Teknik Elektro Universitas Jember**, terima kasih atas ilmu pengetahuan dan kasih sayang yang telah diberikan;*

***Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember**, terimakasih telah mengantarku menuju masa depan.*

MOTTO

*“ing ngarso sung tulodo, ing madyo mangun karso, tut wuri handayani”
(Ki Hajar Dewantoro)*

*“Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh
selain apa yang telah diusahakannya”
(Qs An Najm :39)*

*“Barang siapa keluar untuk mencari ilmu
maka dia berada di jalan Allah”
(HR, Turmudzi)*

*Rencanakanlah yang anda akan lakukan, dan
lakukanlah yang telah anda rencanakan
(Mario Teguh)*

*“Saya sukses, karena saya telah kehabisan apa
yang disebut dengan kegagalan”
(Thomas Alfa Edison)*

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Onki Nur Indrianto

NIM : 111903102021

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa proyek akhir yang berjudul “**Sistem Proteksi Arus Pada Mobil Listrik Berbasis Mikrokontroller ATmega 16**” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 25 September 2013

Yang menyatakan,

Onki Nur Indrianto

NIM. 111903102021

PROYEK AKHIR

**SISTEM PROTEKSI ARUS PADA MOBIL LISTRIK BERBASIS
MIKROKONTROLLER ATMEGA 16**

Oleh

Onki Nur Indrianto

NIM 111903102021

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M. M

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T

PENGESAHAN

Proyek Akhir berjudul “Sistem Proteksi Arus Pada Mobil Listrik Berbasis Mikrokontroller ATmega 16” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Kamis

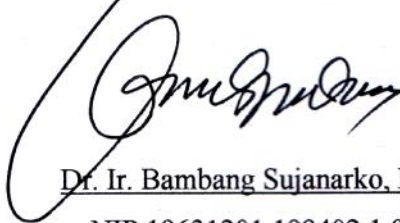
Tanggal : 25 September 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,



Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.

NIP 19631201 199402 1 002



Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T

NIP 19710402 200312 1 001

Tim Penguji,

Penguji I

Penguji II



Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T

NIP 19710614 199702 1 001



Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T

NIP 19700826 199702 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Widyono Hadi, M.T.

NIP 19610414 198902 1 001

Sistem Proteksi Arus Pada Mobil Listrik Berbasis Mikrokontroler Atmega16

Onki Nur Indrianto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Kemajuan teknologi pada sebagian besar peralatan tidak akan lepas dengan penggunaan motor. Terdapat berbagai jenis motor yang ada saat ini, salah satunya adalah motor *Brushless Direct Current* (BLDC) yang memiliki banyak kelebihan dibanding jenis motor lainnya. Pada penelitian ini akan dibuat Sistem Proteksi Arus Pada Mobil Listrik Berbasis Mikrokontroler Atmega16 sehingga apabila terdapat arus lebih yang masuk pada motor, sistem ini akan memproteksi arus yang akan masuk pada motor BLDC tersebut. Verifikasi sistem kendali menggunakan aki 12V, mikrokontroler ATmega 16, motor BLDC 500W dan sensor arus. Secara keseluruhan prinsip kerja dari alat ini yaitu, saat arus yang mengalir pada motor melebihi 4 A, maka motor akan trip. Dan untuk memulai motor berputar kembali, maka rangkaian kontrol harus direset. Besar arus yang mengalir pada motor, tergantung dari masukan PWM yang diberikan, semakin besar nilai PWM yang diberikan, maka arus yang mengalir pada motor, akan semakin besar. Semakin besar arus yang mengalir pada motor, maka kecepatan putar motor semakin cepat

Kata Kunci : Sistem Proteksi Arus, Motor BLDC 500W, Mikrokontroler, *Pulse Width Modulation* (PWM).

***Current Protection System In Electric Cars
Based Microcontroller ATmega16***

Onki Nur Indrianto

*Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
University of Jember*

ABSTRACT

Advances a technology in most of the equipment will not be separated with use of the motor. There are various type of motors today, one of which is a motor Brushless Direct Current (BLDC) which has many advantages than other types. In this research will be made Protection System Flow Electric Car Based of microcontroller ATmega16, so if there are over current to the motor, it will protect the current system on the BLDC motor. Verification of the control system using a 12 V battery, microcontroller ATmega 16, 500W BLDC motor and current censor. Overall the working principle of this instrument, when the current flowing in the motor exceeds 4 A, then the motor will trip. And to start the motor rotating back, the control circuit must be reset. Large current flowing in the motor, depending on the PWM input is given, the greater the value of the PWM is given, then the current flowing in the motor, the greater. The greater the current flowing in the motor, the motor speed is getting faster.

Keywords: *Current Protection System, BLDC Motor 500W, Microcontroller, Pulse width Modulation (PWM).*

RINGKASAN

Sistem Proteksi Arus Pada Mobil Listrik Berbasis Mikrokontroler Atmega16;
Onki Nur Indrianto, 111903102021; 2014; 64 halaman; Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kemajuan teknologi pada sebagian besar peralatan tidak akan lepas dengan penggunaan motor. Terdapat berbagai jenis motor yang ada saat ini, salah satunya adalah motor *Brushless Direct Current* (BLDC) yang memiliki banyak kelebihan dibanding jenis motor lainnya.

Motor BLDC adalah motor *sinkron*. Hal ini berarti bahwa medan magnet yang dihasilkan *stator* dan medan magnet yang dihasilkan *rotor* berputar pada frekuensi yang sama. Putaran pada *rotor* disebabkan oleh medan magnet pada *stator* yang pada setiap saatnya hanya aktif dua fasa (hanya dua fasa yang *tersupply* pada setiap saat sementara satu fasa lainnya tak *tersupply*).

Alat yang digunakan dalam komutasi elektrik sebagai pengganti sikat adalah *inverter* 3 fasa. Sedangkan metode pengendalian *inverter* motor BLDC yakni dengan menggunakan metode *Six-Step*. Gelombang yang dihasilkan dari metode ini berbentuk *square* atau *trapezoid*. Dan agar motor mampu bekerja dengan torsi dan kecepatan yang konstan, diperlukan *timing* perubahan komutasi yang tepat dalam pengendalian BLDC dengan metode *six-step*. Oleh karena itu, pada motor BLDC telah terpasang 3 buah sensor *hall* untuk menentukan *timing* perubahan komutasi pada pengendalian BLDC.

Secara keseluruhan prinsip kerja dari alat ini yaitu, saat arus yang mengalir pada motor melebihi 4 A, maka motor akan trip. Dan untuk memulai motor berputar kembali, maka rangkaian kontrol harus *direset*. Besar arus yang mengalir pada motor, tergantung dari masukan PWM yang diberikan, semakin besar nilai PWM yang diberikan, maka arus yang mengalir pada motor, akan semakin besar. Semakin besar arus yang mengalir pada motor, maka kecepatan putar motor semakin cepat. Dari hasil pengujian, dapat diketahui saat nilai PWM maksimum yaitu 252,7, dan nilai

frekuensi 16,46 kHz, didapat nilai kecepatan maksimum sebesar 116,9 rpm dan nilai arus maksimum tanpa beban sebesar 0,88 A. saat nilai PWM maksimum yaitu 252,7, dan nilai frekuensi 14,46 kHz, didapat nilai kecepatan maksimum sebesar 110,0 rpm dan nilai arus maksimum tanpa beban sebesar 0,80 A. saat nilai PWM maksimum yaitu 252,7, dan nilai frekuensi 11,74 kHz, didapat nilai kecepatan maksimum sebesar 113.0 rpm dan nilai arus maksimum tanpa beban sebesar 0,78 A. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa besar arus dipengaruhi oleh frekuensi dan PWM.

PRAKATA

Bismillahirrohmanirrohim

Puji syukur ke hadirat Allah swt. atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul “**Sistem Proteksi Arus Pada Mobil Listrik Berbasis Mikrokontroller Atmega16**” dapat terselesaikan dengan baik. Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan program studi Diploma Tiga (D3) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Terselesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu disampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. **Ir. Widyono Hadi, M.T** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. **Sumardi, S.T., M.T** selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. **Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M. M** selaku dosen pembimbing Utama dan **Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T** selaku dosen pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesainya penulisan laporan tugas akhir ini;
4. **Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T dan Dr. Triwahju Hardisnto, S.T., M.T**, selaku Tim Penguji Skripsi yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan pengarahan demi terselesainya penulisan skripsi ini;
5. Ayahanda **Endri Marwoto** dan Ibunda **Ratna Suprihatiningsih** tercinta, serta Nenek ku **Bu Paini** yang ku sayangi, yang telah membantu baik moril dan materiil, mendoakan, mendidik, dan memberi kasih sayang serta pengorbanan yang tidak terhingga selama ini;
6. Saudara kandungku **Frenki Maria Wahyu, Dicky syaifulloh, dan Auliya Azzahwa**, terima kasih atas doa dan dukungan yang telah diberikan kepadaku selama ini;

7. Keluarga Besar **Teknik Elektro Angkatan 2011**, aku bangga menjadi angkatan 2011. Terimakasih atas dukungan dan motivasi yang kalian berikan;
8. Teman – teman **D3TRO Unej 2011** yang selalu mendukungku selama menjalani masa kuliah, bersama Anda semua merupakan kenangan dan pengalaman yang tak akan pernah terlupakan;
9. Teman-teman satu kontrakan **Janur Arya, Yura bagus Nandha T, Untung Setiabudi, Bobby Candra, Yudi Arizona** yang selalu menemani disaat suka duka menjalani masa-masa kuliah, berkat kalian masa kuliahku menjadi berwarna;
10. **Kakak–kakak angkatan 2010** yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini;
11. Guru-guru tercinta **TK Bhakti PKK Cemetuk, SDN 3 Cluring, SMPN 1 Cluring, SMA 1 Cluring**, seluruh **Dosen Fakultas Teknik Elektro Universitas Jember**, terima kasih atas ilmu pengetahuan dan kasih sayang yang telah diberikan;
12. **Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember**, terimakasih telah mengantarku menuju masa depan;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro, kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan proyek akhir ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian – penelitian selanjutnya.

Jember, September 2014

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL..... | ii |
| PERSEMBAHAN..... | iii |
| MOTTO | iv |
| PERNYATAAN..... | v |
| LEMBAR PEMBIMBING | vi |
| PENGESAHAN | vii |
| ABSTRAK | viii |
| <i>ABSTRACT</i> | ix |
| RINGKASAN | x |
| PRAKATA | xii |
| DAFTAR ISI..... | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR TABEL..... | xix |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Manfaat | 2 |
| 1.5 Batasan Masalah | 2 |
| 1.6 Sistematika Pembahasan | 3 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Motor BLDC..... | 4 |
| 2.1.1 Cara Kerja Motor BLDC | 6 |
| 2.2 <i>Inverter</i> Untuk Motor BLDC | 9 |
| 2.3 Sensor <i>Hall</i> | 10 |
| 2.4 Sensor Arus | 14 |
| 2.5 Mikrokontroler ATmega16 | 15 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.5.1 | Gambaran Umum Mikrokontroler ATmega16..... | 15 |
| 2.5.2 | <i>Port Input/Output</i> Digital Mikrokontroler ATmega16..... | 18 |
| 2.6 | PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>) | 20 |
| BAB 3. | METODELOGI PENELITIAN | 23 |
| 3.1 | Tempat dan Waktu Penelitian | 23 |
| 3.1.1 | Tempat Penelitian | 23 |
| 3.1.2 | Waktu Penelitian | 23 |
| 3.2 | Alat dan Bahan..... | 23 |
| 3.2.1 | Alat..... | 23 |
| 3.2.2 | Bahan | 23 |
| 3.3 | Blok Diagram Alir | 24 |
| 3.4 | Blok Diagram Sistem Proteksi Arus | 26 |
| 3.4.1 | Rangkaian Mikrokontroler ATmega 16 | 26 |
| 3.4.2 | Baterai | 28 |
| 3.4.3 | Perangkat <i>Driver</i> Motor <i>Brushles</i> | 28 |
| 3.4.4 | Rangkaian <i>Inverter</i> Tiga Fasa..... | 29 |
| 3.4.5 | Rangkaian Sensor Arus | 30 |
| 3.4.6 | Pengatur Kecepatan | 32 |
| 3.4.7 | <i>Power Supply</i> | 33 |
| 3.4.8 | Sensor <i>Hall</i> | 33 |
| BAB 4. | HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 34 |
| 4.1 | Pengujian Rangkaian Digital | 34 |
| 4.2 | Pengujian Rangkaian <i>Pulse Width Modulation</i> (PWM) | 35 |
| 4.3 | Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> | 39 |
| 4.4 | Hubungan Frekuensi <i>Carrier</i> PWM dengan Arus..... | 41 |
| 4.5 | Analisis Sinyal PWM..... | 43 |
| 4.6 | Hubungan <i>Dutycycle</i> PWM dengan RPM | 45 |
| 4.7 | Analisis Tegangan Fasa Motor | 47 |
| 4.8 | Pengujian Sensor Arus..... | 50 |
| 4.9 | Pengujian Sistem Proteksi Arus..... | 54 |

| | |
|----------------------|----|
| BAB 5. PENUTUP | 56 |
| 5.1 Kesimpulan | 56 |
| 5.2 Saran | 56 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Konstruksi Motor <i>Brushless</i> dengan Sensor <i>Hall</i> | 6 |
| Gambar 2.2 | <i>Wiring</i> diagram BLDC | 7 |
| Gambar 2.3 | Tegangan <i>stator</i> BLDC Motor | 8 |
| Gambar 2.4 | Diagram Motor BLDC | 9 |
| Gambar 2.5 | <i>Inverter</i> untuk Motor BLDC dengan menggunakan jembatan <i>Inverter</i> tiga <i>phase</i> , <i>microprocessor</i> , dan posisi <i>control</i> | 10 |
| Gambar 2.6 | Penempatan Sensor <i>Hall</i> Pada <i>Stator</i> | 11 |
| Gambar 2.7 | Urutan <i>switch</i> Q1-Q6..... | 13 |
| Gambar 2.8 | <i>Clamp</i> Meter (Tang Amper)..... | 15 |
| Gambar 2.9 | Mikrokontroler Atmega16..... | 16 |
| Gambar 2.10 | Susunan Kaki Mikrokontroler ATmega 16 | 17 |
| Gambar 2.11 | Diagram Blok Mikrokontroler ATmega16 | 19 |
| Gambar 2.12 | Proses pembangkitan sinyal | 20 |
| Gambar 2.13 | <i>Clear up</i> dan <i>clear down</i> | 21 |
| Gambar 2.14 | Sinyal PWM dengan variasi <i>dutycycle</i> | 22 |
| Gambar 3.1 | Diagram Alir..... | 25 |
| Gambar 3.2 | Blok Diagram Sistem Proteksi Arus Pada Mobil Listrik Berbasis Mikrokontroller ATmega16..... | 26 |
| Gambar 3.3 | Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroller ATmega 16..... | 27 |
| Gambar 3.4 | IC Optocoupler | 28 |
| Gambar 3.5 | Rangkaian <i>Driver</i> Motor <i>Brushless</i> | 29 |
| Gambar 3.6 | <i>Inverter</i> tiga Fasa..... | 30 |
| Gambar 3.7 | Rangkaian Kumparan Sensor Arus | 31 |
| Gambar 3.8 | Rangkaian <i>Op-Amp</i> Sensor Arus..... | 31 |
| Gambar 3.9 | Rangkaian Komparator Sensor Arus | 32 |
| Gambar 3.10 | Pembentuk Gelombang PWM..... | 32 |
| Gambar 3.11 | Skematik Rangkaian <i>Power Supply</i> | 33 |
| Gambar 3.12 | Sensor <i>Hall</i> | 33 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.1 | Keluaran Pembangkit Segitiga | 35 |
| Gambar 4.2 | Bentuk tegangan komparator pada <i>duty cycle</i> kecil | 37 |
| Gambar 4.3 | Bentuk tegangan komparator pada <i>duty cycle</i> besar..... | 38 |
| Gambar 4.4 | Respon Frekuensi Rangkaian <i>Driver</i> | 41 |
| Gambar 4.5 | Grafik hubungan <i>Dutycycle</i> (%) dengan Arus (I) pada frekuensi 16,46kHz | 42 |
| Gambar 4.6 | Grafik hubungan <i>Dutycycle</i> (%) dengan Arus (I) pada frekuensi 14,46kHz | 43 |
| Gambar 4.7 | Grafik hubungan <i>Dutycycle</i> (%) dengan Arus (I) pada frekuensi 11,74kHz | 43 |
| Gambar 4.8 | Grafik hubungan <i>Dutycycle</i> PWM dengan RPM pada frekuensi 16,46 kHz | 46 |
| Gambar 4.9 | Grafik hubungan <i>Dutycycle</i> PWM dengan RPM pada frekuensi 14,46 kHz | 46 |
| Gambar 4.10 | Grafik hubungan <i>Dutycycle</i> PWM dengan RPM pada frekuensi 11,74 kHz | 46 |
| Gambar 4.11 | Grafik hubungan <i>Dutycycle</i> (%) dan tegangan fasa motor pada frekuensi 16,46 kHz | 50 |
| Gambar 4.12 | Grafik hubungan <i>Dutycycle</i> (%) dan tegangan fasa motor pada frekuensi 14,46 kHz | 50 |
| Gambar 4.13 | Grafik hubungan <i>Dutycycle</i> (%) dan tegangan antar fasa pada frekuensi 11,74 kHz | 50 |
| Gambar 4.14 | Grafik Hasil Pengujian Sensor Arus..... | 52 |
| Gambar 4.15 | Potensiometer Komparator | 53 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Tabel Logika Kebenaran Sistem <i>Switching</i> Pada <i>Inverter</i> BLDC | 12 |
| Tabel 2.2 Penyederhanaan Menggunakan Peta Karnaugh | 14 |
| Tabel 4.1 Pengujian Rangkaian Digital | 34 |
| Tabel 4.2 Data Pembacaan Besar Arus Pada Motor | 42 |
| Table 4.3 Hasil Analisis Sinyal PWM | 44 |
| Table 4.4 Hubungan <i>Dutycycle</i> PWM dengan RPM | 45 |
| Tabel 4.5 Besar Tegangan Fasa Motor | 47 |
| Tabel 4.6 Pengujian Sensor Arus | 51 |
| Tabel 4.7 Hasil Tegangan Keluaran Komparator Terhadap Perubahan Sudut Potensio Komparator | 53 |
| Tabel 4.8 Pengujian Sistem Proteksi Arus | 55 |