

**PERANCANGAN PENGATURAN TEGANGAN AC SATU FASA
BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 32**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Menyelesaikan Program Diploma IV Teknik Elektro Industri*



Oleh:

RIO RICARDO

NIM/BP : 97526/2009

PROGRAM STUDI DIV TEKNIK ELEKTRO INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2015

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Judul : Perancangan Pengaturan Tegangan AC Satu Fasa Berbasis
Mikrokontroler ATmega 32

Nama : Rio Ricardo

BP / NIM : 2009 / 97526

Jurusan : Teknik Elektro

Program Studi : Teknik Elektro Industri (D IV)

Padang, 12 Februari 2015

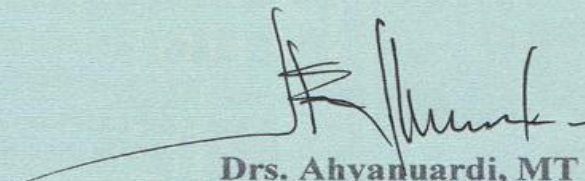
Disetujui Oleh :

Pembimbing I



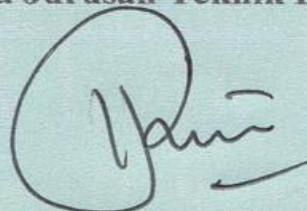
Dr. Ridwan, M.Sc, Ed
NIP. 19520116 197903 1 002

Pembimbing II



Drs. Ahyanuardi, MT
NIP. 19590105 198503 1 002

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Oriza Candra, ST, MT
NIP. 19721111 199903 1 002

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**Perancangan Pengaturan Tegangan AC Satu Fasa
Berbasis Mikrokontroller ATmega 32**

Oleh

Nama : Rio Ricardo
BP / NIM : 2009 / 97526
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Teknik Elektro Industri (D IV)

**Dinyatakan LULUS Setelah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang
Pada Tanggal 30 Januari 2015**

Dewan Penguji,

Nama

Tanda Tangan

- 1. Ketua** : Dr. Ridwan, M.Sc. Ed
- 2. Sekretaris** : Drs. Ahyanuardi, MT
- 3. Anggota** : Drs. H. Aslimeri, MT
- 4. Anggota** : Drs. H. Aswardi, MT
- 5. Anggota** : Oriza Candra, ST, MT





SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rio Ricardo
NIM/TM : 97526/2009
Program Studi : Teknik Elektro Industri
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul **“Perancangan Pengaturan Tegangan AC Satu Fasa Berbasis Mikrokontroller ATmega 32”** adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 12 Februari 2015

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Oriza Candra, ST, MT
NIP. 19721111 199903 1 002

Saya yang menyatakan,



Rio Ricardo
NIM/BP. 97526/2009

ABSTRAK

**Rio Ricardo (97526/2009) : Perancangan Pengaturan Tegangan
AC Satu Fasa Berbasis
Mikrokontroller ATmega 32**

Pembimbing I : Dr. Ridwan, M.Sc, Ed

Pembimbing II : Drs. Ahyanuardi, MT

Sistem pengaturan tegangan merupakan salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi penggunaan tegangan bagi penggunanya. Pada umumnya manusia menggunakan peralatan rumah tangga yang pengoperasiannya hanya langsung dari sumber listrik. Untuk itu dibuatlah tugas akhir yang penggunaan tegangannya dapat diatur dalam pengoperasian kerja peralatan rumah tangga. Peralatan rumah tangga yang dipilih untuk tugas akhir ini adalah lampu LED karena pengoperasian masih banyak yang menggunakan prinsip on-off dan sifatnya hemat energi.

Sistem pengontrolan ini menggunakan triac sebagai pengatur tegangan yang hasilnya dapat disesuaikan oleh pengguna. Sistem yang mengendalikan tegangan bolak – balik dengan mengatur waktu tunda pengaktifkannya. Waktu tunda aktif triac ditentukan oleh metode PWM dimana siklus tegangan atau *duty cycle* PWM dari variabel 0 % sampai 90 % ditentukan oleh mikrokontroler yang sebelumnya telah mengolah data dari pembacaan arus yang dihasilkan lampu oleh sensor arus.

Dari hasil pengujian sistem yang telah dirancang, diperoleh bahwa lampu dapat menerang dan meredup dengan variasi tegangan antara 5 volt sampai 197 volt yang dihasilkan *duty cycle* 10 % - 90 %. Untuk arus yang dihasilkan dengan variasi nilai 0,1 mA – 4,6 mA. Arus dapat disetting pemakaiannya untuk perbandingan dengan melakukan pergantian beban lampu. Sistem pengaturan ini dapat mengatur tegangan yang diinginkan dan mensetting arus yang dibatasi pemakaiannya.

Kata kunci : Lampu LED, Triac, Sensor Arus

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Perancangan Pengaturan Tegangan AC Satu Fasa Berbasis Mikrokontroler ATmega 32”**. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan Program Studi Diploma IV (D4), Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orangtua dan semua keluarga yang telah banyak berjasa dalam kemampuan baik moral maupun materil dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Ganefri, M.Pd, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Oriza Candra, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang sekaligus selaku dosen penguji Tugas Akhir.
4. Bapak Ali Basrah Pulungan, MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Drs. H. Aslimeri, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Industri Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang sekaligus selaku dosen penguji Tugas Akhir.

6. Bapak Dr. Ridwan, M.Sc, Ed selaku Pembimbing I dan Bapak Drs. Ahyanuardi, MT selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan bantuan kepada penulis sampai Tugas Akhir ini selesai.
7. Bapak Bapak Drs. H. Aswardi, MT selaku Dosen penguji Tugas Akhir yang telah bersedia memberikan kritikan dan saran bagi penulis.
8. Bapak/Ibu staf pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama masa studi.
9. Seluruh rekan-rekan seperjuangan pada Program Studi Teknik Elektro Industri Universitas Negeri Padang yang telah ikut serta memberikan masukan dan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kelemahan dan kekurangan dan penulis mengharapkan saran demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Padang, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	2
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah	3
E. Tujuan dan Manfaat.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Pendahuluan.....	5
B. Sistem Kendali	8
C. Pengendali Tegangan Bolak Balik	10
D. Rangkaian dan Komponen Pendukung	13
1. Rectifier.....	13
2. Mikrokontroler Atmega32	18
3. TRIAC	22
4. Optotriac MOC 3021	25
5. Sensor Arus	26
6. Relay	27
7. Buzzer	29
8. Metode Zero Crossing Detector	30
9. Teknik PWM.....	31

10. Teori Bahasa Pemograman	36
11. Flowchart	43

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

A. Diagram Blok Rangkaian	45
1. Penjelasan Blok.....	46
2. Prinsip Kerja Alat.....	48
B. Perancangan Konstruksi Mekanik.....	49
C. Perancangan Hardware	51
1. Perancangan Catu Daya	51
2. Perancangan Rangkaian Zero Crossing Detector	52
3. Perancangan Rangkaian Driver Triac	53
4. Perancangan Rangkaian Sensor Arus	54
5. Perancangan Rangkaian Buzzer	56
6. Perancangan Minimum Sistem Mikrokontroler Atmega32	57
7. Perancangan Rangkaian Keypad	58
8. Perancangan Rangkaian LCD.....	59
D. Pembuatan Alat	59
E. Flowchart	63

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Pengujian Rangkaian Elektronik	65
1. Hasil Pembuatan Tugas Akhir	66
2. Pengujian Rangkaian Catu Daya.....	67
3. Pengujian Rangkaian LCD	74
4. Pengujian Rangkaian Driver Triac dan Triac	75
5. Pengujian Sensor Arus	88
6. Pengujian Pengaturan Tegangan Terhadap Lampu LED	89

7. Pengujian Setting Arus.....	92
B. Analisa Pemograman.....	96
1. Program Bascom AVR.....	96

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan.....	101
B. Saran.....	102

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Gambar 2.1 Lampu LED.....	7
2. Gambar 2.2 Blok Diagram Sistem Kendali <i>Open Loop</i>	9
3. Gambar 2.3 Blok Diagram Sistem Kendali <i>Close Loop</i>	9
4. Gambar 2.4 Rangkaian Daya Pengendali Tegangan 1 Fasa	11
5. Gambar 2.5 Pengubah Tegangan AC Suplai Menggunakan Triacs	12
6. Gambar 2.6 Bentuk Gelombang Tegangan Dan Arus Keluaran Pengendali Tegangan 2 Arah	13
7. Gambar 2.7 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh	14
8. Gambar 2.8 Bentuk Input Gelombang Penyearah 1 Fasa	14
9. Gambar 2.9 Bentuk Output Gelombang Setengah Siklus Positif.....	15
10. Gambar 2.10 Bentuk Output Gelombang Setengah Siklus Negatif	15
11. Gambar 2.11 Bentuk Output Gelombang Penyearah 1 Fasa	15
12. Gambar 2.12 Rangkaian Penyearah Satu Fasa dengan Filter C	16
13. Gambar 2.13 Bentuk Gelombang Output Penyearah 1 Fasa Menggunakan Filter C	16
14. Gambar 2.14 (a) <i>Flash Program Memory</i> , (b) <i>Data Memory</i>	20
15. Gambar 2.15 Susunan Pin ATmega32.....	20
16. Gambar 2.16 Arsitektur Mikrokontroler ATmega32.....	21
17. Gambar 2.17 Simbol TRIAC	22

18. Gambar 2.18 Kurva Karakteristik TRIAC.....	23
19. Gambar 2.19 Kuadran Operasi TRIAC	24
20. Gambar 2.20 MOC 2021.....	25
21. Gambar 2.21 Pin Sensor Arus ACS712.....	26
22. Gambar 2.22 Relay	28
23. Gambar 2.23 Konstruksi Relay	28
24. Gambar 2.24 Simbol Buzzer	29
25. Gambar 2.25 Gelombang Hasil Zero Crossing Detector	30
26. Gambar 2.26 Gambar Sinyal PWM.....	31
27. Gambar 2.27 Gambar PWM Mode Phase Correct.....	33
28. Gambar 2.28 Gambar PWM Mode Fast	34
29. Gambar 3.1 Diagram Blok Perancangan Tugas Akhir	45
30. Gambar 3.2 Sketsa Box Tugas Akhir	50
31. Gambar 3.3 Box Tugas Akhir	50
32. Gambar 3.4 Rangkaian Sumber Tegangan Searah 5 Volt dan 12 Volt	52
33. Gambar 3.5 Rangkaian Zero Crossing Detector	53
34. Gambar 3.6 Rangkaian Driver Triac	54
35. Gambar 3.7 Rangkaian Sensor Arus.....	55
36. Gambar 3.8 Rangkaian Buzzer.....	56
37. Gambar 3.9 Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega 32	57

38. Gambar 3.10 Skematik Rangkaian Keypad	58
39. Gambar 3.11 Skematik Rangkaian LCD	59
40. Gambar 3.12 <i>Flowchart</i> Sistem Perancangan <i>Prototype EsP</i>	64
41. Gambar 4.1 Alat Tampak Luar.....	66
42. Gambar 4.2 Alat Tampak Atas	66
43. Gambar 4.3 Pengujian Catu Daya	67
44. Gambar 4.4 Gelombang Pada Trafo Sisi Sekunder.....	69
45. Gambar 4.5 Gelombang Pada Dioda	70
46. Gambar 4.6 Gelombang Filter C	71
47. Gambar 4.7 Gelombang pada LM7805	72
48. Gambar 4.8 Gelombang pada LM7812	73
49. Gambar 4.9 Tampilan LCD Tanpa Program.....	74
50. Gambar 4.10 Tampilan LCD Setelah diberi Program	74
51. Gambar 4.11 Rangkaian Driver Triac.....	76
52. Gambar 4.12 Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i>	76
53. Gambar 4.13 Sinyal Output Dengan Sudut Penyulutan 0°	77
54. Gambar 4.14 Sinyal Output Dengan Sudut Penyulutan 45°	78
55. Gambar 4.15 Sinyal Output Dengan Sudut Penyulutan 90°	79
56. Gambar 4.16 Sinyal Output Dengan Sudut Penyulutan 135°	79
57. Gambar 4.17 Sinyal Output Dengan Sudut Penyulutan 180°	80
58. Gambar 4.18 Teori Gelombang TRIAC	83
59. Gambar 4.19 Gelombang PWM Dengan Nilai <i>Duty Cycle</i> 0 %	84
60. Gambar 4.20 Gelombang PWM Dengan Nilai <i>Duty Cycle</i> 25 %	84

61. Gambar 4.21 Gelombang PWM Dengan Nilai <i>Duty Cycle</i> 50 %	84
62. Gambar 4.22 Gelombang PWM Dengan Nilai <i>Duty Cycle</i> 75 %	84
63. Gambar 4.23 Gelombang PWM Dengan Nilai <i>Duty Cycle</i> 100 %	85
64. Gambar 4.24 Tampilan Menu LCD.....	92
65. Gambar 4.25 Tampilan Memasukkan Nilai PWM.....	93
66. Gambar 4.26 Tampilan Memasukkan Nilai Arus.....	93
67. Gambar 4.27 Lampu Pijar 40 Watt Saat Kondisi Hidup	94
68. Gambar 4.28 Tampilan Overload atau Nilai Arus Maksimum	94
69. Gambar 4.29 Tampilan Nilai PWM dan Arus.....	95
70. Gambar 4.30 Tampilan Lampu 200 Watt Kondisi PWM Berkurang	96

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Tipe Data BASCOM	37
Tabel 2.2 <i>Flow Direction Symbols</i>	44
Tabel 2.3 <i>Processing Symbols</i>	44
Tabel 2.4 <i>Input-Output Symbols</i>	44
Tabel 4.1 Hasil pengujian rangkaian catu daya 5V	63
Tabel 4.2 Hasil pengujian rangkaian catu daya 12V	64
Tabel 4.3 Hasil pengukuran tegangan keluaran sensor terhadap perubahan arus yang terbaca.....	84
Tabel 4.4 Hasil Pengaturan Tegangan dengan beban 40 Watt.....	85
Tabel 4.5 Hasil Pengaturan Tegangan dengan beban 200 Watt.....	86

DAFTAR LAMPIRAN

1. Rangkaian Keseluruhan
2. Listing Program
3. Daftar Komponen
4. Spesifikasi Lampu LED
5. Data Sheet Mikrokontroler ATmega 32, Sensor Arus ACS 712, LM7805-7812, MOC3021
6. Surat Tugas Seminar dan Ujian Akhir

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada saat ini energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting dalam kehidupan manusia, dimana hampir semua aktifitas manusia berhubungan dengan energi listrik. Salah satunya penggunaan energi listrik yang banyak digunakan adalah untuk mengoperasikan peralatan-peralatan rumah tangga. Energi listrik berupa tegangan pada saat ini masih belum banyak yang memakai penggunaan tegangannya dapat diatur-atur untuk mengoperasikan peralatan rumah tangga. Untuk itu munculah ide agar pengoperasian peralatan rumah tangga yang menggunakan energi listrik berupa tegangan dapat bisa diatur tegangannya.

Salah satu cara untuk mengatur tegangan adalah dengan mikrokontroler yang banyak dijumpai di pasaran. Tegangan bolak balik yang diberikan PLN, pengaturan tegangannya dapat dilakukan dengan triac. Tegangan AC diatur dengan menunda waktu penyalaan pada triacnya. Proses penundaan waktu aktif triac ini dikendalikan dengan mikrokontroler melalui metode PWM. Untuk mengaplikasikan pengaturan tegangan ini penulis memilih lampu LED sebagai indikatornya dimana setiap perubahan tegangan yang dihasilkan bisa terlihat pada terang redupnya sebuah lampu LED. Alasan mengapa dipilihnya lampu LED adalah karena masih banyak pengoperasian lampu hanya berdasarkan prinsip on – off saja dan lampu ini mempunyai sifat hemat energi. Selain mengatur penerangan lampu,

diperlukan juga sistem yang bisa mengontrol atau membatasi arus listrik yang terpakai pada lampu. Untuk mewujudkan hal itu dapat dilakukan dengan mikrokontroller yang bisa mengontrol penggunaan arus pada saat pemakaian beban lampu yang ingin dirubah-rubah. Untuk mengontrol arus ini dapat digunakan sensor arus, yang mana penggunaan dari sensor arus bisa memberikan pengaruh kepada pengontrolan tegangan oleh mikrokontroller.

Maka dalam penelitian ini akan dibangun sebuah peralatan pengaturan tegangan dengan sistem perancangannya akan diatur atau dikontrol langsung oleh Mikrokontroller ATmega 32. Pengontrolan alat ini dimungkinkan dengan menggabungkan perangkat keras dan perangkat lunak.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis bermaksud untuk merancang sebuah Tugas Akhir berjudul **“Perancangan Pengaturan Tegangan AC Satu Fasa Berbasis Mikrokontroller ATmega 32”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, dapat diidentifikasi beberapa masalah yaitu :

1. Masih banyak peralatan rumah tangga yang pengoperasian hanya langsung dari sumber listrik.
2. Peralatan yang digunakan adalah lampu. Karena pengoperasiannya hanya menggunakan prinsip on-off tanpa mengatur tegangan yang masuk ke lampu tersebut.
3. Belum banyak pengguna peralatan rumah tangga yang memakai sistem yang bisa mengontrol penggunaan arus yang dihasilkannya.

C. Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang meluas dalam tugas akhir ini maka penulis membatasi permasalahan yang akan dibahas diantaranya adalah:

1. Perancangan tugas akhir ini menggunakan triac sebagai pengaturan tegangan yang waktu penyalanya dipicu oleh metode PWM yang dihasilkan mikrokontroller.
2. Pengendalian ini memanfaatkan sensor arus yang berfungsi sebagai pendeteksi arus terhadap lampu.
3. Perancangan pengendalian ini menggunakan mikrokontroler ATmega 32 yang berfungsi untuk mengolah sinyal yang diterima dari sensor kemudian akan dikirimkan ke output berupa led dan triac.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batas masalah, maka dapat dirumuskan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah bagaimana cara merancang peralatan pengaturan tegangan yang diatur oleh triac menggunakan sistem PWM dari mikrokontroller.

E. Tujuan

Tugas Akhir ini bertujuan untuk membuat peralatan yang mengatur tegangan bolak-balik menggunakan triac dengan menunda waktu penyalanya melalui mikrokontroller dan menggunakan sensor arus sebagai umpan balik pada pengontrolan oleh mikrokontroller.

F. Manfaat

1. Dapat mengoperasikan dan mengatur tegangan terhadap lampu led sesuai dengan kebutuhan.
2. Dapat mengetahui pemakaian arus yang telah mencapai nilai maksimum.
3. Meningkatkan efisiensi atau menghemat penggunaan energi listrik terhadap lampu led.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan hasil pengujian pada Perancangan Pengaturan Tegangan AC Satu Fasa Berbasis Mikrokontroller ATmega 32 maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaturan tegangan yang dibuat dapat menghasilkan dan mengendalikan tegangan terhadap lampu led.
2. Pengaturan tegangan dengan menggunakan triac ini disebabkan oleh penyalaaan waktu tunda truaac oleh mikrokontroller. Diperoleh bahwa lampu led dapat menerang dan meredup dengan variasi nilai *duty cycle* 10 % sampai 90 % yang menghasilkan tegangan antara 29 volt sampai 214 volt.
3. Arus yang dihasilkan menggunakan 2 buah lampu led dengan variasi nilai 0,1 mA – 46 mA. Hal ini disebabkan karena pergantian beban dan variasi nilai tegangan yang diberikan pada lampu led.

B. SARAN

Setelah dilakukan pengujian alat dan pembahasan hasil maka penulis menyarankan dalam pengembangan pembuatan alat ini kedepannya yaitu sebagai berikut:

1. Mengembangkan perancangan program (*software*) agar dihasilkan suatu sistem yang benar-benar lebih memiliki efektifitas yang lebih baik.
2. Disarankan untuk mengembangkan sistem pengontrol tegangan ini dapat ditambahkan dengan *monitoring* melalui jarak jauh seperti *handphone* dan *internet*.

DAFTAR PUSTAKA

- Datasheet AVR. www.alldatasheet.com diakses tanggal 05 Febuari 2014.
- Datasheet ACS712. www.allegromicro.com diakses tanggal 07 April 2014.
- Datasheet MOC3021. www.datasheetcatalog.com diakses tanggal 12 Juni 2014.
- Hasian, Budi. 2013. Pengenalan PWM (Online) (<http://budihasian.wordpress.com/2013/10/18/pengenalan-pwm-pulse-width-modulation/>) diakses tanggal 01 Juli 2014.
- Ardi Winoto. 2008. "Mikrokontroler AVR – Atmega8/32/16/8535 dan pemrogramanya dengan bahasa C pada WinAVR". Informatika: Bandung
- Aswardi. 2009. "Pengendali Tegangan Bolak-balik (*AC-AC Controller*). Universitas Negeri Padang: Padang
- Hakim, Lukmanul. 2011. "Rancang Bangun Sistem Pengaturan Penerangan Ruangan Berbasis Mikrokontroler". *Proyek Akhir*. ITS: Surabaya.
- Rashid, Muhammad. 1999. *Elektronika Daya*. Jakarta: Prenhallindo.
- Universitas Negeri Padang. 2011. *Buku Panduan Penulisan Tugas Akhir/Skripsi*. Padang : Universitas Negeri Padang.