

**RANCANG BANGUN MULTILEVEL INVERTER SATU FASA  
BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 8535**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan  
Program Sains Terapan (D4) Teknik Elektro industri jurusan Teknik Elektro*



**RIGA ELITA RAMADANI  
NIM 2009 / 98832**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2015**

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Rancang Bangun Multilevel Inverter Satu Fasa Berbasis  
Mikrokontroler ATmega 8535

Nama : Riga Elita Ramadani

Nim/Bp : 98832/2009

Program Studi : Teknik Elektro Industri

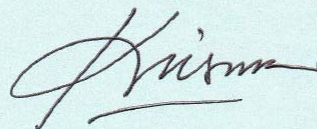
Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Padang, Maret 2015

Disetujui Oleh:

Pembimbing I,



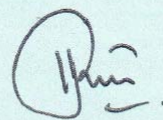
Dr. Krismadinata, ST, MT  
NIP. 19770911 200012 1001

Pembimbing II,



Mrs. Hamjali, M.Kes  
NIP. 19620508 198703 1004

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Elektro FT UNP



Oriza Candra, S.T, M.T  
NIP. 19721111 199903 1 002

**HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

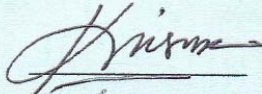

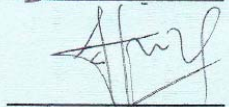
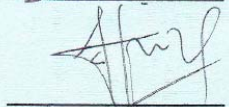
**Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi D4 Teknik Elektro Industri Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang**

**Rancang Bangun Multilevel Inverter Satu Fasa Berbasis Mikrokontroler ATMega 8535**

**Nama : Riga Elita Ramadani**  
**BP/NIM : 2009/98832**  
**Program Studi : Teknik Elektro Industri (D4)**  
**Jurusan : Teknik Elektro**  
**Fakultas : Teknik**

**Padang, 05 Februari 2015**

**Tim Penguji :**

	<b>Nama</b>	<b>Tanda Tangan</b>
<b>Ketua</b>	<b>: Dr. Krismadinata, ST, MT</b>	
<b>Sekretaris</b>	<b>: Drs. Hambali, M.Kes</b>	
<b>Anggota</b>	<b>: Drs. Aslimeri, MT</b>	
<b>Anggota</b>	<b>: Irma Husnaini, ST, MT</b>	



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**  
Jl. Prof. Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang 25171  
Fax (0751) 705644 e-mail: info@ft.unp.ac.id



**SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Riga Elita Ramadani  
NIM/TM : 98832 / 2009  
Program Studi : Teknik Elektro Industri (D4)  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul **“Rancang Bangun Multilevel Inverter Satu Fasa Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535”** 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 Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

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

Diketahui oleh,

Ketua Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Padang

**Oriza Candra, M.T**  
NIP. 19721111 199903 1 002

Saya yang menyatakan,



**Riga Elita Ramadani**  
NIM/BP. 98832/2009

## ABSTRAK

**Riga Elita Ramadani: (98832/2009): Rancang Bangun *Multilevel Inverter* Satu Fasa lima *level* Berbasis Mikrokontroler AT Mega 8535**

**Pembimbing I : Krismadinata, S.T, Ph.d**

**Pembimbing II : Drs. H. Hambali, M.Kes**

Tugas akhir ini dilatarbelakangi oleh nilai THD inverter satu fasa biasa yang sangat tinggi sehingga dapat menyebabkan kerugian pada beberapa komponen listrik seperti transformator, maka untuk mengurangi nilai THD itu maka dibuat inverter yang bertingkat dengan menggunakan metode cascade yang disebut multilevel inverter.

Multilevel inverter merupakan inverter yang disusun secara bertingkat. Pada tugas akhir ini inverter yang dibuat adalah lima level yang terdiri dari delapan mosfet berjenis IRF 840 sebagai switching, optocouple A3120 sebagai pengendali mosfet serta mikrokontroler AT mega 8535 dengan menggunakan bahasa pemrograman code vision avr sebagai pengatur sinyal picu mosfet.

Pada pengujian tugas akhir ini, rangkain multilevel inverter satu fasa lima level setelah dibebani dengan beban rl dan lampu memiliki nilai THD yang cukup kecil dibandingkan dengan inverter satu fasa biasa yaitu 18%.

**Kata kunci: Inverter Satu fasa, Multilevel Inverter, AT Mega 8535, Harmonisa, Mosfet**

## 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 “ **Rancang Bangun Multilevel Inverter Satu Fasa Berbasis Mikrokontroler**”. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan Program Studi Diploma IV (D4).

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Krismadinata, S.T, Ph.D selaku Pembimbing I dan Bapak Drs. Hambali, M.kes selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan bantuan kepada penulis sampai Tugas Akhir ini selesai. Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Syahril, M.SCE, Ph.D Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Oriza Candra, S.T, M.T, Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Ali Basrah Pulungan, MT, Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Drs. Aslimeri, MT, Ketua Program Studi Teknik Elektro Industri (D4) dan pengarah dan penguji dalam Tugas Akhir ini.
5. Bapak Drs.Aswardi, M.T, pengarah dan penguji dalam Tugas Akhir ini.
6. Ibu Irma Husnani, S.T, M.T, pengarah dan penguji dalam Tugas Akhir ini.
7. Bapak Drs. Hambali, M.Kes, pengarah dan penguji dalam Tugas Akhir ini.

Bapak/Ibu staf pengajar Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama masa studi.

8. Kedua orang tua dan saudaraku yang telah memberikan dorongan, do'a, dan semangat serta kasih sayangnya kepada penulis.

9. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNP, khususnya Program Studi Teknik Elektro Industri (D4) Universitas Negeri Padang angkatan 2008.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin

Padang, Maret 2015

**Penulis**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>BAB I . PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Perumusan Masalah .....	4
E. Tujuan .....	4
F. Manfaat.....	4
<b>BAB II. LANDASAN TEORI</b>	
A. <i>Inverter</i> Satu Fasa .....	6
B. Multilevel Inverter .....	9
1. <i>Diode Clamped Multilevel Inverter</i> .....	11
2. <i>Flying Capacitor Inverter</i> .....	12
3. <i>Cascaded H-Bridge Inverter</i> .....	13
C. Harmonics.....	17
D. <i>General Harmonics Indices</i> .....	17
E. <i>Deret Fourier</i> .....	19
F. Mosfet.....	24
G. Transformator.....	29
H. Mikrokontroler.....	31
I. Bahasa Pemrograman Atmega 8535.....	38

### **BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

A. Perancangan Umum.....	47
1. Blok Diagram.....	47
2. Prinsip Kerja.....	53
B. Perancangan <i>Hardware</i> .....	53
C. Perancangan <i>Software</i> .....	55

### **BAB IV. PEGUJIAN DAN ANALISA**

A. Instrumen Pengujian Alat.....	59
B. Langkah Pengujian.....	59
C. Pengujian Dan Hasil Pengukuran.....	60
1. Rangkaian Penyearah.....	60
2. Rangkaian Catu Daya Driver.....	61
3. Rangkaian Catu Daya Mikrokontroler ATmega 8535.....	62
4. Rangkaian Driver Mosfet.....	64
5. Rangkaian Inverter Satu Fasa.....	71
6. Rangkaian Multilevel Inverter Satu Fasa.....	74
D. Analisa Pemograman.....	81

### **BAB V. PENUTUP**

A. Kesimpulan.....	83
B. Saran.....	83

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Inverter Satu Fasa.....	6
Gambar 2.	Inverter Satu Fasa Jembatan Setengah.....	7
Gambar 3.	Inverter Satu Fasa Jembatan Penuh.....	7
Gambar 4.	Gelombang Kotak.....	8
Gambar 5.	Gelombang Sinus Modifikasi1.....	9
Gambar 6.	Gelombang sinus.....	9
Gambar 7.	<i>Diode Clamped</i> Multilevel Inverter lima level.....	12
Gambar 8.	<i>Flying Capacitor Inverter</i> .....	13
Gambar 9.	Inverter Satu Fasa.....	14
Gambar 10.	Keluaran Setiap Mosfet Inverter Satu Fasa.....	14
Gambar 11.	<i>Cascade H-Bridge Inverter</i> 5 level.....	15
Gambar 12.	Keluaran Setiap Mosfet.....	16
Gambar 13.	<i>Depletion Mode</i> Mosfet.....	25
Gambar 14.	a) D-Mosfet Dengan Gerbang Negatif b) D- Mosfet Dengan Gerbang Positif.....	26
Gambar 15.	Enhancement Mode Mosfet.....	26
Gambar 16.	Grafik E-Mosfet.....	28
Gambar 17.	Konstruksi Dasar Transformator.....	30
Gambar 18.	Blok Diagram ATMega 8535.....	33
Gambar 19.	Konfigurasi Pin ATMega 8535 .....	34
Gambar 20.	Memori Program Dan Memori Data AVR Atmega 8535.....	36
Gambar 21.	Lambang Code Vision AVR.....	40
Gambar 22.	Tampilan Utama Code Vision AVR.....	41

Gamabr 23. Membuat File Baru.....	41
Gambar 24. Konvermasi Membuat File .....	42
Gambar 25. Pengisian Mikrokontroler Yang Dipakai.....	42
Gambar 26. Pengisian Port .....	43
Gambar 27. Blok Diagram.....	48
Gambar 28. Rangkaian Penyearah.....	49
Gambar 29. Rangkaian Catu Daya Mikrokontroler ATmega 8535 .....	50
Gambar 30. Rangkaian Catu Daya Driver.....	50
Gambar 31. Rangkaian Driver Mosfet.....	51
Gambar 32. Rangkaian Cascade Inverter Satu Fasa Lima Level.....	52
Gambar 33. Perancangan Box Inverter Satu Fasa .....	54
Gambar 34. Flowchart Program .....	57
Gambar 35. Rangkaian Catu Daya Mosfet.....	60
Gambar 35. Rangkaian Catu Daya Driver.....	61
Gambar 36. Rangkaian Catu Daya Mikrokontroler ATmega 8535 .....	62
Gambar 37. Sinyal 1 Simulasi.....	65
Gambar 38. Sinyal 2 Simulasi.....	65
Gambar 39. Sinyal 3 Simulasi.....	65
Gambar 40. Sinyal 4 Simulasi .....	66
Gambar 41. Sinyal 5 Simulasi .....	66
Gambar 42. Sinyal 3 Simulasi .....	66
Gambar 43. Sinyal 7 Simulasi .....	67
Gambar 44. Sinyal 8 Simulasi .....	67
Gambar 45. Multilevel Inverer Satu Fasa Lima Level Simulasi .....	67
Gambar 46. THD Psim Simulasi .....	68
Gambar 47. Sinyal 1,2,3,4 Percobaan.....	68

Gambar 48. Sinyal 5,6,7,8 Percobaan.....	70
Gambar 59. Rangkaian Inverter Satu Fasa .....	71
Gambar 50. Keluaran Inverter satu Fasa .....	72
Gambar 51. Gelombang Keluaran Inverter Satu Fasa Beserta Harmonik Tegangan .....	72
Gambar 52. Gelombang Keluaran Inverter Satu Fasa Beserta Harmonik Arus .....	73
Gambar 53. Gelombang Keluaran Inverter Satu Fasa Beserta Harmonik Daya.....	73
Gambar 54. Nilai Dari Indikator Pengukuran Inverter .....	74
Gambar 55. Rangkaian Inverter Satu Fasa Lima Level.....	75
Gambar 56. Gelombang Keluaran Inverter Satu Fasa Lima Level .....	76
Gambar 57. Gelombang Keluaran Multilevel Inverter Satu Fasa Lima Level Beserta Harmonik Tegangan .....	76
Gambar 58. Gelombang Keluaran Multilevel Inverter Satu Fasa Lima Level Beserta Harmonik Arus .....	77
Gambar 59. Gelombang Keluaran Multilevel Inverter Satu Fasa Lima Level Beserta Harmonik Arus .....	77
Gambar 60. Nilai Dari Indikator Multilevel Inverter Satu Fasa lima Level.....	78

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pengukuran Pada Rangkaian Penyearah .....	61
Tabel 2. Pengukuran Pada Rangkaian Mikrokontroler ATmega 8535.....	64
Tabel 3. Hasil Pengukuran Inverter Satu Fasa .....	72
Tabel 4. Pengukuran Multilevel Inverter .....	75
Tabel 5. Perbandingan Nilai THD.....	81

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Pada saat ini kebutuhan energi listrik sangatlah besar, karena kalau tidak ada listrik maka kegiatan manusia akan sangat terganggu. Semakin bertambahnya umat manusia maka pasokan listrik semakin besar, sehingga harus ada energi cadangan baru. Untuk itu dibutuhkan penyedia daya listrik yang mampu mencukupi pasokan listrik para konsumen.

Salah satunya energi *alternative* itu adalah dengan menggunakan panel surya. Dalam pengoperasiannya panel surya membutuhkan inverter yang memiliki nilai harmonisa yang kecil. Namun inverter yang biasa dijual di pasaran umum nya memiliki nilai harmonisa yang besar.

Inverter itu sendiri adalah alat yang berguna mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Selain untuk panel surya inverter juga digunakan untuk, Pengendalian motor ac, UPS, Catu daya ac, Panel surya, *Ballast elektronik, Microwave heating, Static VAR generators, FACTS (Flexible AC Transmission System)*, Filter daya aktif, Penyearah

Namun kebanyakan inverter satu fasa biasa yang dijual di pasar memiliki harmonisa yang sangat besar hingga 48.38%. Apabila inverter satu fasa dipasang maka akan terjadi harmonisa yang lebih besar. Adapun penyebab dari harmonisa itu adalah distorsi periodik dari gelombang sinus tegangan, arus atau daya dengan bentuk gelombang yang frekuensinya

merupakan kelipatan diluar bilangan satu terhadap frekuensi fundamental pada mana sistem suplai dirancang beroperasi (frekuensi 50 Hz).

Dengan tingginya nilai harmonisa dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listri. Akibat dari tingginya harmonisa

1. Pada transformator berupa susut listrik bertambah, daya mampu menurun dan umur ekonomis menurun.
2. pada motor listrik berupa pemanasan berlebih, adanya tambahan stress termal, terjadi pulsasi pada putaran dan umur ekonomis menurun.
3. pada *Capacitor Bank* berupa terjadinya resonansi (seri dan paralel) harmonisa dengan *Capacitor Bank* sehingga dapat menyebabkan beban lebih dan gagal bekerja, distorsi tegangan menambah rugi dielektrik, menambah stress termal pada isolasi dan mengurangi umur ekonomis.
4. Pada penghantar jaringan berupa susut listrik bertambah, kenaikan jatuh tegangan, stress dielektrik meningkat dan mengurangi umur ekonomis.
5. Pada alat ukur berupa terjadinya kesalahan pengukuran pada kWh meter elektromekanis.
6. Pada sistem tenaga berupa arus netral naik (harmonisa orde kelipatan ke 3), tegangan sentuh peralatan bertambah sehingga membahayakan bagi operator.

Untuk meminimalisir hilai harmonisa tersebut maka dirancang alat yang sistem kerjanya sama dengan inverter yang disebut multilevel inverter. Multilevel inverter itu sendiri adalah beberapa buah inverter yang dipasang secara seri. Dalam tugas akhir ini multilevel inverter tersebut dibuat lima level, yang terdiri dari delapan buah mosfet disusun secara *cascade* yang memiliki dua buah sumber dc. Dalam pembuatan tugas akhir ini gelombang yang dihasilkan adalah gelombang quasi sinus yaitu gelombang kotak.

Untuk menghasilkan gelombang quasi sinus maka sudut penyalanya harus diatur. Untuk mengatur sudut penyalan pada driver mosfet maka digunakan mikrokontroler ATmega 8535. Mikrokontroler ATmega 8535 yang pada setiap portnya memiliki memiliki 8 pin sehingga cocok untuk multilevel ini karena sudut penyalan yang harus diatur pada multilevel inverter satu fasa lima level adalah 8 mosfet, sehingga setiap mosfet harus diatur sudut penyalanya. Sistem pengaturan mosfet pada mikrokontroler ini adalah sistem on off.

## **B. Identifikasi Masalah**

Dalam penjabaran diatas terdapat beberapa masalah yang dapat diidentifikasi

1. Inverter di pasaran saat ini memiliki nilai THD yang tinggi yaitu 48%
2. Pengaturan sudut penyalan masih menggunakan potensiometer
3. Gelombang keluaran yang dihasilkan oleh inverter biasa tidak berbentuk *quasi sinus*

### **C. Batasan Masalah**

Masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah

1. Membuat multilevel inverter satu fasa lima tingkat
2. Mengatur sudut penyalan setiap mosfet menggunakan mikrokontroler ATmega 8535
3. Menghasilkan keluaran dari multilevel inverter satu fasa lima tingkat bentuk quasi sinus dengan nilai harmonisa yang kecil.

### **D. Perumusan Masalah**

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah bagaimana membuat multilevel inverter satu fasa lima tingkat berbasis mikrokontroler Atmega 8535.

### **E. Tujuan**

Tujuan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah membuat multilevel inverter satu fasa lima tingkat sehingga menghasilkan tegangan keluaran berbentuk quasi sinus yang memiliki nilai harmonisa yang lebih kecil dari inverter biasa dengan kisaran dibawah 20%.

### **F. Manfaat**

Alat yang dibuat dalam tugas akhir ini diharapkan dapat dimanfaatkan pada berbagai peralatan yang berhubungan dengan kelistrikan sehingga harmonisa yang dihasilkan akan lebih kecil sehingga tidak banyak terjadi kerugian secara ekonomis maupun pada sistem yang ada, serta dapat dimanfaatkan pada peralatan energi terbarukan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. KESIMPULAN**

Berdasarkan dari hasil simulasi, percobaan dan teori pada tugas akhir ini maka dapat disimpulkan

1. Multilevel inverter satu fasa lima level memiliki thd yang lebih kecil dari pada inverter satu fasa biasa yaitu 18.65% sedangkan inverter biasa 41.76%.
2. Keluaran gelombang dari multilevel inverter satu fasa yang dirancang berbentuk *quasi sinus*
3. Nilai THD yang dihasilkan multilevel inverter satu fasa dibawah 20%

#### **B. SARAN**

Dalam pembuatan tugas akhir ini masih memiliki kekurangan maka untuk kelanjutannya dapat disarankan

1. Pada rangkaian driver sebaiknya dibuat driver yg memiliki satu catu daya dan satu trafo untuk semua driver.
2. Pada rangkaian ini tegangan masih rendah sebaiknya untuk tugas akhir berikutnya dapat menggunakan tegangan yang lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arrilaga, Jos dan Neville, R. Watson. 2003. *Power System Harmonic Second Edition*. England: Wiley.
- Bogdan M. Wilamowski. 2011. *Power Electronic dan Motor induksi*. Taylor and Francis Group, Francis
- [http://www.atmel.com/AVR-microcontrollerATmega8535\\_L\\_datasheet.pdf](http://www.atmel.com/AVR-microcontrollerATmega8535_L_datasheet.pdf). diakses 23 Desember 2013.
- <http://elektronika-dasar.web.id/artikel-elektronika/inverter-dc-ke-ac/>. diakses 23 Desember 2013
- Jogiyanto, HM. 2002. *Intisari Elektronika*. Jakarta: Elex Media Computindo.
- Nurchahyo, Sidik. 2012. *Aplikasi dan Teknik Pemrograman: Mikrokontroler AVR Atmel*. Yogyakarta: Andi.
- Rahmadhani, Andri. 2007. *Tutorial Pemrograman Mikrokontroler AVR (Bagian I)*. Bandung: Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fisika ITB.
- Setiawan, Afrie. 2011. *Mikrokontroler ATmega8535 & Atmega 16 Menggunakan BASCOM-AVR*. Yogyakarta: Andi.
- Suryadiman, Moh. 2008. *Analisis Pengaruh UPS Terhadap Kinerja Perangkat Komputer*.