



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**PROYEK AKHIR**

**RANCANG BANGUN UPS  
UNTUK BEBAN (900VA)  
BERBASIS MIKROKONTROLLER**

**Lexi Yustisia**  
**NRP. 7307.040.020**

**Dosen Pembimbing :**

**Ir. Joke Pratilastiarso, MT**  
**NIP. 19620920.198803.1.002**

**Endro Wahjono, S.ST, MT**  
**NIP. 19681109.199103.1.012**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO INDUSTRI  
POLITEKNIK ELEKTRONIKA NEGERI SURABAYA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2011**

PROYEK AKHIR



**RANCANG BANGUN UPS  
UNTUK BEBAN (900VA)  
BERBASIS MIKROKONTROLLER**

**Lexi Yustisia**  
**NRP. 7307.040.020**

**Dosen Pembimbing :**

**Ir. Joke Pratilastiarso, MT**  
**NIP. 19620920.198803.1.002**

**Endro Wahjono, S.ST, MT**  
**NIP. 19681109.199103.1.012**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO INDUSTRI  
POLITEKNIK ELEKTRONIKA NEGERI SURABAYA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2011**

**RANCANG BANGUN UPS PADA BEBAN (990VA)  
BERBASIS MIKROKONTROLLER**

**Oleh :**

**Lexi Yustisia**

**NRP. 7307.040.020**

**Proyek Akhir ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan (S.ST)  
di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Disetujui Oleh :**

**Tim Penguji Proyek Akhir :**

**Dosen Pembimbing :**

1. **Ainur Rofiq Nansur, ST, MT**  
**NIP. 19640713.198903.1.005**

1. **Ir. Joke Pratilastiarso, MT**  
**NIP.19620920.198803.1 002**

2. **Ir. Anang Tjahjono, MT**  
**NIP.19641119.198803.1.001**

2. **Endro Wahjono, S.ST, MT**  
**NIP.19681109.199103.1.012**

3. **Ir. Hendik Eko Hadi, S, MT**  
**NIP. 19621122.198701.1.001**

**Surabaya, 25 Juli 2011**  
**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Teknik Elektro**  
**Industri**

**Ainur Rofiq Nansur, ST. MT**  
**NIP. 19640713.198903.1.005**

## ABSTRAK

*Banyak pemadaman listrik dilakukan di daerah – daerah secara bergilir. Pemadaman listrik ini dilakukan karena kapasitas beban sudah melebihi kapasitas yang telah ditentukan. Kebutuhan energi listrik untuk mensupply peralatan elektronik semakin meningkat. Namun energi listrik yang disalurkan oleh PLN kepada konsumen tidak selamanya berjalan dengan baik, sewaktu – waktu bisa padam. Maka perlu diupayakan sumber energi listrik alternatif. Dalam proyek akhir ini Uninterruptible Power Supply (UPS) yang berbasis mikrokontroler dimanfaatkan sebagai catu daya peralatan elektronik supaya dapat bekerja dalam kondisi sumber energi listrik dari PLN padam. Dalam UPS digunakan peralatan penyearah yang berupa bridge rectifier bertujuan untuk menyearahkan tegangan AC menjadi tegangan DC. Kemudian keluaran dari rectifier digunakan sebagai masukan dari buck konverter I yang bertujuan menurunkan tegangan yang semula 220Vdc menjadi 100Vdc dan diturunkan lagi oleh buck konverter II menjadi 55Vdc untuk mencharger 4 buah accu 12Vdc. Kemudian terdapat rangkaian boost konverter untuk menaikkan tegangan yang masukannya dari accu 48Vdc dengan keluaran 110Vdc dan terdapat rangkaian inverter yang digunakan untuk merubah tegangan DC menjadi tegangan AC, yang kemudian dari outputan inverter terhubung trafo step up yang berfungsi untuk menaikkan tegangan masukan sebesar 110V dan keluaran sebesar 220V menjadi tegangan rumah tangga dan dengan daya 900VA.*

***Kata kunci : UPS, Buck konverter, Boost konverter, Inverter, Trafo Step Up***

## ABSTRACT

*Many electric extinction in area by have innings. This electric extinction because the load capacity already exceeds the capacity that has been determined. Electrical energy needs to supply electronic equipment is increasing. But the electrical energy supplied by PLN to consumers do not always go well, at any time – could extinction. Then necessary that the electrical energy source alternative. In this final project Uninterruptible Power Supply (UPS) based microcontroller is used as the power supply of electronic equipment in order to work in conditions of energy sources of PLN extinction. In the UPS be used equipment in the form of bridge rectifier rectifier which aims to be is unidirectional from AC voltage into DC voltage. Then the output of the rectifier is used as the input of the buck converter I which was originally aimed at lowering the voltage 220Vdc to 100Vdc and lowered again by the buck converter II into 4 pieces mencharger 55Vdc to 12Vdc batteries. Then there is a boost converter circuit to increase the input voltage of 48Vdc batteries with output of 110Vdc and there is a series of inverters used to convert DC voltage into AC voltage, then the inverter is connected outputan step up transformer that serves to raise the voltage of 110V and output enter for into household 220V voltage and power 900VA*

**Keywords: UPS, Buck Converter, Boost Converter, Inverter, Trafo Step Up**

## DAFTAR ISI

|   |     |
|---|-----|
| HALAMAN JUDUL.....                          | i   |
| LEMBAR PENGESAHAN.....                      | ii  |
| ABSTRAK.....                                | iii |
| ABSTRACT.....                               | iv  |
| KATA PENGANTAR.....                         | v   |
| UCAPAN TERIMA KASIH.....                    | vi  |
| DAFTAR ISI.....                             | vii |
| DAFTAR TABEL.....                           | x   |
| DAFTAR GAMBAR.....                          | xi  |
| <br>  |     |
| BAB I PENDAHULUAN.....                      | 1   |
| 1.1. Latar Belakang.....                    | 1   |
| 1.2. Tujuan.....                            | 2   |
| 1.2.1. Tujuan Umum.....                     | 2   |
| 1.2.2. Tujuan Khusus.....                   | 2   |
| 1.3. Perumusan Masalah.....                 | 2   |
| 1.4. Metodologi.....                        | 3   |
| 1.4.1. Study Literatur.....                 | 3   |
| 1.4.2. Perancangan Sistem.....              | 3   |
| 1.4.3. Perencanaan Perangkat Lunak.....     | 4   |
| 1.4.4. Pembuatan dan Pengukuran Sistem..... | 4   |
| 1.4.5. Integrasi dan Pengujian Sistem.....  | 4   |
| 1.4.6. Eksperimen dan Analisa Sistem.....   | 5   |
| 1.4.7. Konfigurasi Sistem.....              | 6   |
| 1.4.8. Relevansi.....                       | 6   |
| 1.5. Sistematika Penulisan.....             | 7   |
| 1.6. Tinjauan Pustaka.....                  | 8   |
| <br>  |     |
| BAB II TEORI PENUNJANG.....                 | 9   |
| 2.1. Rangkaian Penyearah.....               | 9   |
| 2.2. Pulse Width Modulation (PWM).....      | 11  |

|  |    |
|--|----|
| 2.3. Optocoupler .....                               | 12 |
| 2.4. Totem-pole drive circuit .....                  | 13 |
| 2.5. Insulated Gate Bipolar Transistors (IGBT) ..... | 14 |
| 2.6. Boost Konverter .....                           | 16 |
| 2.6.1. Prinsip Kerja Step-Up.....                    | 16 |
| 2.6.2. Prinsip Kerja Boost Konverter .....           | 18 |
| 2.7. Desain Induktor .....                           | 23 |
| 2.7.1. Maximum Flux Density .....                    | 25 |
| 2.7.2. Induktansi.....                               | 26 |
| 2.7.3. Winding Area .....                            | 26 |
| 2.7.4. Winding Resistance.....                       | 27 |
| 2.7.5. The Core Geometrical Constant $K_g$ .....     | 28 |
| 2.8. Inverter .....                                  | 30 |
| 2.8.1. Half Bridge Inverter (Single Phase) .....     | 31 |
| 2.8.1. Full Bridge Inverter (Single Phase).....      | 32 |
| 2.9. Charger Otomatis .....                          | 34 |
| 2.10. Mikrokontroler ATMega 16.....                  | 36 |
| 2.10.1. Konfigurasi Pin ATMega 16 .....              | 37 |
| 2.10.2. Blok Diagram ATMega 16.....                  | 39 |
| 2.10.3. Timer/Counter .....                          | 41 |
| 2.10.3.1. Timer/Counter 0 .....                      | 41 |
| 2.10.3.2. Timer/Counter 1 .....                      | 41 |
| 2.10.3.3. Code Vision AVR 1.25.3<br>Standard.....    | 42 |
| 2.10.3.4. Pembangkitan PWM.....                      | 44 |
| 2.11. Battery / Accu .....                           | 45 |
| 2.12. Transformator.....                             | 47 |
| 2.12.1. Prinsip Dasar Transformator .....            | 47 |
| 2.13. Buck Konverter .....                           | 49 |

### BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN

|  |    |
|--|----|
| PERANGKAT KERAS.....                           | 51 |
| 3.1. Blok Diagram Sistem .....                 | 51 |
| 3.2. Perencanaan dan Pembuatan Rectifier ..... | 52 |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.3. Perhitungan daya untuk buck converter I.....  | 55        |
| 3.4. Perhitungan daya untuk buck converter II..... | 60        |
| 3.5. Perencanaan dan Pembuatan Boost Converter     | 64        |
| 3.6. Perencanaan dan Pembuatan Inverter.....       | 69        |
| 3.7. Perencanaan dan Pembuatan Trafo Step Up ...   | 71        |
| <br>   |           |
| <b>BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA.....</b>           | <b>75</b> |
| 4.1. Pengujian Rectifier .....                     | 76        |
| 4.2. Pengujian Buck Konverter dan Penyulutannya    | 77        |
| 4.2.1. Buck Konverter I.....                       | 77        |
| 4.2.2. Pengujian Buck Konverter I.....             | 78        |
| 4.2.3. Buck Konverter II .....                     | 79        |
| 4.2.4. Pengujian Buck Konverter II.....            | 80        |
| 4.3. Pengujian Charger .....                       | 81        |
| 4.4. Pengujian Boost Konverter .....               | 82        |
| 4.5. Pengujian Inverter .....                      | 83        |
| 4.6. Pengujian Trafo Step Up.....                  | 85        |
| 4.7. Pengujian Integrasi Keseluruhan.....          | 86        |
| 4.7.1. Pengujian Integrasi Charger.....            | 86        |
| 4.7.2. Pengujian Integrasi Penggunaan UPS ...      | 87        |
| <br>   |           |
| <b>BAB V PENUTUP</b>                               |           |
| 5.1. Kesimpulan .....                              | 89        |
| 5.2. Saran.....                                    | 89        |

## DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR TABEL

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Tabel 4.1 | Data pengujian Rectifier dengan beban 2 buah lampu pijar 100W/220V yang dipasang secara parallel.....                | 77 |
| Tabel 4.2 | Menunjukkan data pengujian buck converter I dengan beban 2 buah lampu pijar 100W/220V yang dipasang secara parallel  | 79 |
| Tabel 4.3 | Menunjukkan data pengujian buck converter II dengan beban 2 buah lampu pijar 100W/220V yang dipasang secara parallel | 80 |
| Tabel 4.4 | Penunjukkan data pada saat mencharger 4 accu.....  | 81 |
| Tabel 4.5 | Penunjukkan data pada Boost Converter dengan beban 2 lampu pijar 100W/220V yang dipasang secara parallel .....       | 83 |
| Tabel 4.6 | Penunjukkan data pada Inverter dengan beban 2 lampu pijar 250W/220V yang dipasang secara parallel .....              | 84 |
| Tabel 4.7 | Penunjukkan data pada trafo dengan beban motor 1 fasa 138W/220V .....  | 85 |
| Tabel 4.8 | Penunjukkan data pada integrasi charger .....  | 86 |
| Tabel 4.9 | Penunjukkan data pada integrasi UPS .....  | 87 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1.1 Rangkaian Kontroller .....   | 3  |
| Gambar 5.1 Flowchart tahap-tahap pengerjaan proyek<br>akhir.....                              | 5  |
| Gambar 7.1 Perancangan Sistem.....  | 6  |
| Gambar 2.1 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh ..   | 9  |
| Gambar 2.2 Gelombang Keluaran yang Disearahkan....  | 9  |
| Gambar 2.3 Rangkaian Bridge Rectifier dengan Filter<br>C.....                                 | 10 |
| Gambar 2.4 Gelombang Keluaran dengan Filter .....   | 10 |
| Gambar 2.5 Rangkaian PWM .....  | 11 |
| Gambar 2.6 Gelombang Pulsa Keluaran PWM.....  | 12 |
| Gambar 2.7 Rangkaian Dasar Optocoupler .....  | 12 |
| Gambar 2.8 Rangkaian Totempole.....   | 13 |
| Gambar 2.9 (a) Structure IGBT dengan Rangkaian<br>Ekuivalennya, (b) Simbol IGBT .....         | 14 |
| Gambar 2.10 Karakteristik Volt-Ampere IGBT<br>(POWEREX IPM CM-150TU-12H)<br>;(600V,150A)..... | 15 |
| Gambar 2.11 Rangkaian Ekivalen Susunan Step – up .  | 16 |
| Gambar 2.12 Diagram Rangkaian .....   | 17 |
| Gambar 2.13 Rangkaian Ekivalen.....   | 17 |
| Gambar 2.14 Bentuk Gelombang Arus .....   | 18 |
| Gambar 2.15 Rangkaian Dasar Boost Konverter .....   | 19 |
| Gambar 2.16 Rangkaian Ekivalen Mode 1.....  | 19 |
| Gambar 2.17 Rangkaian Ekivalen Mode 2.....  | 20 |
| Gambar 2.18 Bentuk Gelombang Tegangan dan Arus<br>Beban .....                                 | 20 |
| Gambar 2.19 Rangkaian ekivalen induktor .....   | 23 |
| Gambar 2.20 Bentuk ekivalen induktor.....   | 25 |
| Gambar 2.21 Rangkaian ekivalen magnetic .....   | 25 |
| Gambar 2.22 Winding area .....  | 27 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.23 Half Bridge Inverter.....   | 31 |
| Gambar 2.24 Full Bridge Inverter Satu fasa.....   | 32 |
| Gambar 2.25 Bentuk Tegangan Keluaran Inverter<br>Gelombang Kotak .....  | 32 |
| Gambar2.26 Rangkaian Charger Otomatis.....  | 34 |
| Gambar2.27 Data Komponen Charger Otomatis.....  | 36 |
| Gambar 2.28 Mikrokontroller ATMega16 .....  | 38 |
| Gambar 2.29 Blok Diagram Mikrokontroller<br>ATMega16.....   | 39 |
| Gambar 2.30 Code Vision AVR 1.25.3.....   | 42 |
| Gambar 2.31 Dialog Box untuk Membuat Project Baru   | 43 |
| Gambar 2.32 Blok Penginisialisasian Program .....   | 43 |
| Gambar 2.33 Bagian Penulisan Program.....   | 44 |
| Gambar 2.34 Hubungan antara Thigh dan Tlow .....  | 45 |
| Gambar 2.35 Transformator .....   | 47 |
| Gambar 2.36 Buck Converter .....  | 49 |
| Gambar 2.37 mosfet mode-on kondisi mode 1.....  | 50 |
| Gambar 2.38 mosfet mode-off kondisi mode 2 .....  | 50 |
| Gambar 3.1 Blok diagram sistem keseluruhan .....  | 51 |
| Gambar 3.2 Rangkaian Rectifier .....  | 52 |
| Gambar 3.3 Rangkaian Simulasi Rectifier .....   | 54 |
| Gambar 3.4 Rangkaian dasar buck converter .....   | 55 |
| Gambar 3.5 Simulasi rangkaian buck converter I .....  | 57 |
| Gambar 3.6 Simulasi rangkaian buck konverter .....  | 61 |
| Gambar 3.7 Rangkaian simulasi Boost Konverter .....   | 69 |
| Gambar 3.8 Gambar Rangkaian Simulasi Inverter.....  | 70 |
| Gambar 4.1 Hardware rectifier.....  | 76 |
| Gambar 4.2 Bentuk gelombang keluaran rectifier<br>dengan inputan tegangan 150 V<br>(Volt/div= 50Volt, Time/div =1mS) .....              | 76 |
| Gambar 4.3 Gelombang PWM 40KHz keluaran dari<br>driver buck converter (Volt/div= 5Volt,<br>Time/div =5 $\mu$ S) dengan duty cycle 30%.. | 78 |
| Gambar 4.4 Hardware Buck Konverter I.....   | 78 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 4.5 Gelombang PWM 40KHz keluaran dari driver buck converter (Volt/div= 5Volt, Time/div =5 $\mu$ S) dengan duty cycle 30%..  | 79 |
| Gambar 4.6 Hardware Buck Converter II .....  | 80 |
| Gambar 4.7 Accu pada saat mencharger .....   | 81 |
| Gambar 4.8 Gelombang PWM 40KHz keluaran dari driver boost converter (Volt/div= 5Volt, Time/div =5 $\mu$ S) dengan duty cycle 30%.. | 82 |
| Gambar 4.9 Hardware Boost Converter .....  | 82 |
| Gambar 4.10 Hardware Inverter .....  | 83 |
| Gambar 4.11 Gelombang pulsa keluaran drive inverter 1 phas (Volt/div=5 Volt, Time/div =5mS).....                                   | 84 |
| Gambar 4.12 Hardware Trafo.....  | 85 |
| Gambar 4.13 Hardware UPS .....   | 86 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. LATAR BELAKANG**

Dengan bertambahnya kebutuhan manusia maka teknologi juga akan semakin berkembang. Fenomena ini akan semakin memacu konsumsi energi listrik. Setiap kebutuhan manusia banyak menggunakan peralatan - peralatan elektrik yang lebih praktis dan efisien, sehingga semakin tinggi tingkat konsumsi energi listrik maka pihak PLN (Pembangkit Listrik Negara) sebagai penyedia energi listrik dan sebagai pengelola energi kelistrikan nasional memiliki kewajiban memenuhi kebutuhan energi listrik nasional yang semakin tahun semakin meningkat. Hal tersebut maka pihak PLN sering melakukan pemadaman listrik secara bergilir. Pemadaman listrik ini dilakukan karena kapasitas beban sudah melebihi kapasitas yang telah ditentukan, sehingga pembangkit listrik yang ada tidak mencukupi. Pemadaman listrik yang dilakukan secara tiba – tiba akan menyebabkan peralatan elektronika menjadi cepat rusak dan pekerjaan (data) yang kita kerjakan akan hilang.

Untuk mengantisipasi terjadinya pemadaman listrik secara tiba – tiba dibutuhkan suatu sumber energi seperti UPS (Uninterruptible Power Supply) yang dapat mensupply peralatan elektronika apabila ada gangguan pemadaman energi listrik.

Di dalam UPS terdapat rectifier untuk merubah tegangan AC to DC, dan terdapat pula buck konverter, buck konverter ini yang memegang peranan penting untuk mencharger battery, dan outputan battery disambungkan dengan boost konverter, setelah itu terdapat inverter untuk merubah tegangan DC to AC, dari output battery yang kemudian disambungkan ke trafo step up untuk menaikkan tegangan dari 110Vac ke 220Vac yang kemudian ke beban.

Dengan berkembangnya teknologi UPS, maka alat tersebut diharapkan mampu memberikan tegangan regulasi yang baik serta mampu memberikan arus yang cukup kepada beban. Dengan demikian bila terjadi pemadaman listrik secara tiba – tiba, peralatan elektronik tidak mudah rusak dan masih dapat aktif selama beberapa saat.

## 1.2. TUJUAN

Adapun tujuan yang dicapai dalam Proyek Akhir ini ada dua, yaitu :

### 1.2.1 Tujuan Umum

Sebagai syarat kelulusan di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – ITS untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan (SST).

### 1.2.2 Tujuan Khusus

- Merancang UPS yang dapat menjaga nilai keluaran yang tetap.
- Memahami konsep perancangan dan aplikasi dari pembuatan sistem *Battery Charger*, yang sumbernya berasal dari PLN sebagai sumber energi untuk pengisian accu yang diaplikasikan sebagai supply energi untuk mensuplai beban 900VA.

## 1.3. PERUMUSAN MASALAH

Batasan masalah yang perlu dibahas dalam persiapan Proyek Akhir ini adalah :

- Mengatur keluaran buck konverter pada saat mencharger battery.

- Mengatur switch pada tegangan keluaran UPS, sehingga supply dari PLN dan battery tidak bersamaan ke beban.
- Mengatur duty cycle PWM pada setiap konverter.
- Batasan dari proyek akhir dibatasi bahwa keluaran UPS ini hanya dapat menghasilkan tegangan keluaran konstan sebesar 220Vac. dan daya keluaran maksimumnya dibatasi sebesar 900VA. Selain itu tugas akhir saya ini dirancang mencharge accu selama 12 jam dan dapat mensupply beban selama 1 jam.

## 1.4. METODOLOGI

Untuk mencapai tujuan proyek akhir ini maka ditempuh langkah-langkah sebagai berikut:

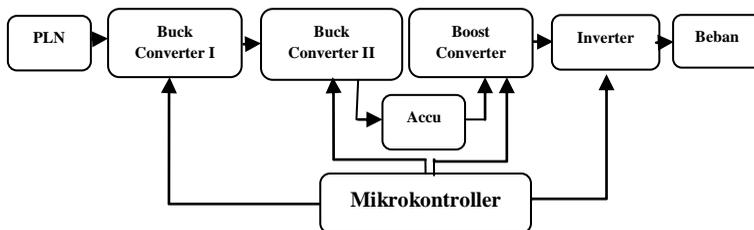
### 1.4.1 Studi Literatur

Studi literatur ini merupakan pengumpulan data-data serta dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian proyek akhir, diantaranya mikrokontroler, rangkaian rectifier, IGBT, desain buck konverter, desain boost konverter, rangkaian battery charger, rangkaian inverter, dan mendesain trafo step up.

### 1.4.2 Perencanaan Sistem

Pada pembuatan proyek akhir ini menggunakan perancangan sistem meliputi :

#### 1.4.2.1 Kontroller



**Gambar 2.1.1 Rangkaian Kontroller**

Rangkaian controller di sini mikrokontroler berfungsi untuk menyulut drive pada rangkaian buck konverter, boost konverter dan inverter.

### **1.4.3 Perancangan Perangkat Lunak**

Dalam proyek akhir ini desain perangkat lunak yang digunakan adalah mikrokontroler AT-Mega 16. Perancangan mikrokontroler ini digunakan sebagai kontrol PWM dari buck konverter, boost konverter, dan inverter dengan memanfaatkan frekuensi switching yang sesuai dengan performance dari AT Mega 16. Mikrokontroler ini nantinya juga akan terhubung pada potensio yang digunakan sebagai kontrol PWM pada modul UPS ini.

### **1.4.4 Pembuatan dan Pengukuran/Pengujian Perangkat Sistem**

Dari hasil perancangan, dilakukan realisasi/pembuatan baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Serta dilakukan pengukuran/pengujian kinerja masing-masing bagian (sub-sistem) dilakukan integrasi.

### **1.4.5 Integrasi dan Pengujian Sistem**

Dari hasil perancangan, dilakukan realisasi/pembuatan baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Dan diadakan pengukuran/pengujian masing-masing bagian (sub-sistem) dari perangkat-perangkat tersebut sebelum dilakukan integrasi. Untuk mengetahui semua sistem yang telah dirancang sesuai dengan hasil yang diharapkan, dilakukan integrasi terhadap masing-masing perangkat.

Secara detail tahap-tahap pengerjaan proyek akhir ini terlihat pada flowchart berikut :



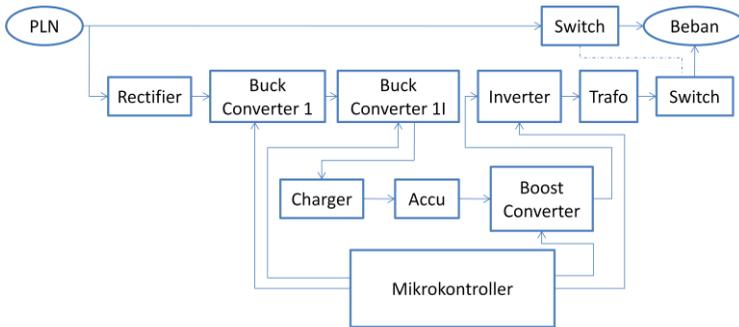
*Gambar 5.1 Flowchart tahap-tahap pengerjaan proyek akhir*

#### **1.4.6 Eksperimen dan Analisa Sistem**

Pada bagian ini setelah dilakukan beberapa pengujian dan perbaikan sistem, diperoleh sistem yang memiliki unjuk kerja yang diinginkan. Dengan demikian, modul praktikum elektronika daya ini dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang diinginkan. Jika masih terdapat kekurangan maka kekurangan tersebut akan dianalisa kembali. Sistem yang sudah sempurna tetap akan dilihat unjuk kerjanya, yang kemudian dari sistem tersebut akan dianalisa untuk dijadikan sebuah buku Proyek Akhir.

### 1.4.7 KONFIGURASI SISTEM

Sistem terdiri dari rangkaian AC to DC dengan filter, rangkaian buck konverter, rangkaian boost konverter, rangkaian inverter, serta rangkaian sistem mikrokontroler dan trafo step up. Penggunaan mikrokontroler sebagai kontrol driver. Dan sebagai control PWM diharapkan dapat menghasilkan proses switching dari rangkaian UPS, konfigurasi sistem seperti pada Gambar 7.1



**Gambar 7.1 Perancangan Sistem**

### 1.4.8 RELEVANSI

Hasil yang diharapkan dari proyek akhir ini adalah dapat dihasilkan modul UPS dengan back up tegangan 900 VA yang memiliki kinerja bagus, andal dan akurat sesuai dengan yang diharapkan.

## **1.5. SISTEMATIKA PENULISAN**

Sistematika pembahasa dari Proyek Akhir ini secara berurutan dijabarkan sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan membahas tentang hal – hal yang melatar belakangi pemilihan judul, tujuan dari Proyek Akhir, batasan masalah, sistematika penulisan, serta tinjauan pustaka.

### **BAB II TEORI PENUNJANG**

Pada bab ini membahas tentang pengenalan terhadap fullwave rectifier, buck konverter, charger, accumulator (battery), boost konverter, rangkaian inverter, dan trafo step up yang digunakan sebagai parameter peralatan dari UPS.

### **BAB III PERENCANAAN DAN PERANCANGAN SISTEM**

Bab ini membahas tahap perencanaan dan proses pembuatan perangkat keras Proyek Akhir.

### **BAB IV PENGUJIAN DAN HASIL**

Bab ini membahas secara keseluruhan dari sistem dan dilakukan pengujian serta analisa pada setiap percobaan perangkat keras. Mengintegrasikan seluruh sistem dan pengujian, kemudian berdasarkan data hasil pengujian dan dilakukan analisa terhadap keseluruhan sistem.

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini membahas kesimpulan dari pembahasan, perencanaan, pengujian dan analisa berdasarkan data hasil pengujian sistem. Untuk meningkatkan hasil akhir yang lebih baik diberikan saran-saran terhadap hasil pembuatan Proyek Akhir.

## 1.6. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian dan pengembangan teknologi perubahan daya, terutama pada tipe switching masih terus berlangsung dengan aktif sampai saat ini. Hal tersebut bervariasi dari yang bertujuan untuk menghasilkan teknik yang lebih meningkatkan efisiensi, investigasi pengolahan daya yang dapat mengurangi daya yang hilang (power loss) pada komponen switch, penelitian berbagai macam aplikasi sistem pengubah daya seperti UPS, sampai pada pencarian alternatif penggunaan komponen switch yang cepat sehingga dapat meningkatkan kecepatan frekuensi switching. Untuk itu perlu adanya buku dan makalah – makalah yang membahas tentang konverter demi memperbaiki kemampuan konverter dan parameter rangkaian lain yang menjadi peranan penting dalam sistem UPS.

Dari buku Tugas Akhir Atim Novianto tahun 2008, yang berjudul Rancang Bangun UPS Normally On Berbasis Mikrokontroler. (Sub Judul : Rangkaian UPS). Pada buku ini berisi tentang penggunaan UPS untuk mengantisipasi terjadinya pemadaman listrik secara tiba – tiba pada peralatan listrik. Buku itu menerangkan bahwa buck konverter yang disupply dari PLN (yang telah disearahkan) untuk mencharger accu 12 Volt. Sedangkan PWM sebagai driver dan Buck konverter untuk mengatur besar tegangan output ke accu. Sedangkan pada proyek akhir saya, UPS dapat mensupply beban 900VA yang di kontrol dengan mikrokontroler.

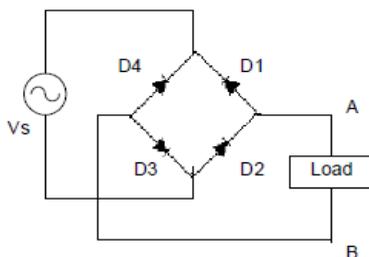
## BAB II

### TEORI PENUNJANG

#### 2.1 Rangkaian Penyearah

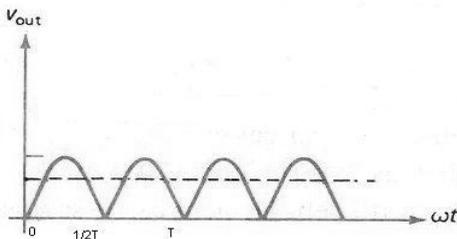
Rangkaian penyearah adalah rangkaian yang mengubah tegangan bolak balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Terdapat beberapa jenis rangkaian penyearah, yang masing-masing jenis memberikan hasil keluaran yang berbeda-beda terhadap bentuk tegangan DC yang keluar. Perbandingan tegangan DC yang keluar terhadap tegangan AC yang ikut serta pada hasil keluarannya dinamakan faktor ripel (riak).

Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan menggunakan rangkaian jembatan (Bridge Rectifier) dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah



**Gambar 2.1** Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh

Bentuk gelombang yang terjadi pada terminal keluaran Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh dapat dilihat pada Gambar 2.2

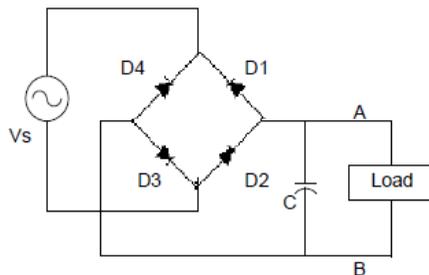


**Gambar 2.2** Gelombang Keluaran yang Disearahkan

<sup>1,2</sup> Irfan Defri Rahmansyah, "Desain Overload Relai Yang Dapat Diubah Karakteristiknya (Hardware)", Proyek Akhir, 2007, hal.19

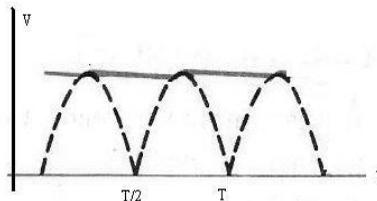
Terbentuknya tegangan dari penyearah gelombang penuh dengan menggunakan rangkaian jembatan ini, dapat dijelaskan dengan memperhatikan gambar diatas bahwa pada siklus setengah positif yaitu 0 sampai dengan  $T/2$ , diode 1 dan diode 3 dalam keadaan kondisi ON dan menghasilkan setengah siklus gelombang. Pada saat setengah siklus negatif yaitu dari  $T/2$  sampai dengan  $T$ , maka diode 2 dan diode 4 akan konduksi dan menghasilkan setengah siklus gelombang. Gelombang yang terjadi adalah positif karena titik A adalah 0 dan titik B adalah positif. Pada penyearah gelombang penuh ini, memiliki ripple yang lebih kecil dibandingkan dengan bentuk gelombang keluaran penyearah setengah gelombang.

Penggunaan filter yang dimaksud adalah rangkaian yang berfungsi untuk mengurangi faktor ripple yang terjadi pada suatu rangkaian penyearah. Kapasitor yang dihubungkan secara paralel pada terminal keluaran penyearah seperti Gambar 2.3 berikut:



**Gambar 2.3** Rangkaian Bridge Rectifier dengan Filter C

Bentuk gelombang yang terjadi pada terminal keluaran Rangkaian Bridge Rectifier dengan filter C dapat dilihat pada Gambar 2.4

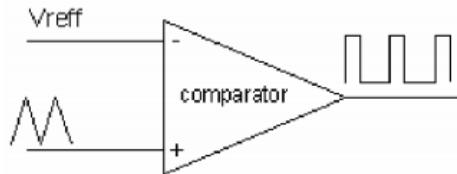


**Gambar 2.4** Gelombang Keluaran dengan Filter

Pada keadaan  $0 < t < T/2$  dioda konduksi dan kapasitor terisi muatan. Pada saat  $T/2 < t < T$  dioda off dan kapasitor akan membuang (discharge). Selanjutnya, pada saat  $T/2 = t$  dioda on dan kapasitor kembali mengisi muatan. Semakin kecil nilai  $f$  pada kapasitor, semakin cepat kapasitor membuang muatan pada beban sehingga apabila kita menginginkan tegangan keluaran pada DC supply memiliki ripel yang kecil sebaiknya kita memasang kondensator yang nilainya memungkinkan untuk memperlambat discharge sehingga dengan demikian ripel tegangan DC akan semakin berkurang.

## 2.2 Pulse Width Modulation ( PWM )

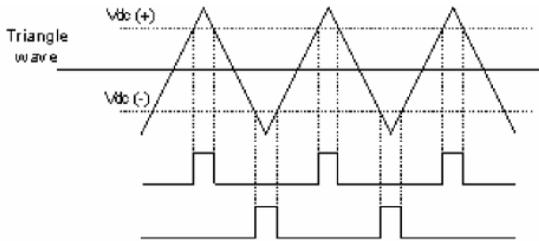
PWM merupakan pulsa yang mempunyai lebar pulsa (*duty cycle*) yang dapat diubah-ubah. Pada Gambar 2.5 merupakan proses pembuatan PWM yang terdiri dari gelombang segitiga, tegangan referensi dan komparator. Komparator merupakan piranti yang digunakan untuk membandingkan dua buah sinyal masukan. Dua sinyal masukan yang dibandingkan adalah gelombang segitiga dengan tegangan referensi yaitu tegangan DC.



**Gambar 2.5** Rangkaian PWM

Pada Gambar 2.6 adalah hasil perbandingan gelombang segitiga dengan tegangan DC yang menghasilkan gelombang kotak dengan lebar pulsa yang dapat diatur. Pengaturan lebar pulsa dapat dilakukan dengan cara mengubah-ubah nilai tegangan DC referensi.

<sup>1,2</sup> Lidia Dwi Yuliani, "Rancang Bangun AC-DC Battery Charger Pada Penyediaan Daya Cadangan Rumah Tangga", Proyek Akhir, 2007, hal.5

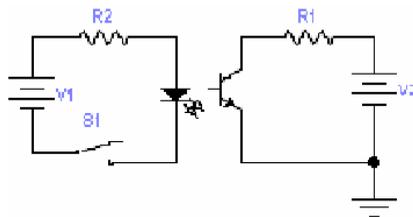


**Gambar 2.6** Gelombang Pulsa Keluaran PWM

Apabila menginginkan gelombang kotak yang mempunyai waktu ON dan OFF berkebalikan maka diperlukan tegangan DC referensi yang negatif. Untuk memperoleh tegangan DC negative adalah dengan memasukkan tegangan DC positif ke rangkaian pembalik (*inverting*).

### 2.3 Optocoupler

*Optocoupler* atau optotransistor merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu on-off. Opto berarti *optic* dan coupler berarti pemicu. Sehingga bisa diartikan bahwa optocoupler merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan pemicu cahaya optic. Optocoupler termasuk dalam sensor, yang terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*. Dasar rangkaian optocoupler ditunjukkan pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Rangkaian Dasar Optocoupler

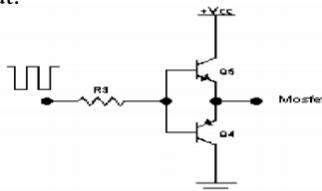
<sup>3</sup> *Ibid* hal.15

Bagian pemancar atau *transmitter* dibangun dari sebuah infra led merah untuk mendapatkan ketahanan yang lebih baik terhadap sinar tampak dari pada menggunakan led biasa. Sensor ini bisa digunakan sebagai isolator dari rangkaian tegangan rendah ke rangkaian bertegangan tinggi, selain itu juga bisa dipakai sebagai pendeteksi terhadap penghalang antara transmitter dan receiver dengan memberikan ruang uji dibagian tengah antara led dan phototransistor. Penggunaan seperti ini bisa diterapkan untuk mendeteksi putaran motor atau mendeteksi lubang penanda pada disk drive komputer. Penggunaan optocoupler tergantung pada kebutuhan. Ada berbagai macam tipe dan jenis, diantaranya 4N25, 4N26, TLP 250 dan lain-lain.

Salah satu yang terpenting dari aplikasi phototransistor adalah photocoupler (optocoupler). Optocoupler biasa digunakan pada rangkaian elektronik yang diisolasi dari rangkaian lain, sehingga disebut juga photoisolator. Hanya cahaya yang menghubungkan rangkaian masukan ke rangkaian keluaran.

## 2.4 Totem-pole drive circuit

Sudah menjadi hal yang sangat penting untuk dapat mengurangi atau meminimalkan *power losses* pada switching elektronik (*electronic switching*) pada saat mendesain suatu rangkaian elektronika daya. *Switch losses* terjadi karena terdapat perubahan dari kondisi *high* ke kondisi *low* secara cepat. Drive citcuit MOSFET / IGBT harus dapat dengan cepat memberikan arus dan membuang arus pada saat berada pada switching frekuensi tinggi. Rangkaian yang sangat cocok untuk digunakan sebagai drive circuit pada MOSFET/IGBT adalah yang dinamakan “*totem-pole*”, yang terdiri dari transistor NPN dan PNP seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8 berikut:



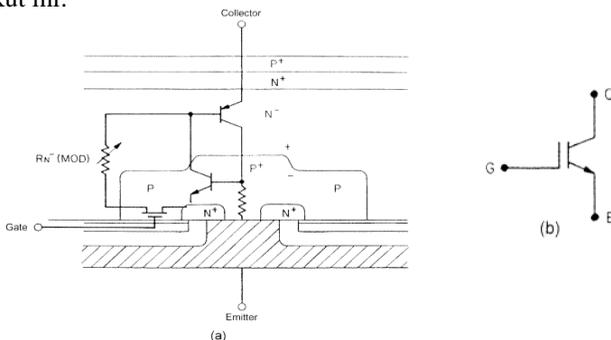
**Gambar 2.8** Rangkaian Totempole

<sup>3</sup> *Ibid hal.16*

## 2.5 Insulated Gate Bipolar Transistors (IGBT)

Pengenalan dari insulated gate bipolar transistors (IGBTs) pada pertengahan tahun 1980-an telah menjadi bagian penting dari sejarah peralatan power semikonduktor. IGBT menjadi peralatan yang sangat populer dalam power elektronik dengan sampai medium power (beberapa kW sampai MWs) dan menyebar luas dalam aplikasi dc/ac driver dan sistem power supply. Sebuah IGBT pada dasarnya adalah hybrid MOS gate turn on/off bipolar transistor yang merupakan gabungan dari keunggulan MOSFET dan BJT.

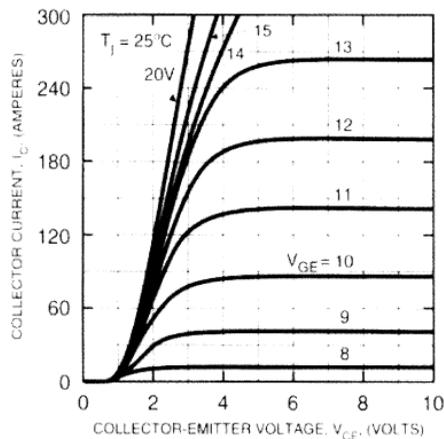
Arsitektur dasar dari IGBT hampir sama dengan MOSFET kecuali adanya penambahan layer P+ pada collector di atas layer drain N+ dari MOSFET. Peralatan ini memiliki impedansi input yang tinggi dari MOSFET, tetapi karakteristik konduksi seperti BJT. Jika gate adalah positif dengan respect ke emitter, sebuah N-channel diinduksikan pada daerah P. Ini di forward-biaskan pada base-emitter junction dari P-N-P transistor., menjadikan on dan menyebabkan modulasi konduktivitas pada daerah N-, memberikan reduksi signifikan pada drop over konduksi pada MOSFET itu. Struktur IGBT dengan rangkaian ekuivalennya ditunjukkan Gambar 2.9(a) sedangkan symbol dari IGBT ditunjukkan Gambar 2.9(b) berikut ini:



**Gambar 2.9** (a) Structure IGBT dengan Rangkaian Ekuivalennya, (b) Simbol IGBT

Pada kondisi ON, driver MOSFET dalam rangkaian ekuivalen dari IGBT kebanyakan membawa arus terminal total. Perilaku pengunci seperti pada thyristor disebabkan oleh parasitic N-P-N transistor dicegah dengan mengurangi dengan cukup resistivitas dari layer P+ dan membelokkan sebagian besar dari arus yang mengalir ke MOSFET. IGBT di turn off –kan dengan mereduksi gate tegangan menjadi nol atau negatif, dengan menutup konduktansi channel pada daerah P. Peralatan ini memiliki density arus yang lebih tinggi daripada BJT ataupun MOSFET. Input kapasitansi ( $C_{iss}$ ) dari IGBT lebih signifikan daripada MOSFET. Serta, perbandingan dari gate-collector kapasitansi ke gate-emitter kapasitansi lebih rendah, memberikan peningkatan effect feedback Miller.

Gambar 2.10 menunjukkan Volt-Ampere karakteristik dari sebuah IGBT yang mendekati daerah saturasi, yang mengindikasikan seperti karakteristik BJT. Modern IGBT menggunakan trench-gate teknologi untuk mengurangi drop konduksi yang lebih jauh. Peralatan ini tidak menunjukkan beberapa detik karakteristik breakdown dari BJT dan square SOA dibatasi thermalnya seperti MOSFET. Oleh karena itu, sebuah IGBT converter dapat didesain dengan atau tanpa snubber.



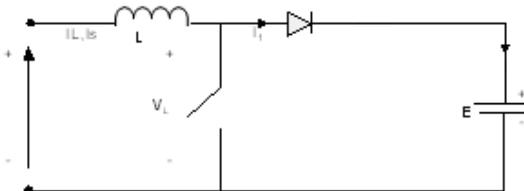
**Gambar 2.10** Karakteristik Volt-Ampere IGBT (POWEREX IPM CM-150TU-12H) ;(600V,150A)

## 2.6 Boost Konverter

Pada beberapa aplikasi industri, diperlukan peralatan yang dapat mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi tegangan DC yang bersifat variabel yaitu menggunakan DC chopper dan biasa disebut DC ke DC. DC chopper dapat digunakan sebagai regulator mode pensaklaran untuk mengubah tegangan DC, yang tidak teregulasi menjadi tegangan DC yang teregulasi. Regulasi tidak biasa dicapai melalui pengaturan PWM pada frekuensi tertentu dan devais pensaklaran menggunakan BJT, MOSFET, atau IGBT. Salah satu jenis topologi dasar pensaklaran yaitu Boost. Prinsip kerja boost dapat diklasifikasikan ke dalam prinsip kerja DC Chopper step up, tegangan keluaran dari boost selalu lebih besar dari tegangan masukan.

### 2.6.1 Prinsip Kerja Step-Up

Prinsip kerja boost adalah sesuai dengan prinsip kerja dari step-up DC chopper. Susunan kerja untuk operasi step-up ditunjukkan pada Gambar 2.11. Apabila saklar SW ditutup selama waktu  $t_1$ , arus induktor menjadi naik dan energi disimpan pada induktor L. Apabila saklar dibuka selama waktu  $t_2$ , energi yang tersimpan pada induktor akan dipindahkan ke beban melalui dioda  $D_1$  dan arus induktor menjadi jatuh.

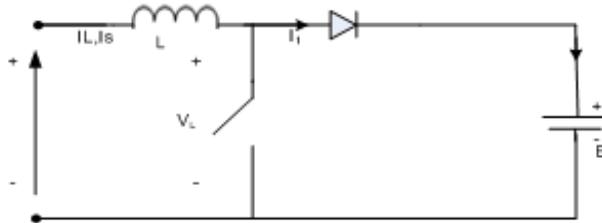


**Gambar 2.11** Rangkaian Ekvivalen Susunan Step – up

Prinsip ini dapat diaplikasikan untuk mengubah energi dari satu sumber tegangan ke tegangan lain dengan nilai magnitude yang berbeda. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.12

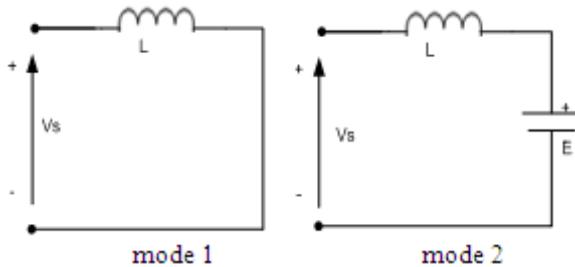
<sup>8</sup> Muhammad H. Rhasid, "POWER ELECTRONICS: CIRCUITS, DEVICE, AND APPLICATIONS, 2<sup>ND</sup> ED.", PT Prenhallindo, Jakarta, 1999 hal. 242

<sup>9</sup> Ibid hal. 243



**Gambar 2.12** Diagram Rangkaian

Rangkaian ekivalen untuk mode-mode operasi dtunjukkan pada Gambar 2.13.



**Gambar 2.13** Rangkaian Ekivalen

A) Mode 1 :

Ketika saklar di on-kan arus mengalir melalui induktor sebesar:

$$V_L = L \frac{di}{dt} \quad (2.1)$$

Dan dan dinyatakan sebagai :

$$i(t) = \frac{V_s}{L} t + I_1 \quad (2.2)$$

Dengan  $I_1$  adalah arus mula untuk mode 1. selama mode 1, arus mengalir dan kondisi yang penting adalah :

$$\frac{di}{dt} > 0 \text{ untuk } V_s > 0 \quad (2.3)$$

## B) Mode 2

Ketika saklar di off-kan arus mengalir melalui induktor sebesar:

$$V_s = L \frac{di_2}{dt} + E \quad i_2(t) = \frac{V_s - E}{L} t + I_2 \quad (2.4)$$

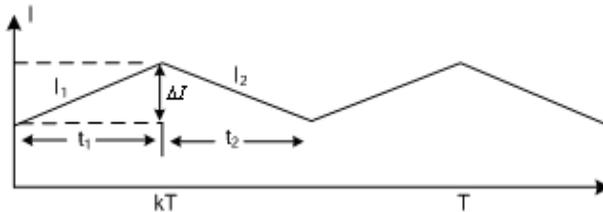
Dengan  $I_2$  adalah arus mula saat mode 2 dan sistem stabil bila arus turun dan memenuhi kondisi :

$$\frac{di_2}{dt} < 0 \text{ untuk } V_s < E \quad (2.5)$$

Bila kondisi tersebut tidak terpenuhi maka arus induktor akan tetap naik maka kondisi pemindahan stabil bila :

$$0 < V_s < E$$

Gambar 2.14 menunjukkan bentuk gelombang arus dari boost converter saat mode 1 maupun mode 2:



**Gambar 2.14** Bentuk Gelombang Arus<sup>1</sup>

Berdasarkan mode 1 dan mode 2 dapat disimpulkan bahwa apabila chopper di on-kan energi dipindahkan dari sumber  $V_s$  ke induktor  $L$ . Apabila chopper di off-kan maka sejumlah energi yang tersimpan dalam induktor dipindahkan ke baterai  $E$ .

### 2.6.2 Prinsip Kerja Boost Konverter

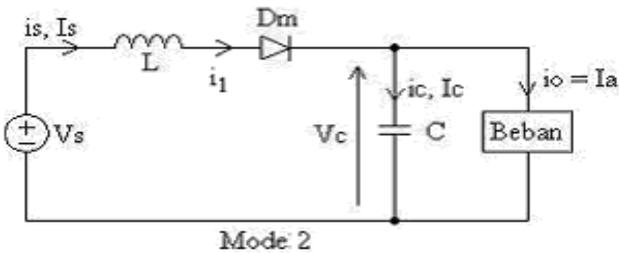
Boost Konverter pada Proyek Akhir ini digunakan untuk menaikkan tegangan 48 Volt dari battery menjadi 110 Volt. Boost Konverter menggunakan IGBT yang dapat dilihat pada Gambar 2.15. Cara kerja rangkaian dapat dibagi menjadi dua mode. Mode 1

<sup>10</sup> *ibid* hal. 243

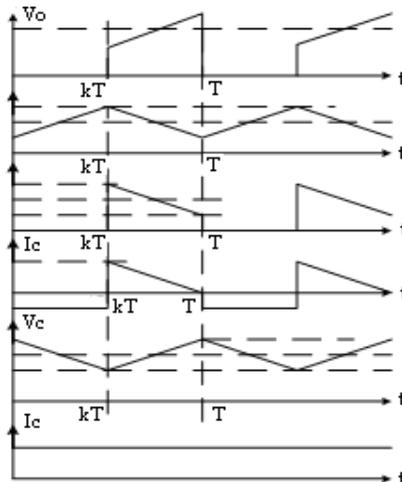


## B) Mode 2

Mode 2 dimulai pada saat  $M_1$  di off-kan pada  $t = t_1$ . Arus yang mengalir melalui  $Q_1$  akan mengalir melalui  $L$ ,  $C$ , beban, dan diode  $D_m$ . Arus induktor akan turun sampai transistor di on-kan kembali pada siklus berikutnya. Energi yang tersimpan pada induktor  $L$  dipindahkan ke beban. Rangkaian ekivalen Mode 1 ditunjukkan pada Gambar 2.17.



**Gambar 2.17** Rangkaian Ekivalen Mode 2



**Gambar 2.18** Bentuk Gelombang Tegangan dan Arus Beban

Pada saat  $Q_1$  di on-kan kembali maka arus pada induktor L akan meningkat dan energi yang tersimpan pada kapasitor C akan mengalir ke beban, sehingga aliran tegangan yang mengalir ke beban tidak akan pernah terputus / kontinyu. Bentuk gelombang tegangan dan arus beban yang kontinyu ditunjukkan pada Gambar 2.18.

Dengan mengasumsikan arus induktor naik secara linear dari  $I_1$  ke  $I_2$  pada waktu  $t_1$  :

$$V_S = L \frac{I_2 - I_1}{t_1} = L \frac{\Delta I}{t_2} \quad (2.6)$$

$$\text{atau } t_1 = \frac{\Delta I}{V_S} \quad (2.7)$$

Dan arus induktor secara linear dari  $I_1$  ke  $I_2$  pada waktu  $t_2$ .

$$V_S - V_a = -L \frac{\Delta I}{t_2} \quad (2.8)$$

$$\text{atau } t_1 = \frac{\Delta I \cdot L}{V_a - V_S} \quad (2.9)$$

Dengan  $\Delta I = I_2 - I_1$  adalah arus ripple puncak ke puncak induktor L, dari persamaan 2.8 dan 2.9

$$\Delta I = \frac{V_S \cdot t_1}{L} = \frac{(V_a - V_S) t_2}{L} \quad (2.10)$$

Disubstitusikan  $t_1 = kT$  dan  $t_2 = (1 - k) \cdot T$  maka tegangan keluaran rata – rata :

$$V_a = V_S \frac{T}{t_2} = \frac{V_S}{1 - k} \quad (2.11)$$

$$(1 - k) = \frac{V_S}{V_a} \quad (2.12)$$

Dengan substitusi  $k = \frac{t_1}{T} = t_1 \cdot f$

$$t_1 = \frac{V_a - V_s}{V_a \cdot f} \rightarrow \frac{V_a - V_s}{V_a \cdot f} = \frac{\Delta I L}{V_s} \quad (2.13)$$

Dengan asumsi rangkaian yang tidak mengandung rugi-rugi,  $V_s \cdot I_s = V_a \cdot I_a = V_s \cdot I_a / (1 - k)$  dan arus masukan rata-rata adalah :

$$I_s = \frac{I_a}{1 - k} \quad (2.14)$$

Periode switching :  $T = \frac{1}{f} = t_1 + t_2$

$$T = \frac{\Delta I L}{V_s} + \frac{\Delta I L}{V_a - V_s} = \frac{\Delta I L V_a}{V_s \cdot (V_a - V_s)} \quad (2.15)$$

Dan akan memberikan arus ripple puncak ke puncak :

$$\Delta I = \frac{(V_a - V_s) V_s}{f L V_a} = \frac{V_s \cdot k}{f L} \quad (2.16)$$

Saat transistor sedang ON, kapasitor mensuplai arus selama  $t_1$ . Arus kapasitor rata-rata selama  $t_1$  adalah  $I_c = I_a$  dan ripple tegangan pada puncak ke puncak kapasitor :

$$\Delta V_c = V_c - V_{c(t=0)} = \frac{1}{c} \int_0^{t_1} I_c \cdot dt \quad (2.17)$$

$$\Delta V_c = \frac{1}{c} \int_0^{t_1} I_a \cdot dt = \frac{I_a \cdot t_1}{c} \quad (2.18)$$

Substitusi  $t_1$  dengan  $(V_a - V_s) / (V_a \cdot f)$  didapat :

$$\Delta V_c = \frac{I_a (V_a - V_s)}{V_a \cdot f \cdot c} \quad (2.19)$$

$$\Delta V_c = \frac{I_a \cdot k}{f \cdot c} \quad (2.20)$$

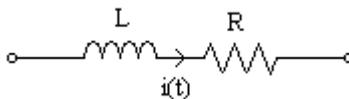
Boost Konverter dapat menaikkan tegangan keluaran tanpa memerlukan trafo. Karena memiliki 1 buah transistor. Arus masukan kontinu namun arus puncak yang tinggi mengalir melalui transistor. Tegangan keluaran sangat sensitif terhadap perubahan duty cycle  $k$  dan sangat sulit untuk menstabilkan regulator.

## 2.7 Desain Induktor

Banyak faktor yang mempengaruhi untuk mendesain peralatan magnetic. Puncak *flux density* inti tidak boleh saturasi. Puncak ac *flux density* juga harus cukup kecil, untuk memenuhi jumlah banyak putaran pada inti. Pokok bahasan ini yang sangat berpengaruh adalah area untuk menggulung kawat (*wire cross section area*) harus seluas mungkin, untuk mengurangi gulungan resistor dc dan rugi tembaga. Tetapi apabila kawat terlalu padat, hal ini tidak dapat diterima karena dapat menyebabkan efek permukaan kawat (*proximity effect*). Celah udara dibutuhkan untuk peralatan yang menyimpan energi seperti induktor pada rangkaian Boost Konverter. Celah udara tidak baik untuk diaplikasikan pada transformator.

Induktor dapat dimodelkan seperti rangkaian ekivalen pada Gambar 2.19, R merupakan resistansi dc kumparan. Maka induktor dapat menghasilkan induktansi dan resistansi R pada kumparan. Induktor tidak saturasi apabila menggunakan *worst-case* arus puncak  $I_{max}$ . Sebagai catatan hubungan antara R ekivalen dan rugi tembaga  $P_{cu}$  ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$P_{cu} = I_{rms}^2 R \quad (2.21)$$



Gambar 2.19 Rangkaian ekivalen induktor

Resistansi kumparan induktor mempengaruhi efisiensi dan tegangan keluaran converter. Maka pada desain converter diperlukan konstruksi induktor dengan resistansi kumparan yang cukup kecil.

Bentuk induktor dapat diasumsikan bahwa ukuran induktor yang ditunjukkan sebagai bentuk pengganti ditunjukkan pada Gambar 2.20. untuk rangkaian ekivalen magnetic ditunjukkan pada Gambar 2.21. Untuk besar nilai reluktansi inti  $R_c$  dan reluktansi celah udara  $R_g$  ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$R_c = \frac{l_c}{\mu_c A_c} \quad (2.22)$$

$$R_g = \frac{l_g}{\mu_0 A_c} \quad (2.23)$$

Dimana,

$l_c$  = core magnetic path length

$A_c$  = core cross section area

$\mu_c$  = core permeability

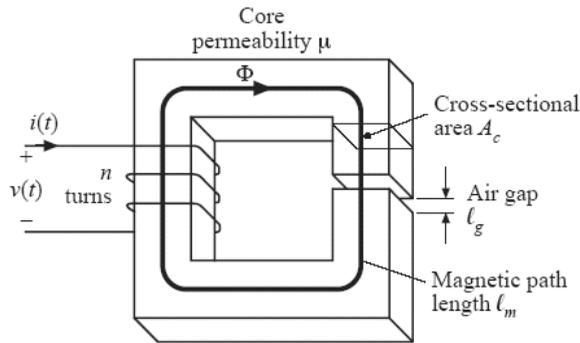
$l_g$  = air gap length

Reluktansi inti dan reluktansi celah udara dapat diasumsikan bahwa inti dan celah udara mempunyai *cross section areas* yang sama. Persamaan untuk Gambar 2.20 adalah

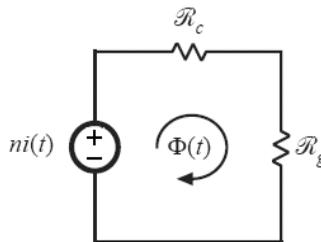
$$ni = \Phi(R_c + R_g) \quad (2.24)$$

Biasanya ,  $R_c \ll R_g$  dan persamaan (2.25) dapat disederhanakan sebagai berikut :

$$ni \approx \Phi R_g \quad (2.25)$$



Gambar 2.20 Bentuk ekivalen induktor<sup>25</sup>



Gambar 2.21 Rangkaian ekivalen magnetic<sup>26</sup>

### 2.7.1 Maximum Flux Density

Dengan memberikan arus puncak  $I_{max}$ , diharapkan inti dapat bekerja pada nilai puncak *flux density*  $B_{max}$ . Besar dari  $B_{max}$  dipilih yang lebih kecil dari pada *worst-case* saturasi *flux density* bahan dari inti.

Substitusikan  $\Phi = BA_c$  pada persamaan (2.26)

$$ni = BA_c R_g \quad (2.26)$$

Apabila  $I = I_{max}$  dan  $B = B_{max}$ , maka diperoleh

<sup>25,26</sup> Lidia Dwi Yuliani, op. cit., hal. 33

$$nI_{\max} = B_{\max} A_c R_g = B_{\max} \frac{l_g}{\mu_0} \quad (2.27)$$

### 2.7.2 Induktansi

Nilai induktansi  $L$  harus ditentukan. Induktansi dapat diperoleh dengan persamaan berikut

$$L = \frac{n^2}{R_g} = \frac{\mu_0 A_c n^2}{l_g} \quad (2.28)$$

### 2.7.3 Winding Area

*Winding area* ditunjukkan pada Gambar 2.22. Gulungan kawat harus tersusun rapi dan rapat pada inti yang merupakan lubang tengah daripada inti. *Cross section area* konduktor, luas penampang konduktor  $A_w$ . Apabila gulungan mempunyai  $n$  putaran, maka area untuk konduktor tembaga adalah:

$$nA_w \quad (2.29)$$

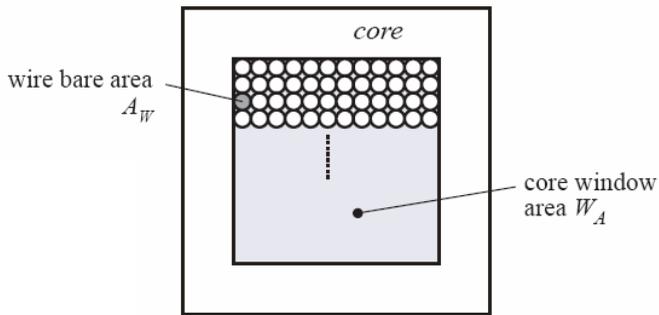
Apabila inti mempunyai *window area*  $W_A$ , kemudian dapat dinyatakan area untuk gulungan konduktor sebagai berikut

$$W_A K_u \quad (2.30)$$

$K_u$  merupakan *window utilization factor* atau *fill factor*. Maka desain selanjutnya dapat dinyatakan sebagai berikut

$$W_A K_u \geq nA_w \quad (2.31)$$

Nilai  $K_u$  untuk inti dengan gulungan pada bobbin adalah 0,5 untuk induktor tegangan rendah, 0,25-0,3 untuk off-line transformator, 0,05-0,2 untuk transformator tegangan tinggi untuk suplai berkisar kV, dan 0,65 untuk transformator foil dan induktor tegangan rendah.



Gambar 2.22 Winding area <sup>27</sup>

#### 2.7.4 Winding Resistance

Besar nilai resistansi pada gulungan adalah

$$R = \rho \frac{l_W}{A_W} \quad (2.32)$$

$\rho$  adalah tahanan jenis dai bahan induktor,  $l_W$  adalah panjang kawat dan  $A_W$  adalah luas penampang kawat. Tahanan jenis tembaga pada suhu ruangan adalah  $1,724 \times 10^{-6}$  Ohm-cm. Panjang kawat terdiri dari  $n$  putaran gulungan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$l_W = n(MLT) \quad (2.33)$$

MLT (mean-length-per-turn) adalah panjang kawat dalam satu putaran. Panjang kawat dalam satu putaran (MLT) merupakan fungsi geometri inti. Substitusikan persamaan (2.33) ke persamaan (2.32) diperoleh persamaan berikut:

$$R = \rho \frac{n(MLT)}{A_W} \quad (2.34)$$

<sup>27</sup>Lidia Dwi Yuliani, op. cit., hal. 35

### 2.7.5 The Core Geometrical Constant $K_g$

Pada persamaan (2.28), (2.29), (2.31), dan (2.34) merupakan besaran dari  $A_c$ ,  $W_A$ , dan  $MLT$ , dan besaran ukuran inti adalah  $I_{max}$ ,  $B_{max}$ ,  $\mu_0$ ,  $L$ ,  $K_w$ ,  $R$  dan  $\rho$  yang memberikan spesifikasi atau besaran lain yang diketahui dan  $n$ ,  $l_g$ , dan  $A_w$  merupakan besaran yang belum diketahui. Eliminasi besaran yang belum diketahui  $n$ ,  $l_g$ , dan  $A_w$  dinyatakan pada persamaan berikut:

$$\frac{A_c^2 W_A}{(MLT)} \geq \frac{L^2 I_{max}^2 \rho}{B_{max}^2 R K_u} \quad (2.35)$$

Besaran pada sebelah kanan pada persamaan (2.35) adalah besaran yang belum diketahui. Persamaan pada sebelah kiri berfungsi untuk ukuran inti. Persamaan ini dibutuhkan untuk memilih ukuran inti yang memenuhi persamaan (2.36). Besarannya adalah :

$$K_g = \frac{A_c^2 W_A}{(MLT)} \quad (2.36)$$

$K_g$  disebut *core geometrical constant*.

Adapun parameter yang harus diperhatikan dalam pembuatan komponen L adalah sebagai berikut :

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| a. Wire Resistivity     | $\rho = 1,74 \cdot 10^{-6} \text{ (}\Omega\text{-cm)}$ |
| b. Peak Winding Current | $I = I + \Delta I(A)$                                  |
| c. Inductance           | $L(H)$   |
| d. Winding Resistance   | $R(\Omega)$  |
| e. Winding fill factor  | $K_u = 0,5$  |
| f. Maximum Flux Density | $B_{max} = 0,25 \text{ (tesla)}$                       |
| g. Copper Loss          | $P_{cu} = 10 \text{ mw-}1,5 \text{ w}$                 |

- h. Permeability of free space  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$
- i. Dimensi inti besi yang meliputi (bisa dilihat di manual book)

Untuk dimensi inti dalam pembuatan induktor mempunyai parameter sebagai berikut:

- a. Core cross sectional area =  $A_c$  (cm<sup>2</sup>)
- b. Cross window area =  $A_w$  (cm<sup>2</sup>)
- c. Mean length per turn =  $MLT$  (cm<sup>2</sup>)

Prosedur mendesain induktor dapat diikuti dengan langkah-langkah berikut :

A. Menentukan ukuran inti (core size)

Ditentukan oleh faktor konstanta geometri inti (The core Geometri Constant  $K_g$ )

$$K_g \geq \frac{\rho * L^2 * I_{\max}^2}{B_{\max}^2 * R * K_u} 10^8 \text{ (cm}^5\text{)} \quad (2.37)$$

$$\text{Dimana } R = \frac{P_{cu}}{I_{\max}^2}, P_{cu} = 1,5W - 0,75W \quad (2.38)$$

Pilih inti yang mempunyai  $K_g$  yang lebih besar dari yang dihitung.

B. Menentukan panjang celah udara (air gap length)

$$l_g = \frac{\mu_0 * L * I_{\max}^2}{B_{\max}^2 * A_c} 10^4 \quad (2.39)$$

C. Menentukan jumlah lilitan

$$n = \frac{L * I_{\max}}{B_{\max} * A_c} 10^4 \quad (2.40)$$

#### D. Menentukan ukuran kawat

$$A_w \leq \frac{K_u \times W_A}{n} \quad (cm^2) \quad (2.41)$$

## 2.8 Inverter

Konverter DC ke AC dinamakan inverter. Fungsi sebuah inverter adalah mengubah tegangan *input* DC menjadi tegangan *output* AC. Tegangan outputnya bisa tertentu dan bisa pula diubah-ubah dengan frekuensi tertentu atau frekuensi yang diubah-ubah. Tegangan output variabel didapat dengan mengubah-ubah tegangan input DC dan agar gain inverter konstan. Disisi lain, apabila tegangan input DC adalah tertentu dan tidak bisa diubah-ubah, bisa didapatkan tegangan output yang variabel dengan mengubah-ubah gain dari inverter, yang biasanya dilakukan dengan kontrol PWM didalam inverter. *Gain* inverter didefinisikan sebagai rasio tegangan output AC terhadap tegangan input DC.

Bentuk gelombang tegangan output inverter ideal adalah sinus. Tetapi kenyataannya bentuk gelombang tegangan output inverter tidaklah sinus dan mengandung harmonisa tertentu. Untuk penerapan dengan daya rendah dan menengah, gelombang kotak simetri ataupun tidak simetri bisa digunakan, sedangkan untuk penerapan dengan daya tinggi dibutuhkan untuk gelombang sinus dengan sedikit *distorsi*. Dengan kemampuan piranti semikonduktor daya kecepatan tinggi yang tersedia, kandungan harmonisa dalam bentuk gelombang output bisa dikurangi dengan teknik penyakelaran (*switching*).

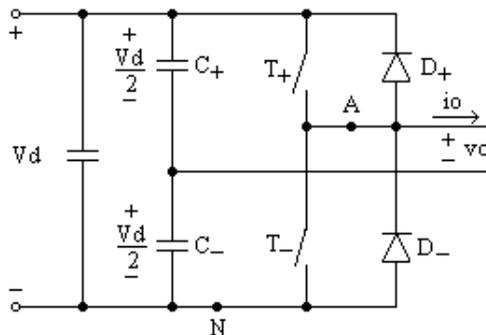
Beberapa tipe inverter adalah Inverter Sumber Tegangan (Voltage Source Inverter VSI) dan Inverter Sumber Arus (Current Source Inverter CSI). Tetapi karena hanya digunakan terbatas pada motor berdaya sangat tinggi, CSI tidak banyak didiskusikan.

Ada dua jenis inverter yang umum digunakan pada sistem tenaga listrik, yaitu:

1. Inverter dengan tegangan dan frekuensi yang konstan CVCF (*Constant Voltage Constant Frequency*).
2. Inverter dengan tegangan dan frekuensi keluaran yang berubah-ubah.

### 2.8.1 Half Bridge Inverter (Single Phase)

Pada Gambar 2.23 ditunjukkan rangkaian half bridge inverter. Dua buah kapasitor yang mempunyai nilai sama disambung secara seri dan melintang dengan tegangan input DC dan sambungan potensial kapasitor yang berada di tengah-tengah dengan tegangan yang melintang pada setiap kapasitor. Dengan memperhatikan switch state arus yang berada diantara dua buah kapasitor  $C_+$  dan  $C_-$  ( yang mana sama dan mempunyai nilai yang besar ) dibagi sama besar. Ketika  $T_+$  ON,  $T_+$  atau  $D_+$  akan konduksi tergantung dari arah arus keluaran, dan arah arus  $i_o$  dibagi sama besar oleh dua buah kapasitor. Hampir sama seperti ketika  $T_-$  ON,  $T_-$  atau  $D_-$  akan konduksi tergantung dari arah arus keluaran  $i_o$  dan arus  $i_o$  dibagi sama besar oleh dua buah kapasitor. Kapasitor  $C_+$  dan  $C_-$  sangat efektif jika disambung secara paralel pada jalur yang dilalui oleh  $I_o$ , juga dapat menjelaskan kenapa sambungan “o” berada pada potensial tengah.



**Gambar 2.23** Half Bridge Inverter

<sup>16</sup>Umar Hisbullah, "RANCANG BANGUN PENGUBAH DC KE AC (INVERTER) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN (PLTA)", Proyek Akhir, 2007, hal.29

Ketika  $i_o$  mengalir terus ke pararel  $C_+$  dan  $C_-$ ,  $i_o$  akan steady state. Karena itu kapasitor ini bekerja seperti sumber dc membloking kapasitor, untuk menyelesaikan masalah saturasi pada trafo pada sisi primer, jika sebuah transformator digunakan pada keluaran inverter disediakan isolasi elektrik. Pada half bridge inverter tegangan puncak dan rating arus pada setiap switch adalah :

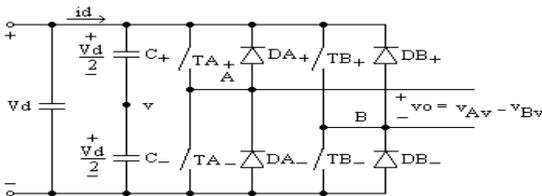
$$V_T = V_d \quad (2.42)$$

dan

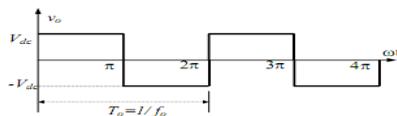
$$I_T = i_o, \text{ puncak} \quad (2.43)$$

## 2.8.2 Full Bridge Inverter ( Single Phase)

Full Bridge inverter ditunjukkan pada Gambar 2.24. Inverter ini terdiri dari 2 pasang inverter tipe half bridge dan lebih banyak digunakan untuk rating daya besar. Dengan tegangan input dc yang sama, tegangan output maksimum menjadi dua kali dari half bridge inverter.



**Gambar 2.24** Full Bridge Inverter Satu fasa<sup>17</sup>



**Gambar 2.25** Bentuk Tegangan Keluaran Inverter Gelombang Kotak

<sup>17</sup>ibid hal. 30

Berdasarkan gambar 2.24 maka tegangan keluaran  $V_0(\omega t)$  yaitu :

$$V_0(\omega t) = V_{dc} \text{ untuk } 0 \leq \omega t \leq \pi \quad (2.44)$$

$$V_0(\omega t) = -V_{dc} \text{ untuk } \pi \leq \omega t \leq 2\pi \quad (2.45)$$

Dari persamaan (2.44) dan (2.45) maka tegangan keluaran rms ( $V_{0RMS}$ ) dari inverter square wave adalah :

$$V_{0RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_{dc}^2 d\omega t} \quad (2.46)$$

$$V_{0RMS} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left( \int_0^\pi V_{dc}^2 d\omega t + \int_\pi^{2\pi} (-V_{dc})^2 d\omega t \right)} \quad (2.47)$$

$$V_{0RMS} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} (\pi(V_{dc}^2) - 0 + 2\pi(-V_{dc})^2 - \pi(-V_{dc})^2)} \quad (2.48)$$

$$V_{0RMS} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} (2\pi(V_{dc}^2))} \quad (2.49)$$

$$V_{0RMS} = V_{dc} \quad (2.50)$$

Berdasarkan bentuk gelombang tegangan pada gambar 2.17 dapat dikembangkan untuk menyatakan tegangan keluaran sesaat dalam deret Fourier sebagai :

$$V_0 = \frac{4V_{dc}}{\pi} \sum_{n=1,3,5,\dots} \frac{\sin n \omega t}{n} \quad (2.51)$$

$$V_0(\omega t) = \frac{4V_{dc}}{\pi} \sin(\omega t) + \frac{4V_{dc}}{\pi} \sin(3\omega t) + \frac{4V_{dc}}{\pi} \sin(5\omega t) + \dots \quad (2.52)$$

dan untuk  $n=1$ , maka nilai tegangan rms komponen fundamental sebagai:

$$V_1 = \frac{4V_{dc}}{\pi\sqrt{2}} = 0.9V_{dc} \quad (2.53)$$

Persamaan arus beban sesaat  $I_0$  untuk beban RL adalah:

$$I_0 = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4V_{dc}}{n\pi \sqrt{R^2 + (n\omega L)^2}} \sin(n\omega t - \theta_n) \quad (2.54)$$

$$I_0 = \frac{4V_{dc}}{\pi \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \sin(\omega t - \theta) + \frac{4V_{dc}}{3\pi \sqrt{R^2 + (3\omega L)^2}} \sin(3\omega t - \theta_3) + \frac{4V_{dc}}{5\pi \sqrt{R^2 + (5\omega L)^2}} \sin(5\omega t - \theta_5) + \dots \quad (2.55)$$



tadi. Jadi, rangkaian bisa tetap disambungkan ke accu agar accu selalu dalam kondisi penuh tanpa harus takut merusak accu. Sebuah LED akan menyala untuk menandakan bahwa aki sudah penuh.

Setelah rangkaian siap, trimpot TR1 dibuat nol kemudian rangkaian diatur sebagai berikut :

1. Sebelum menyambung ke accu, pastikan kedua LED menyala dengan baik.
2. TR1 harus diatur untuk menentukan batas voltase yang diinginkan. Accu basah biasanya di-charger dengan voltase 13,8 V, sedangkan accu kering dan semi kering 14,5 - 14,9 V. Cara mengesetnya, putar Trimpot TR1 hingga mencapai tegangan voltase yang diinginkan. Pasang aki yang akan di-charger. Amati proses pengisian dengan voltmeter hingga voltase accu mencapai voltase yang diinginkan. Kemudian putar trimpot TR2 hingga LED mati. Charger sudah siap digunakan sekarang.
3. Pasang accu, pastikan LED LD2 mati dan arus yang mengalir sebesar 2-6 A.
4. LED LD2 akan hidup dan arus berhenti mengalir, menandakan bahwa tegangan aki mendekati tegangan yang telah diinginkan.

Pada Gambar 2.27 berikut ini adalah beberapa data komponen yang digunakan dalam pembuatan charger otomatis.

| KOMPONEN | JUMLAH | UKURAN                     |
|----------|--------|----------------------------|
| GR1      | 1      | Dioda kiprox 4-6A          |
| R1,R3,R4 | 3      | Resistor 1,2Kohm 2watt     |
| Q1,Q2    | 2      | BT 151 SCR                 |
| LD1,LD2  | 2      | LED merah,biru,hijau,putih |

|       |   |                        |
|-------|---|------------------------|
| R2,R5 | 2 | Resistor 1Kohm 1/2watt |
| D1    | 1 | Dioda 1N4002           |
| D2    | 1 | Dioda Zener 5,6 V      |
| T1    | 1 | Trafo CT 5 A           |

*Gambar2.27 Data Komponen Charger Otomatis*

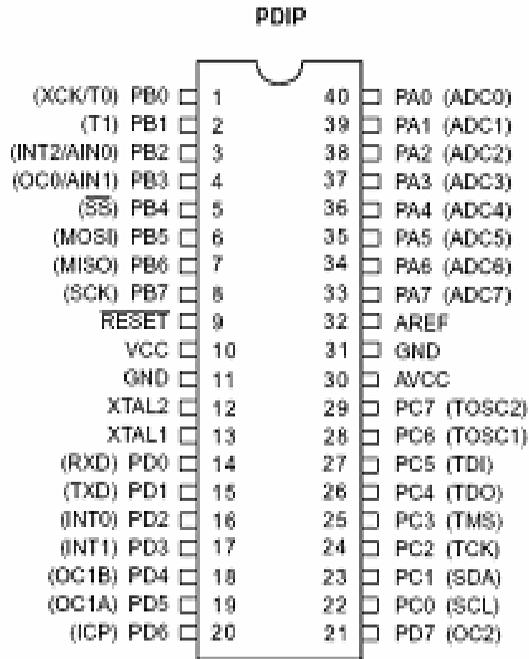
## 2.10 Mikrokontroler ATmega 16

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8 bit buatan Atmel, berbasis RISC (Reduced Instruction Set Computer). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR mempunyai 32 register general – purpose, timer/counter fleksibel dengan mode compare, interrupt internal dan eksternal, serial UART programmable Watchdog Timer, dan mode power saving. Beberapa diantaranya mempunyai ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai In-System Programmable Flash on – chip yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI.

### 2.10.1. Konfigurasi Pin ATmega16

Gambar 2.28 merupakan susunan kaki standar 40 pin DIP mikrokontroler AVR ATmega16. Berikut penjelasan umum susunan kaki ATmega16 :

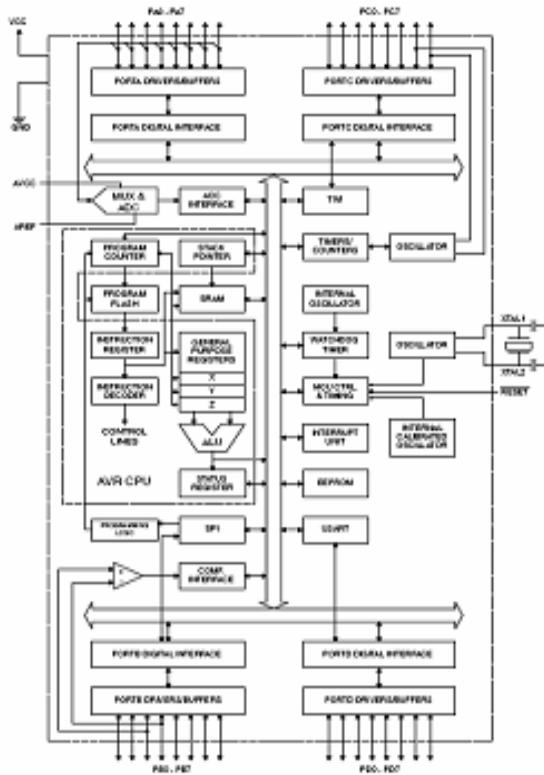
1. VCC merupakan pin masukan positif catu daya. Setiap peralatan elektronika digital butuh sumber catu daya yang umum sebesar 5V, itulah sebabnya di PCB kit mikrokontroler selalu ada IC regulator 7805.
2. GND sebagai pin Ground.
3. Port A (PA0...PA7) merupakan pin I/O dua arah dan dapat diprogram sebagai pin masukan ADC.
4. Port B (PB0...PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu Timer/Counter, komparator analog, dan SPI.
5. Port C (PC0...PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan timer Osilator.
6. Port D (PD0...PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
7. Reset merupakan pin yang digunakan untuk mereset mikrokontroler.
8. XTAL 1 dan XTAL 2 sebagai pin masukan clock eksternal. Suatu mikrokontroler membutuhkan sumber detak (clock) agar dapat mengeksekusi instruksi yang ada di memori. Semakin tinggi nilai kristalnya, maka semakin cepat mikrokontroler tersebut.
9. AVCC sebagai pin masukan tegangan untuk ADC.
10. AREF sebagai pin masukan tegangan referensi.



**Gambar 2.28** Mikrokontroler ATMega16

## 2.10.2. Blok Diagram Mikrokontroler ATmega 16

Blok diagram dari mikrokontroler ATmega16 diperlihatkan seperti pada Gambar 2.29 berikut ini :



*Gambar 2.29 Blok Diagram Mikrokontroler ATmega16*

<sup>17</sup>Datasheet of ATmega16

<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/78532/ATMEL/ATMEGA16.html>

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa ATmega16 memiliki bagian sebagai berikut :

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
2. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
3. Tiga buah Timer/Counter dengan kemampuan perbandingan.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. 131 instruksi andal yang umumnya hanya membutuhkan 1 siklus clock.
6. Watchdog Timer dengan osilator internal.
7. Dua buah timer/counter 8bit.
8. Satu buah timer/counter 16bit.
9. Internal SRAM sebesar 1 KB.
10. Memori Flash sebesar 16 KB dengan kemampuan Read While Write.
11. Unit interupsi internal dan eksternal.
12. Port antarmuka SPI.
13. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi..
14. Antarmuka komparator analog.
15. Port USART programmable untuk komunikasi serial.

### 2.10.3. Timer/Counter

AVR ATmega16 memiliki tiga buah timer yaitu Timer/Counter 0 (8 bit), Timer/Counter 1 (16 bit) dan timer/Counter 2 (8 bit).

#### 2.10.3.1. Timer/Counter 0

Timer/Counter 0 adalah 8 bit Timer/Counter yang multifungsi. Deskripsi untuk Timer/Counter 0 pada ATmega 16 adalah sebagai berikut:

- a. Sebagai Counter 1 kanal.
- b. Timer dinolkan saat match compare (auto reload).
- c. Dapat menghasilkan gelombang PWM dengan glitch free.
- d. Frekuensi Generator.
- e. Prescaler 10 bit untuk timer.
- f. Interupsi timer yang disebabkan timer overflow dan match compare. Pengaturan Timer/Counter 0 diatur oleh TCCR0 (Timer/Counter control Register 0).

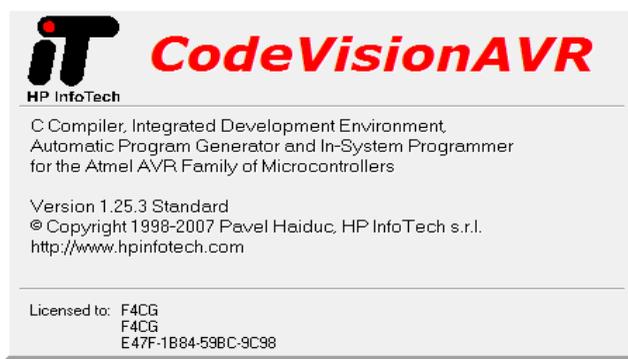
#### 2.10.3.2. Timer/Counter 1

Timer/Counter 2 adalah 16 bit Timer/Counter yang memungkinkan program pewaktuan lebih akurat. Berbagai fitur dari Timer/Counter adalah :

- a. Desain 16 bit (juga memungkinkan 16 bit PWM).
- b. Dua buah compare unit.
- c. Dua buah register pembanding.
- d. Satu buah input capture unit.
- e. Timer dinolkan saat match compare (auto reload).
- f. Dapat menghasilkan gelombang PWM dengan glitch free.
- g. Periode PWM yang dapat diubah – ubah.
- h. Pembangkit frekuensi.
- i. Empat buah sumber interupsi (TOV1,OCF1A,OCF1B, dan ICF1 ). Pengaturan timer /counter 1 diatur melalui register TCCR1A dan TCCR1B.

### 2.10.3.3 Code Vision AVR 1.25.3 Standard

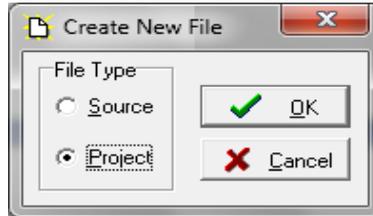
Merupakan suatu software yang digunakan dalam penulisan program yang nantinya akan di download pada microcontroller AVR ATMega16. Dapat dilihat seperti Gambar 2.30 pada struktur program dibawah ini



**Gambar 2.30** Code Vision AVR 1.25.3

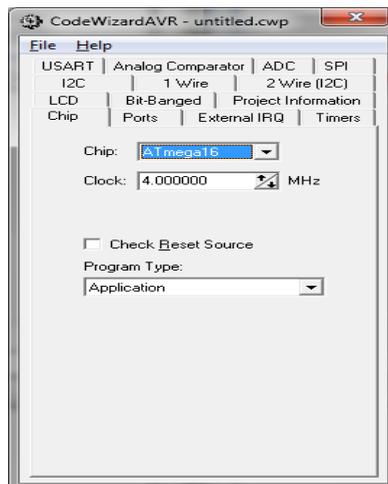
Dalam penggunaan mikrokontroler AVR menggunakan software CodeVision AVR. Seperti umumnya mikrokontroler, program untuk mikrokontroler AVR ditulis menggunakan bahasa assembly. CodeVision AVR merupakan software C-cross compiler, dimana program dapat ditulis menggunakan bahasa-C. Dengan menggunakan pemrograman bahasa-C diharapkan waktu desain (*developing time*) akan menjadi lebih singkat. Setelah program dalam bahasa-C ditulis dan dilakukan kompilasi tidak terdapat kesalahan (error) maka proses download dapat dilakukan. Mikrokontroler AVR mendukung sistem download secara ISP (In-System Programming).

Untuk membuat project baru maka dipilih File New, maka akan tampak dialog box seperti Gambar 2.31 di bawah ini :



**Gambar 2.31** Dialog Box untuk Membuat Project Baru.

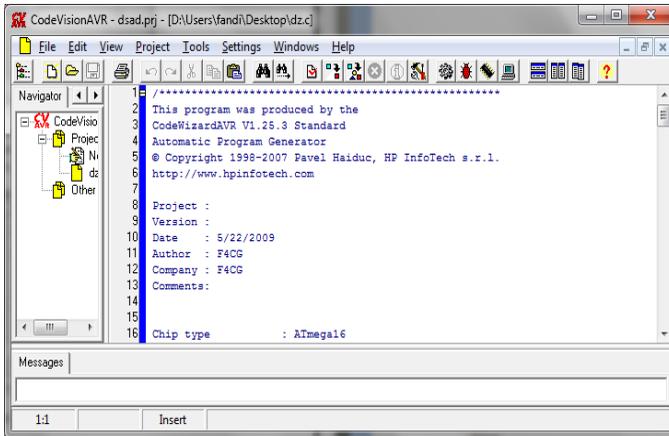
Dalam menggunakan program ini terlebih dahulu diperlukan inisialisasi chip yang digunakan, clock, I/O port, dan segala hal diperlukan dalam mendesain suatu pemrograman pada umumnya. Blok inisialisasi dapat dilihat pada Gambar 2.32 di bawah ini:



**Gambar 2.32.** Blok Penginisialisasian Program

<sup>16</sup>Fandi Budiawan, "RANCANG BANGUN ALAT PENYIRAM TAMAN DENGAN MENGGUNAKAN MATAHARI SEBAGAI EBERGI ALTERNATIF (BUCK CONVERTER)", Proyek Akhir, 2009, hal.12

Setelah penginisialisasian chip maka selanjutnya “*Generate, Save and Exit*”. Selanjutnya yaitu penulisan program pada blok bagian yang telah tersedia, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.33 berikut:



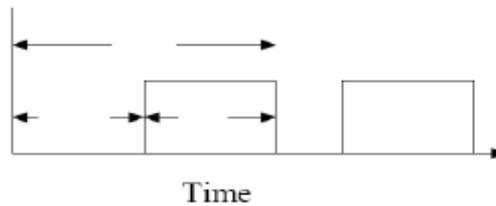
**Gambar 2.33** Bagian Penulisan Program

Pada software CodeVision AVR telah disediakan beberapa rutin standar yang dapat langsung digunakan. Anda dapat melihat lebih detail pada manual dari CodeVisionAVR.

#### 2.10.4. Pembangkitan Pulse Width Modulation

Pembangkitan pulsa PWM dapat dihasilkan dari pemrograman menggunakan bahasa C dengan menggunakan mikrokontroler AVR ATmega 16. Pada Gambar 2.34 Sinyal yang mempunyai periode tertentu diatur lebar pulsa on dan off. Hubungan antara  $T_{high}$  dan  $t_{low}$  dinyatakan dengan duty cycle, dimana  $T_{high} + t_{low}$  selalu tetap.

$$Dutycycle = \frac{T_{high}}{T_{high} + t_{low}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.58)$$



**Gambar 2.34** Hubungan antara Thigh dan Tlow

Pada pembuatan minimum sistem mikrokontroller ATmega 16 ini digunakan osilator xtal yang besarnya 4 Mhz. Pewaktuan minimal yang dibutuhkan sebesar:

$$\text{Pewaktuan dasar} = 1 / \text{FrekXta}$$

$$\text{Pewaktuan dasar} = 1 / 4\text{Mhz} = 0.25\mu\text{s}$$

Setiap instruksi memerlukan clock yang besarnya setiap 1 siklus mesin adalah 50us, prosedur pembangkit PWM memiliki jumlah instruksi sekitar 10 siklus mesin. Untuk membangkitkan sinyal PWM yang real time, pewaktuan dasar tersebut harus lebih dari jumlah siklus mesin yang ada pada rutin pembangkit PWM. Sehingga pewaktuan dasar PWM menjadi  $\text{Pewaktuan Dasar} \times 10 = 5\mu\text{s}$ . Untuk membangkitkan satu sinyal penuh dalam 200us maka diperlukan hitungan counter sebanyak:

$$\text{Hit Counter} = T / \text{Pewaktuan Dasar}$$

$$\text{Hit Counter} = 200\mu\text{s} / 5\mu\text{s} = 40$$

## 2.11 Battery / Accu

Baterai atau sering disebut sel kering, adalah salah satu komponen pendukung dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau motor, semua memerlukan accu untuk dapat menghidupkan mesin kendaraan (mencatu arus pada dinamo stater kendaraan). Accu mampu mengubah tenaga kimia menjadi tenaga listrik.

Dikenal dua jenis elemen yang merupakan sumber arus searah (DC) dari proses kimiawi, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi kimia pada elemen primer yang menyebabkan elektron mengalir dari

elektroda negative (katoda) ke elektroda positif (anoda) tidak dapat dibalik arahnya. Maka jika muatannya habis, maka elemen primer tidak dapat dimuati kembali dan memerlukan penggantian bahan pereaksinya (elemen kering). Sehingga dilihat dari sisi ekonomis elemen primer dapat dikatakan cukup boros. Contoh elemen primer adalah batu baterai (dry cells).

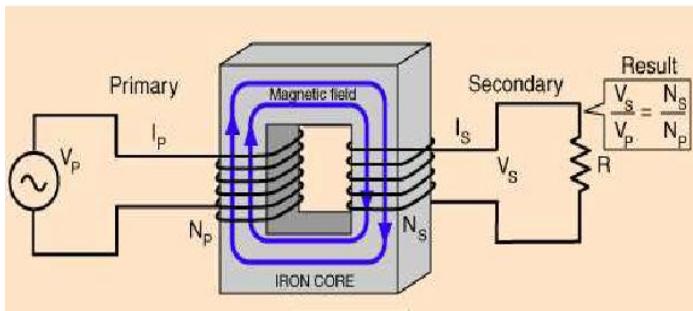
Elemen sekunder dalam pemakaiannya harus diberi muatan terlebih dahulu sebelum digunakan, yaitu dengan cara mengalirkan arus listrik. Akan tetapi tidak seperti elemen primer, elemen sekunder dapat dimuati kembali berulang kali. Elemen sekunder ini lebih dikenal dengan accu. Dalam sebuah accu berlangsung proses elektrokimia yang reversible (bolak-balik) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversible yaitu di dalam accu saat dipakai berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (discharging). Sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (charging).

Besar ggl yang dihasilkan satu sel accu adalah 2 Volt. Sebuah aki mobil terdiri dari enam buah accu yang disusun secara seri, sehingga ggl totalnya adalah 12 Volt. Accu mencatu arus untuk menyalakan mesin (motor dan mobil dengan menghidupkan dinamo stater) dan komponen listrik lain dalam mobil. Pada saat mobil berjalan accu dimuati (diisi) kembali sebuah dinamo (disebut dinamo jalan) yang dijalankan dari putaran mesin mobil atau motor. Pada accu kendaraan bermotor arus yang terdapat di dalamnya dinamakan dengan kapasitas accu yang disebut Ampere Hour/AH (Ampere-jam). Contohnya untuk accu dengan kapasitas arus 60 AH, maka accu tersebut dapat mencatu arus 60 Ampere selama 1 jam atau 1 Ampere selama 60 jam.

## 2.12 Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain. Melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Dalam bidang elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai gandingan impedansi antara sumber dan beban, untuk memisahkan satu rangkaian dari rangkaian yang lain, dan untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan atau mengalirkan arus bolak-balik antara rangkaian.



Gambar Transformator (2.35)

### 2.12.1 Prinsip Dasar Transformator

Pada dasarnya transformator terdiri dari dua kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Dimana tegangan pada kumparan primer akan ditransformasikan (diubah) pada kumparan sekunder, yang besarnya tergantung dari

masing-masing jumlah lilitan pada kedua kumparan tersebut. Bila pada kumparan primer terdapat  $N_1$  lilitan yang diberi sumber tegangan  $V_1$  dan pada kumparan sekunder terdapat  $N_2$  lilitan maka pada kumparan sekunder terdapat tegangan sebesar :

$$V_1 = \frac{N_2}{N_1} V_2 \quad (2.59)$$

Dengan:

$V_2$  : tegangan sekunder (V)

$V_1$  : tegangan primer (V)

$N_2$  : jumlah lilitan sekunder

$N_1$  : jumlah lilitan primer

Didalam transformator terjadi dua prinsip yaitu pada kumparan primer terjadi hukum Oersted dan pada kumparan sekunder terjadi hukum Faraday, yang mana bunyi dari kedua hukum adalah sebagai berikut :

- Hukum Faraday berbunyi bahwa medan magnet statis yang bergerak menurut fungsi waktu akan menghasilkan tegangan induksi yang kemudian menghasilkan arus listrik induksi.

- Hukum Oersted menyatakan bahwa arus listrik yang mengalir pada kawat penghantar, maka disekitar kawat penghantar tersebut terjadi medan magnet.

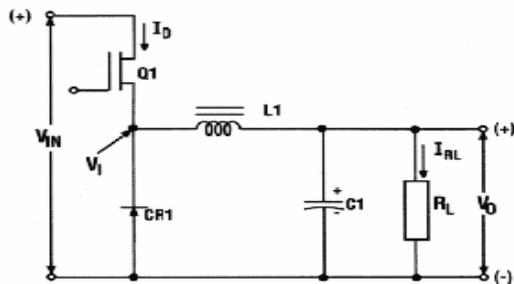
Berdasarkan frekuensi, transformator dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- (1) frekuensi daya, 50-60 c/s;
- (2) frekuensi pendengaran, 50 c/s-20 kc/s;
- (3) frekuensi radio, di atas 30 kc/s.

### 2.13 Buck Konverter

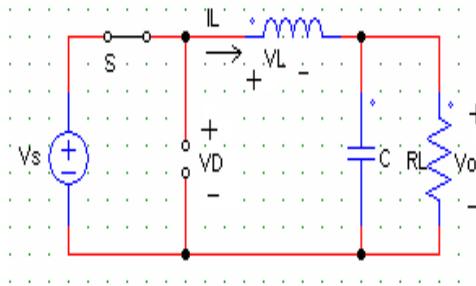
Buck konverter adalah konverter daya yang digunakan untuk merubah suatu tegangan DC masukan ( $V_a$ ) ke tegangan keluaran DC yang lebih kecil ( $V_s$ ). Seperti halnya tranformator pada tegangan AC. Komponen yang digunakan untuk menjalankan fungsi penghubung tersebut tidak lain adalah switch (solid state electronic switch) seperti misalnya Thyristor, MOSFET, IGBT, GTO.

Berikut gambar 2.36 merupakan skematik Buck Konverter.

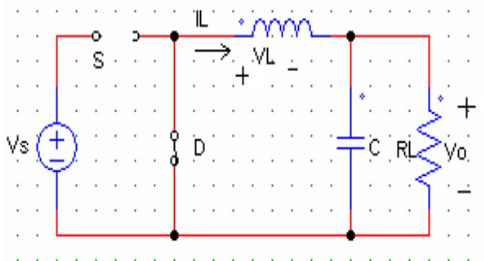


Gambar 2.36 Buck Converter

Cara kerja rangkaian dapat dibagi menjadi dua mode. Mode 1 dimulai pada saat mosfet Q1 di-on-kan pada  $t=0$ , arus masukan, yang meningkat, mengalir melalui filter induktor L, filter kapasitor C dan beban resistor R. Mode 2 dimulai pada saat transistor Q1 di-off-kan pada  $t=t_1$ . Dioda freewheeling Dm terhubung karena energi yang tersimpan pada induktor dan arus induktor tetap mengalir melalui L,C, beban dan dioda Dm. Arus induktor turun sampai mosfet Q1 di-on-kan kembali pada siklus berikutnya. Rangkaian ekuivalen untuk kerja mode-mode ditunjukkan pada gambar 2.7 saat mode on dan gambar 2.8 saat mode off.



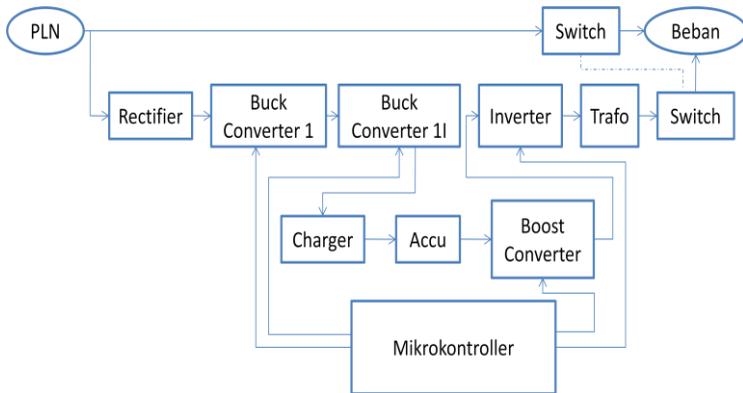
**Gambar 2.37** mosfet mode-on kondisi mode 1



**Gambar 2.38** mosfet mode-off kondisi mode 2

## BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PERANGKAT KERAS

### 3.1 Blok Diagram Sistem



*Gambar 3.1 Blok diagram sistem keseluruhan*

Tugas akhir ini aplikasi Accu sebagai pengganti sumber tegangan saat aliran listrik dari PLN terputus/padam. Tegangan dari aki 12 Volt dinaikkan menjadi 48 Volt dengan menseri accu tersebut. Kemudian dikonversi menjadi tegangan AC sebesar 220 Volt dengan menggunakan trafo step up. Tegangan dari trafo ini nantinya diharapkan dapat digunakan untuk mensuplai beban 900VA rumah tangga.

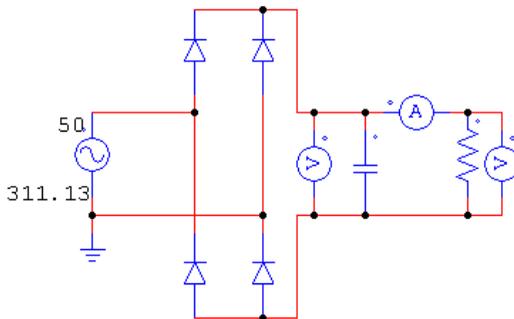
Tegangan yang digunakan untuk mencharge aki berasal dari buck converter. Untuk mengatur tegangan keluaran sistem tetap konstan maka didisain fix atau tetap yang digunakan untuk mengatur besarnya penyulutan pada IGBT pada buck converter. Kontrol dari mikrokontroler AT MEGA 16 dengan bahasa pemrograman Visual C++.

Berdasarkan Gambar 3.1. perencanaan dan pembuatan perangkat keras pada tugas akhir ini meliputi:

1. Perencanaan dan pembuatan rangkaian Rectifier
2. Perencanaan dan pembuatan rangkaian Buck Konverter I
3. Perencanaan dan pembuatan rangkaian Buck Konverter II
4. Perencanaan dan pembuatan rangkaian Boost Converter
5. Perencanaan dan pembuatan Rangkaian Inverter 1 fasa
6. Perencanaan dan pembuatan rangkaian Trafo Step Up

### 3.2 Perencanaan dan Pembuatan Rectifier

Perencanaan dan pembuatan rangkaian Rectifier secara lengkap ditunjukkan pada Gambar 3.2 sebagai berikut:



*Gambar 3.2 Rangkaian Rectifier*

Rangkaian DC power supply menggunakan rangkaian penyearah fullwave rectifier dengan filter c sebagai perata filternya. Berikut ini simulasi dengan menggunakan PSIM dengan filter c sebesar 1000 uF dan arus maksimum 4 A

$$V_s = V_S \times \sqrt{2}$$

$$V_s = 220 \times \sqrt{2}$$

$$V_s = 311,13V$$

$$I = \frac{V_s}{R}$$

$$R = \frac{311.13}{4}$$

$$R = 77.7825 \approx 80\Omega$$

$$V_{dc} = V_m - \frac{V_m}{4fCR}$$

$$V_{dc} = 311.13 - \frac{311.13}{4 \times 50 \times 80 \times 1000 \mu}$$

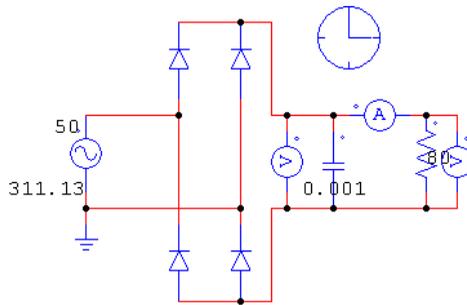
$$V_{dc} = 311.13 - 19.445625$$

$$V_{dc} = 291.68V$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R}$$

$$I_{dc} = \frac{291.68}{80}$$

$$I_{dc} = 3.646A$$



*Gambar 3.3 Rangkaian Simulasi Rectifier*

Dari hasil simulasi pada Gambar 3.3 dapat diketahui besarnya  $V_{out} = 291.12$  V dan  $I_{out} = 3.639$  A. Sehingga faktor ripple (RF) pada tegangan keluaran dapat perhitungan sebagai berikut :

$$RF = \frac{1}{\sqrt{2}(4fCR - 1)}$$

$$RF = \frac{1}{\sqrt{2}(4 \cdot 50 \cdot 1000 \mu \cdot 80 + 1)}$$

$$RF = 0.0416$$

$$RF = 4,16\%$$

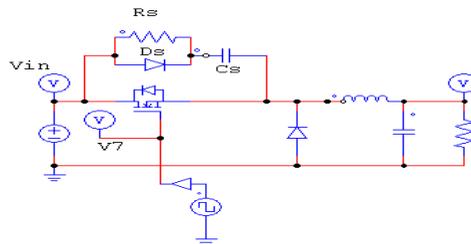
$$V_r(pp) = \frac{V_m}{2fRC}$$

$$V_r(pp) = \frac{311.13}{2.50 \cdot \frac{291}{3.64} \cdot 1000\mu}$$

$$V(pp) = 27.533\text{Volt}$$

### 3.3 Perhitungan daya untuk buck converter I :

Seperti yang telah dibahas pada bab sebelumnya, Buck Konverter bekerja dengan menurunkan tegangan DC dengan menggunakan MOSFET/IGBT sebagai device pensaklarannya. Dan MOSFET/IGBT itu sendiri bekerja jika ada switching pada gate. Gambar rangkaian dasar Buck Converter dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 Rangkaian dasar buck konverter

Pada proyek akhir ini dirancang rangkaian buck converter dengan ketentuan sebagai berikut:

Tegangan Input ( $V_{in}$ ) = 290 volt

Tegangan Output ( $V_{out}$ ) = 100 volt

Arus output ( $I_{out}$ ) = 1,875 A

$f$  = 40 KHz

Duty cycle:

$$D = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{100}{290} = 0,35$$

Arus rata-rata d induktor:

$$I_L = \frac{V_o}{R} = I_o = 1,875 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \Delta I_L &= 0,2 \times I_L \\ &= 0,2 \times 1,875 \\ &= 0,375 \text{ A} \end{aligned}$$

Nilai Induktor:

$$\begin{aligned} L &= \left(\frac{1}{f}\right) \times (V_{in} - V_{out}) \left(\frac{V_o}{V_{in}}\right) \left(\frac{1}{\Delta I_L}\right) \\ &= \frac{1}{40K} \times (290 - 100) \left(\frac{100}{290}\right) \left(\frac{1}{0,375}\right) \\ &= 4,37 \text{ mH} \end{aligned}$$

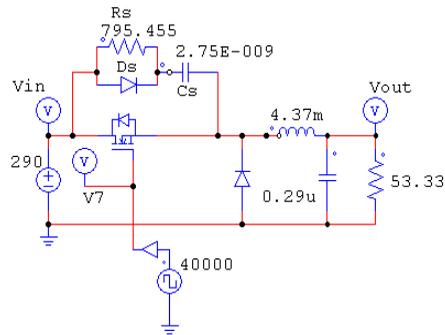
Capasitor Output

$$\Delta V_o = \pm 4\% \times V_o = 0,04 \cdot 100 = 4 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} C_o &= \frac{\Delta I_L}{8 \cdot f \cdot \Delta V_o} \\ &= \frac{0,375}{8 \cdot 40 \cdot 10^3 \cdot 4} \\ &= \frac{0,375}{2048000} = 18,3 \mu\text{F} \end{aligned}$$

Dengan menyesuaikan nilai kapasitor yang ada maka digunakan kapasitor bernilai di atas 18,3  $\mu\text{F}$  160 Volt.

Dari hasil perhitungan rancangan buck konverter diatas, maka dapat dibuat simulasi rangkaian buck konverter dengan menggunakan Psim sebagai berikut:



*Gambar 3.5 Simulasi rangkaian buck konverter I*

Dengan rangkaian simulasi diatas, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

#### Desain Induktor untuk Buck Konverter

Berdasarkan hasil perhitungan induktor Buck Converter diatas, diketahui:

$$D = 0,35$$

$$L = 4,37 \text{ mH}$$

Kemudian dilakukan perhitungan arus yang mengalir pada induktor sebagai berikut

Perubahan Arus:

$$\begin{aligned} \Delta I_L &= 0,2 \times I_L \\ &= 0,2 \times 1,875 \\ &= 0,375 \end{aligned}$$

Arus maksimum induktor:

$$\begin{aligned} I_{\max} &= I_L + \frac{\Delta I_L}{2} \\ &= 1,875 + \frac{0,375}{2} \\ &= 2,063 \text{ A} \end{aligned}$$

Arus rms induktor:

$$\begin{aligned}
 I_L \text{ rms} &= \sqrt{I_L^2 + \left(\frac{\Delta I_L/2}{\sqrt{3}}\right)^2} \\
 &= \sqrt{1,875^2 + \left(\frac{0,375/2}{\sqrt{3}}\right)^2} \\
 &= \sqrt{3,5 + \frac{0,035}{3}} \\
 &= 1,87 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Prosedur mendesain induktor dapat diikuti dengan langkah-langkah berikut :

A. Menentukan ukuran inti besi(core size)

Pada desain induktor ini spesifikasi sebagai berikut:

$$A_c = 2,25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diameter} = 1,5 \text{ cm}$$

$$B = 0,25 \text{ T}$$

B. Menentukan jumlah lilitan

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{L \times I_{\max}}{B_{\max} \times A_c} \times \text{sisi} \\
 &= \frac{4,37 \cdot 10^{-3} \cdot 2,063}{0,25 \cdot 2,25} \times 10^4 \\
 &= \frac{9,015 \times 10^{-3}}{0,615} \times 10^4 \\
 &= 160,272 \approx 161 \text{ lilitan}
 \end{aligned}$$

C. Menentukan ukuran kawat

Dari hasil perhitungan telah didapatkan nilai arus efektif ( $I_L$  rms) yang melewati induktor sebesar 1,87

Ampere. Sehingga digunakan kawat dengan diameter 0,6 mm.

### **Desain Snubber untuk Buck Konverter**

Adapun desain snubber untuk rangkaian Buck Converter adalah sebagai berikut:

$$I_{on} = I_{out}$$

$$V_{off} = V_{in}$$

$$T_{fall} \text{ mosfet IRF 460} = 850 \text{ nS}$$

Maka dapat ditentukan nilai komponen snubber yang digunakan,

$$\begin{aligned} C_{snubber} &= \frac{I_{on} \times t_{fall}}{2 \times V_{off}} \\ &= \frac{1,875 \times 0,85 \cdot 10^{-9}}{2 \times 290} = 2,75 \text{ nF} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{snubber} &= \frac{1}{2} \left( \frac{D \times T}{2 \times C_{snubber}} \right) \\ &= \frac{1}{2} \left( \frac{0,35 \times (1/40000)}{2 \times 2,75 \cdot 10^{-9}} \right) \\ &= \frac{1}{2} \left( \frac{8,75 \cdot 10^{-6}}{5,5 \cdot 10^{-9}} \right) \\ &= 795,455 \Omega \end{aligned}$$

Dengan menyesuaikan nilai komponen yang ada, maka digunakan resistor diatas 795,455  $\Omega$ . Dan untuk kapasitornya digunakan kapasitor bernilai lebih 2,75 nF.

### 3.4 Perhitungan daya untuk buck konverter II :

Pada proyek akhir ini dirancang rangkaian buck konverter dengan ketentuan sebagai berikut:

Tegangan Input ( $V_{in}$ ) = 100 volt

Tegangan Output ( $V_{out}$ ) = 55 volt

Arus output ( $I_{out}$ ) =  $60/12=5$  A

$f = 40$  KHz

Duty cycle:

$$D = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{55}{100} = 0,55$$

Arus rata-rata d induktor:

$$I_L = \frac{V_o}{R} = I_o = 5 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \Delta I_L &= 0,2 \times I_L \\ &= 0,2 \times 5 \\ &= 1 \text{ A} \end{aligned}$$

Nilai Induktor:

$$\begin{aligned} L &= \left(\frac{1}{f}\right) \times (V_{in} - V_{out}) \left(\frac{V_o}{V_{in}}\right) \left(\frac{1}{\Delta I_L}\right) \\ &= \frac{1}{4K} \times (100 - 55) \left(\frac{55}{100}\right) \left(\frac{1}{1}\right) \\ &= 0,619 \text{ mH} \end{aligned}$$

Capasitor Output

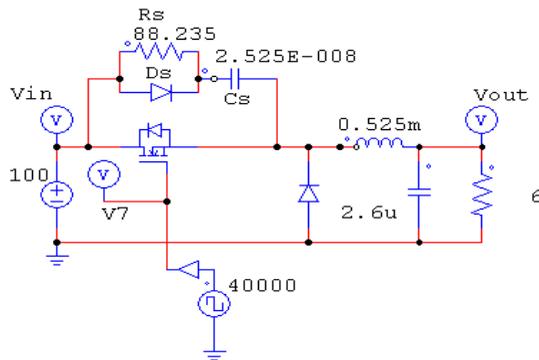
$$\Delta V_o = \pm 4\% \times V_o = 0,04 \cdot 55 = 2,2 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} C_o &= \frac{\Delta I_L}{8 \cdot f \cdot \Delta V_o} \\ &= \frac{1}{8 \cdot 40 \cdot 10^3 \cdot 2,2} \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{704000} = 1,42 \mu\text{F}$$

Dengan menyesuaikan nilai kapasitor yang ada maka digunakan kapasitor bernilai di atas 1,42  $\mu\text{F}$  450 Volt.

Dari hasil perhitungan rancangan buck konverter diatas, maka dapat dibuat simulasi rangkaian buck konverter dengan menggunakan Psim sebagai berikut:



*Gambar 3.6 Simulasi rangkaian buck konverter*

Dengan rangkaian simulasi diatas, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

### **Desain Induktor untuk Buck Konverter**

Berdasarkan hasil perhitungan induktor Buck Konverter diatas, diketahui:

$$D = 0,55$$

$$L = 0,619 \text{ mH}$$

Kemudian dilakukan perhitungan arus yang mengalir pada induktor sebagai berikut

Perubahan Arus:

$$\begin{aligned}\Delta I_L &= 0,2 \times I_L \\ &= 0,2 \times 5 \\ &= 1A\end{aligned}$$

Arus maksimum induktor:

$$\begin{aligned}I_{\max} &= I_L + \frac{\Delta I_L}{2} \\ &= 5 + \frac{1}{2} \\ &= 5,5 A\end{aligned}$$

Arus rms induktor:

$$\begin{aligned}I_L \text{ rms} &= \sqrt{I_L^2 + \left(\frac{\Delta I_L/2}{\sqrt{3}}\right)^2} \\ &= \sqrt{5^2 + \left(\frac{1/2}{\sqrt{3}}\right)^2} \\ &= \sqrt{25 + \frac{0,25}{3}} \\ &= 5 A\end{aligned}$$

Prosedur mendesain induktor dapat diikuti dengan langkah-langkah berikut :

A. Menentukan ukuran inti besi(core size)

Pada desain induktor ini spesifikasi sebagai berikut:

$$A_c = 2,25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diameter} = 1,5 \text{ cm}$$

$$B = 0,25 \text{ T}$$

B. Menentukan jumlah lilitan

$$\begin{aligned} n &= \frac{L \times I_{\max}}{B_{\max} \times A_c} \times \text{sisi} \\ &= \frac{0,619 \cdot 10^{-3} \cdot 5,5}{0,25 \cdot 2,25} \times 10^4 \\ &= 60,52 \approx 61 \text{ lilitan} \end{aligned}$$

C. Menentukan ukuran kawat

Dari hasil perhitungan telah didapatkan nilai arus efektif ( $I_L$  rms) yang melewati induktor sebesar 5 Ampere. Sehingga digunakan kawat dengan diameter 0,7 mm

### Desain Snubber untuk Buck Konverter

Adapun desain snubber untuk rangkaian Buck konverter adalah sebagai berikut:

$$I_{on} = I_{out}$$

$$V_{off} = V_{in}$$

$$T_{fall} \text{ IGBT 1MBH60D} = 850 \text{ nS}$$

Maka dapat ditentukan nilai komponen snubber yang digunakan,

$$\begin{aligned} C_{snubber} &= \frac{I_{on} \times t_{fall}}{2 \times V_{off}} \\ &= \frac{5 \times 0,85 \cdot 10^{-9}}{2 \times 100} = 21,25 \text{ nF} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{snubber} &= \frac{1}{2} \left( \frac{D \times T}{2 \times C_{snubber}} \right) \\ &= \frac{1}{2} \left( \frac{0,55 \times (1/40000)}{2 \times 21,25 \cdot 10^{-9}} \right) \\ &= 161,76 \Omega \end{aligned}$$

Dengan menyesuaikan nilai komponen yang ada, maka digunakan resistor diatas  $161,76 \Omega$ . Dan untuk kapasitornya digunakan kapasitor bernilai lebih  $21,25 \text{ nF}$ .

### 3.5 Perencanaan dan Pembuatan Boost Konverter

Telah dijelaskan bahwa pada Boost Konverter adalah rangkaian yang berfungsi untuk menaikkan tegangan DC yang menggunakan IGBT sebagai komponen pensaklaran, dan IGBT sendiri bekerja jika ada switching pada kutub Gate.

Untuk mengurangi ripple arus dan tegangan maka boost konverter perlu diberi filter, oleh karena itu digunakan komponen Induktor untuk mengurangi ripple arus dan komponen kapasitor untuk mengurangi ripple tegangan.

Pada Boost Converter dengan ketentuan sebagai berikut :

#### 1. Parameter Boost Converter

$$V_{in} = 48 \text{ V}$$

$$V_{out} = 110 \text{ V}$$

$$I_{out} = 60 \text{ A}$$

$$f = 40 \text{ kHz}$$

#### 2. Inductor yang memiliki parameter sebagai berikut :

$$B = 0.25 \text{ T}$$

$$A_c = 1.8^2 \text{ cm} = 3.25 \text{ cm}^2$$

$$D = 0.56 \text{ cm}$$

### 3. Analisa Perhitungan parameter-parameter boost converter.

#### a. Duty Cycle

$$D = 1 - \frac{V_{in}}{V_{out}} = 1 - \frac{48}{110} = 56\%$$

#### b. Nilai Induktor

$$\begin{aligned} \Delta I_L &= 0.4 * I_{in} = 0.4 * I_{out} * \left( \frac{V_{out} + V_f}{V_{in}} \right) \\ &= 0.4 * 12.78 * \left( \frac{110 + 0.7}{48} \right) = 11.78 \text{ A} \\ L &= \frac{1}{f} * (V_{out} + V_f - V_{in}) * \left( \frac{V_{in}}{V_{out} + V_f} \right) * \left( \frac{1}{\Delta I_L} \right) \\ &= \frac{1}{40 * 10^3} * (110 + 0.7 - 48) * \left( \frac{48}{110 + 0.7} \right) * \left( \frac{1}{11.8} \right) \\ &= 53.92 \mu H \end{aligned}$$

#### c. Arus Maksimum Induktor

$$\begin{aligned} I_{in} &= I_{out} * \left( \frac{V_{out} + V_f}{V_{in}} \right) \\ &= 12.78 * \left( \frac{110 + 0.7}{48} \right) = 15.08 \text{ A} \\ I_{max} &= I_{in} + \frac{\Delta I_L}{2} = 15.08 + \frac{11.78}{2} = 20.97 \text{ A} \end{aligned}$$

d. Arus puncak Dioda

$$I_{D.peak} = \frac{I_o}{D} = \frac{12.78}{0.56} = 22.82 \text{ A}$$

e. Arus rms Dioda

$$I_{D.rms} = I_{D.peak} * \sqrt{D} = 22.82 * \sqrt{0.56} = 17.08 \text{ A}$$

f. Arus RMS Kapasitor

$$\begin{aligned} I_{C.rms} &= \sqrt{I_{D.rms}^2 - I_o^2} \\ &= \sqrt{17.08^2 - 12.78^2} \\ &= 11.33 \text{ A} \end{aligned}$$

g. Ripple Tegangan Ourput

$$\begin{aligned} \Delta V_o &= \frac{\Delta Q}{C} = \frac{I_{C.rms} * D * T}{C} \\ \Delta V_o &= \pm 0.1\% * V_o = 0.001 * 110 = 0.11 \text{ V} \end{aligned}$$

h. Kapasitansi Output

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta V_o} = \frac{I_{C.rms} * D * T}{\Delta V_o} = \frac{11.33 * 0.56 * 25 * 10^{-6}}{0.11}$$

$$= 1442 \mu F$$

### Desain Induktor

Banyak faktor yang mempengaruhi untuk mendesain peralatan magnetic. Puncak *flux density* inti tidak boleh saturasi. Puncak ac *flux density* juga harus cukup kecil, untuk memenuhi jumlah banyak putaran pada inti. Pokok bahasan ini yang sangat berpengaruh adalah area untuk menggulung kawat (*wire cross section area*) harus seluas mungkin, untuk mengurangi gulungan resistor dc dan rugi tembaga. Tetapi apabila kawat terlalu padat, hal ini tidak dapat diterima karena dapat menyebabkan efek permukaan kawat (*proximity effect*).

#### a. Jumlah Lilitan

$$n = \frac{L * I_{max}}{B_{max} * A_C} = \frac{53.92 * 10^{-6} * 20.97}{0.25 * 3.25 * 10^{-4}}$$

$$= 14 \text{ lilitan}$$

#### b. Arus RMS Induktor

$$I_{rms} = \frac{\sqrt{I_{in}^2 + \left(\frac{\Delta I_L / 2}{\sqrt{3}}\right)^2}}{\text{Jumlah Split}} = \frac{\sqrt{15.08^2 + \left(\frac{11.78}{2\sqrt{3}}\right)^2}}{1}$$

$$= 15.46 A$$

Dari Irms = 15.46 A maka digunakan kawat AWG 12

c. Panjang kawat

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang kawat} &= [(n \times k) + 40\% (n \times k)] \times \text{jumlah spit} \\
 &= [(14 \times 7.2) + 40\% (14 \times 7.2)] \times 4 \\
 &= 564.48 \text{ cm} \\
 &= 6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### Desain Komponen Snubber

Telah dijelaskan pada bahwa pada salah satu cara untuk mengurangi kerugian pensakelaran adalah dengan menambahkan rangkaian snubber pada sakelar elektronik. Komponen yang digunakan pada rangkaian snubber yaitu resistor, kapasitor dan diode, pemsangannya yaitu dirangkai secara paralel dalam mendesain komponen snubber :

$$I_{on} = I_{in}$$

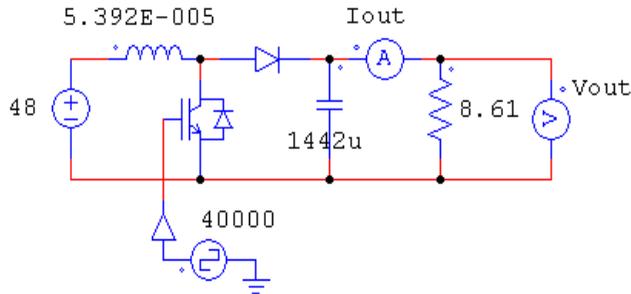
$$V_{off} = V_{out}$$

$$T_{fall} = 0.85 \text{ ns}$$

$$\begin{aligned}
 C_{snubber} &= \frac{I_{on} * t_{fall}}{2 * V_{off}} = \frac{12.78 * 0.85 * 10^{-9}}{2 * 110} \\
 &= \frac{543.52 * 10^{-9}}{120} \\
 &= 49 \text{ nF}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{snubber} &= \frac{1}{2} * \left[ \frac{D * T}{2 * C_{snubber}} \right] = \frac{0.56 * 0.6 * 25 * 10^{-6}}{2 * 449 * 10^{-9}} \\
 &= 142.86 \Omega
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan desain Boost Konverter yang disimulasikan menggunakan Psim diperoleh hasil simulasi tegangan keluaran dan arus keluaran yang ditunjukkan pada gambar berikut ini.



**Gambar 3.7** Rangkaian simulasi Boost Konverter

### 3.6 Perencanaan dan Pembuatan Inverter

Perencanaan dan pembuatan Rangkaian Single Phase Full Bridge Inverter menggunakan Mikrokontroler ATmega 16 sebagai pembangkit PWM untuk menyulut mosfet Single Phase Full Bridge Inverter. PWM keluaran dari Mikrokontroler ATmega 16 dihubungkan dengan rangkaian optocoupler yang digunakan sebagai pemisah antara Mikrokontroler dengan IGBT Single Phase Full Bridge Inverter. Dengan rangkaian optocoupler Mikrokontroler sebagai pembangkit PWM utama terhindar dari kerusakan, apabila terdapat arus balik dari rangkaian Single Phase Full Bridge Inverter. Kemudian PWM keluaran dari rangkaian optocoupler digunakan untuk melakukan *switching* atau perubahan kondisi dari *low* ke *high* dengan cepat. PWM untuk penyulutan IGBT didisain dengan frekuensi 50 Hz. Single Phase Full Bridge Inverter memperoleh masukan dari keluaran Boost Converter sebesar 110 Vdc dan didisain untuk menghasilkan tegangan keluaran sebesar 110 Vac.

Pada rangkaian Single Phase Full Bridge Inverter membutuhkan empat buah piranti swithing (IGBT) yang bekerja secara berpasangan dan bekerja (on-off) secara bergantian, maka membutuhkan dua buah pulsa yang bekerja *on-off* secara bergantian.

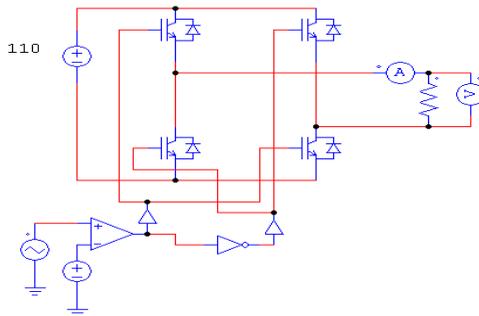
Untuk menghitung tegangan keluaran  $V_{rms}$  inverter menggunakan rumus:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_p^2 dt}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi/2} \int_0^{\pi/2} V_p^2 dt} = \sqrt{\frac{2}{\pi} V_p^2 \left( \frac{\pi}{5} - 0 \right)}$$

$$V_{rms} = \sqrt{V_p^2} = V_p$$

Hasil simulasi rangkaian single phase Full Bridge inverter ditunjukkan pada Gambar 3.8



**Gambar 3.8** Gambar Rangkaian Simulasi Inverter

### 3.7 Perencanaan dan Pembuatan Trafo Step Up

Dalam pembuatan trafo step up ini digunakan untuk menaikkan tegangan dari 110 Vac menjadi 220 Vac. Sumber inputan trafo ini berasal dari outputan inverter dan outputan trafo yang akan digunakan untuk mensuply ke beban dengan maksimal daya 900VA.

Parameter trafo sebagai berikut :

$$P_{out} = 900 \text{ W}$$

$$V_{ou} = 220 \text{ V}$$

$$V_{in} = 110 \text{ V}$$

$$I_{out} = P_{out}/V_{out}$$

$$= 900/220$$

$$= 4 \text{ A}$$

$$P_{in} = 1,25 \times P_{out} \text{ (efisiensi 80\%)}$$

$$= 1,25 \times 900$$

$$= 1125 \text{ W}$$

$$I_{in} = P_{in}/V_{in}$$

$$= 1125/110$$

$$10,227 \text{ A}$$

Menentukan inti kern :

b = Panjang

h = Lebar

A = Luas penampang

$$b = \sqrt[3]{\frac{1,5 \times P_{primer}}{9,9}} = \sqrt[3]{\frac{1,5 \times 1125}{9,9}} = \sqrt[3]{170,45} = 5,54$$

$$h = \frac{b}{0,6561} = \frac{5,54}{0,6561} = 8,45$$

$$A = b \times h$$

$$= 5,54 \times 8,45$$

$$= 46,82$$

Menentukan lilitan Per Volt ( $\frac{N}{V}$ )

$$N_p = \frac{45 \times V_p.rms}{A} = \frac{45 \times 110}{46,82} = 105,72 \text{ Lilitan}$$

$$N_s = \frac{45 \times V_s.rms}{A} = \frac{45 \times 220}{46,82} = 211,45 \text{ Lilitan}$$

Menentukan ukuran kawat tembaga (AWG)

- Penampang kawat primer (qp) :

$$\begin{aligned} qp &= \frac{I_p}{s}, s = \text{Padat arus } (1,5 - 5A/mm^2) \\ &= \frac{10,227}{5} = 2,045 \end{aligned}$$

- Diameter kawat primer (dp) :

$$\begin{aligned} dp &= \sqrt{\frac{4}{\pi} qp} \\ &= \sqrt{\frac{4}{3,14} \times 2,045} = 1,61 \end{aligned}$$

- Penampang kawat sekunder (qs) :

$$\begin{aligned} qs &= \frac{Is}{s}, s = \text{Padat arus } (1,5 - 5A/mm^2) \\ &= \frac{4,1}{5} = 0,82 \end{aligned}$$

- Diameter kawat sekunder (ds) :

$$\begin{aligned} ds &= \sqrt{\frac{4}{\pi} qs} \\ &= \sqrt{\frac{4}{3,14} \times 0,82} = 1,02 \end{aligned}$$

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN DAN ANALISA**

Pada bab IV dibahas tentang pengujian terhadap sistem yang dibangun disertai dengan analisa. Pengujian sistem menyangkut beberapa hal sebagai berikut:

1. Pengujian Rectifier
2. Pengujian Buck Converter dan driver penyulutnya
3. Pengujian Boost Converter dan driver penyulutnya
4. Pengujian inverter satu phase.
5. Pengujian charger otomatis
6. Pengujian Trafo Step Up
7. Pengujian sistem secara keseluruhan.

Beberapa alat yang digunakan dalam pengujian alat

1. Variac 1 phasa
2. Osiloskop
3. Beban lampu
4. Voltmeter AC
5. Amperemeter AC
6. Amperemeter DC

#### 4.1 Pengujian Rectifier

Pengujian rectifier dilakukan dengan supply tegangan dari Variac 150Vac dengan menggunakan beban lampu pijar 2x100W terhubung secara parallel. Rectifier ini menggunakan perata filter C sebesar 2000uF. Gambar hardware dan Gelombang keluaran dari rectifier ditunjukkan pada gambar 4.1 dan gambar 4.2



*Gambar 4.1 Hardware rectifier*



*Gambar 4.2 Bentuk gelombang keluaran rectifier dengan inputan tegangan 150 V (Volt/div= 50Volt, Time/div =1mS)*

***Tabel 4.1 Data pengujian Rectifier dengan beban 2 buah lampu pijar 100W/220V yang dipasang secara parallel***

| <b>Vin (V)</b> | <b>Iin (A)</b> | <b>Vout (Vdc)</b> | <b>Iout (A)</b> |
|----------------|----------------|-------------------|-----------------|
| <b>60</b>      | <b>0.4</b>     | <b>79.6</b>       | <b>0.18</b>     |
| <b>120</b>     | <b>0.58</b>    | <b>161</b>        | <b>0.25</b>     |
| <b>180</b>     | <b>0.8</b>     | <b>247</b>        | <b>0.32</b>     |
| <b>220</b>     | <b>0.9</b>     | <b>302</b>        | <b>0.35</b>     |

Dari hasil data di atas pada tegangan 220V maka tegangan output pada rectifier sebesar 302Vdc, sedangkan pada perhitungan teori outputan rectifier sebesar 291.68Vdc. %Error sebesar 3.5%

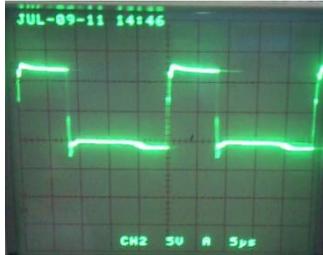
## **4.2 Pengujian Buck Konverter dan Driver Penyulutnya**

Pada pengujian buck konverter ini, pengujian dengan melakukan penyulutan driver (PWM) yang dibangkitkan dari mikrokontroler.

### **4.2.1 Buck Konverter I**

PWM yang digunakan untuk penyulut rangkaian buck konverter dibangkitkan dari mikrokontroller AT Mega16 dengan frekuensi 40KHz

Bentuk gelombang PWM yang dihasilkan mikrokontroler ditunjukkan Gambar 4.3 berikut ini:



**Gambar 4.3. Gelombang PWM 40KHz keluaran dari driver buck converter (Volt/div= 5Volt, Time/div =5 $\mu$ S) dengan duty cycle 30%**

#### **4.2.2 Pengujian buck converter I**

Pengujian buck konverter I dilakukan dengan supply tegangan dari outputan rectifier sebesar 302V .



**Gambar 4.4 Hardware Buck Konverter I**

**Tabel 4.2 Menunjukkan data pengujian buck konverter I dengan beban 2 buah lampu pijar 100W/220V yang dipasang secara paralel.**

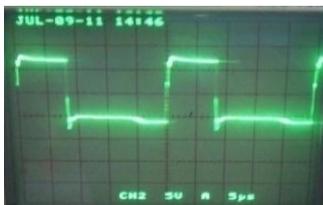
| D   | Vin(Vdc) | Iin(A) | Vo(Vdc) | Io(A) | Pin(W) | Po(W) |
|-----|----------|--------|---------|-------|--------|-------|
| 0.2 | 302      | 0.10   | 102     | 0.19  | 30.1   | 19.38 |
| 0.3 | 302      | 0.12   | 119     | 0.21  | 30.1   | 24.99 |
| 0.4 | 302      | 0.13   | 141     | 0.24  | 39.13  | 33.84 |
| 0.5 | 302      | 0.15   | 162     | 0.25  | 45.15  | 40.5  |
| 0.6 | 302      | 0.19   | 185     | 0.28  | 57.19  | 51.8  |

Dari hasil data di atas pada tegangan input buck konverter sebesar 302Vdc dari hasil outputan rectifier dengan duty cycle 0.2, dengan keluaran buck sebesar 102 Vdc, tapi di dalam teori pada perencanaan keluaran buck konverter sebesar 100Vdc dengan duty cycle 0.3, %Error pada perencanaan adalah 3% pada duty cycle dan 0.2% pada tegangan output buck konverter I

### 4.2.3 Buck Konverter II

PWM yang digunakan untuk penyulut rangkaian buck converter dibangkitkan dari mikrokontroller AT Mega16 dengan frekuensi 40KHz

Bentuk gelombang PWM yang dihasilkan mikrokontroller ditunjukkan Gambar 4.5 berikut ini:



**Gambar 4.5. Gelombang PWM 40KHz keluaran dari driver buck converter (Volt/div= 5Volt, Time/div =5µS) dengan duty cycle 30%**

#### 4.2.4 Pengujian buck converter II

Pengujian buck konverter II dilakukan dengan supply tegangan dari outputan rectifier diatur sebesar 100V .



**Gambar 4.6 Hardware Buck Konverter II**

**Tabel 4.3 Menunjukkan data pengujian buck converter II dengan beban 2 buah lampu pijar 100W/220V yang dipasang secara parallel.**

| <b>D</b>   | <b>V<sub>in</sub>(V)</b> | <b>I<sub>in</sub> (A)</b> | <b>V<sub>o</sub>(Vdc)</b> | <b>I<sub>o</sub> (A)</b> | <b>P<sub>in</sub>(W)</b> | <b>P<sub>o</sub>(W)</b> |
|------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| <b>0.3</b> | <b>100</b>               | <b>0.10</b>               | <b>56</b>                 | <b>0.15</b>              | <b>10</b>                | <b>8.4</b>              |
| <b>0.4</b> | <b>100</b>               | <b>0.11</b>               | <b>58</b>                 | <b>0.16</b>              | <b>11</b>                | <b>9.28</b>             |
| <b>0.5</b> | <b>100</b>               | <b>0.12</b>               | <b>62</b>                 | <b>0.17</b>              | <b>12</b>                | <b>10.54</b>            |
| <b>0.6</b> | <b>100</b>               | <b>0.13</b>               | <b>67</b>                 | <b>0.18</b>              | <b>13</b>                | <b>12.06</b>            |

Pada tabel 4.3 disebutkan pada tegangan output buck konverter sebesar 56Vdc dengan duty cycle 0.1, tapi dalam teori perencanaan hasil tegangan output sebesar 55Vdc dengan duty cycle 0.5. %Error sebesar 1% pada tegangan output buck konverter.

### 4.3 Pengujian charger

Pada pengujian charger otomatis ini bertujuan untuk mendapatkan kinerja dari rangkaian yang akan memutuskan arus pengisian pada aki sebesar 48V dengan kapasitas 60 AH secara otomatis bila accu telah terisi penuh. Dimana inputan accu ini berasal dari outputan buck converter II sebesar 55V dan outputan accu akan digunakan sebagai input dari inverter. Sebelum rangkaian charger otomatis dihubungkan ke accu, maka tegangan input accu disetting sebesar 55Vdc



*Gambar 4.7 Accu pada saat mencharger*

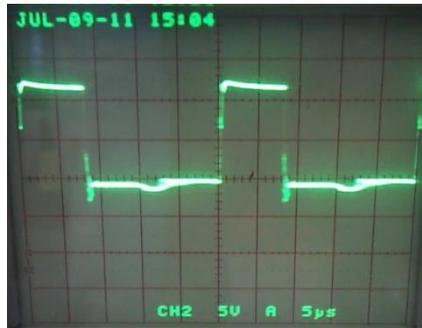
Setelah rangkaian charger di setting dan dihubungkan accu, maka akan terjadi arus pengisian sebesar 5A Dan apabila accu telah terisi penuh maka tidak ada arus pengisian.

***Tabel 4.4 Penunjukkan data pada saat mencharger 4 accu***

| <b>Vin (Vdc)</b> | <b>Vo (Vdc)</b> | <b>Icharger (A)</b> |
|------------------|-----------------|---------------------|
| <b>54.2</b>      | <b>53</b>       | <b>5</b>            |

#### 4.4 Pengujian Boost Konverter

Pada pengujian boost converter ini, pengujian dilakukan dengan menyulut driver (PWM) yang dibangkitkan dari mikrokontroler. Pada pengujian ini inputan inverter berasal dari rectifier yang diatur sampai outputan yang diinginkan yaitu sebesar 48V. Tegangan ini dimaksudkan untuk menyamakan tegangan inputan boost converter perencanaan yang sebenarnya yaitu sumber aki sebesar 48V.



*Gambar 4.8 Gelombang PWM 40KHz keluaran dari driver boost konverter (Volt/div= 5Volt, Time/div =5µS) dengan duty cycle 30%*



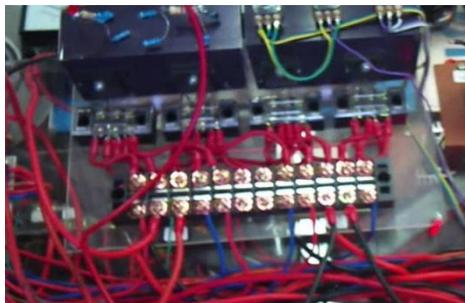
*Gambar 4.9 Hardware Boost Konverter*

**Tabel 4.5** Penunjukan data pada Boost Konverter dengan beban 2 lampu pijar 100W/220V yang dipasang secara parallel

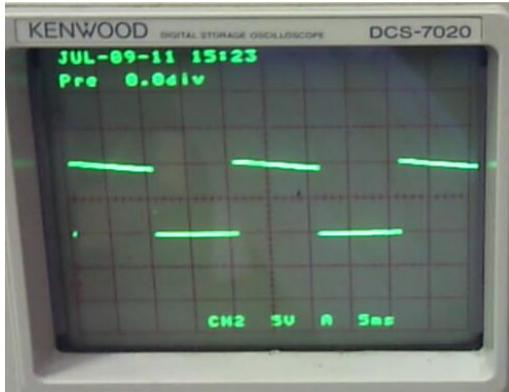
| <b>D</b>    | <b>V<sub>in</sub> (Vdc)</b> | <b>I<sub>in</sub> (A)</b> | <b>V<sub>o</sub> (Vdc)</b> | <b>I<sub>o</sub> (A)</b> | <b>P<sub>in</sub> (W)</b> | <b>P<sub>o</sub> (W)</b> |
|-------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>0.2</b>  | <b>48</b>                   | <b>0.35</b>               | <b>79</b>                  | <b>0.18</b>              | <b>16.8</b>               | <b>14.22</b>             |
| <b>0.3</b>  | <b>48</b>                   | <b>0.5</b>                | <b>105</b>                 | <b>0.2</b>               | <b>24</b>                 | <b>21</b>                |
| <b>0.32</b> | <b>48</b>                   | <b>0.6</b>                | <b>110</b>                 | <b>0.22</b>              | <b>28.8</b>               | <b>22</b>                |
| <b>0.4</b>  | <b>48</b>                   | <b>0.91</b>               | <b>135</b>                 | <b>0.24</b>              | <b>43.68</b>              | <b>32.4</b>              |
| <b>0.5</b>  | <b>48</b>                   | <b>1.4</b>                | <b>151</b>                 | <b>0.3</b>               | <b>67.2</b>               | <b>45.3</b>              |

#### **4.5 Pengujian Inverter**

Pada pengujian inverter satu phase ini menggunakan keluaran rectifier yang diatur sebesar 110V sebagai input dari inverter. Beban yang digunakan adalah 2 lampu pijar 250W yang terhubung secara seri. Secara perencanaan sebenarnya inputan inverter berasal dari outputan Boost Converter dan inverter ini berguna untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC.



**Gambar 4.10** Hardware Inverter



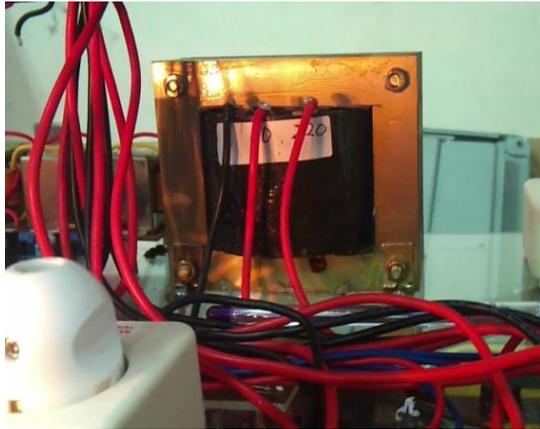
*Gambar 4.11 Gelombang pulsa keluaran drive inverter 1 phas  
(Volt/div=5 Volt, Time/div =5mS)*

*Tabel 4.6 Penunjukan data pada Inverter dengan beban 2 lampu pijar 250W/220V yang dipasang secara paralel*

| $V_{in}(V_{dc})$ | $I_{in}(A)$ | $V_o(V)$ | $I_o(A)$ | $P_{in}(W)$ | $P_o(W)$ |
|------------------|-------------|----------|----------|-------------|----------|
| 40               | 0.9         | 41       | 0.85     | 36          | 34.85    |
| 80               | 1.2         | 85.8     | 1.25     | 96          | 107.25   |
| 120              | 1.5         | 129.9    | 1.55     | 180         | 201.35   |

#### 4.6 Pengujian Trafo

Dalam pengujian kali ini, trafo dirancang secara step up dengan perbandingan 1 : 2. Dengan inputan sebesar 110V dari outputan tegangan inverter. Outputan dari trafo inilah yang nantinya akan terhubung dengan beban rumah tangga, atau bagian segmen terakhir dari perencanaan UPS.



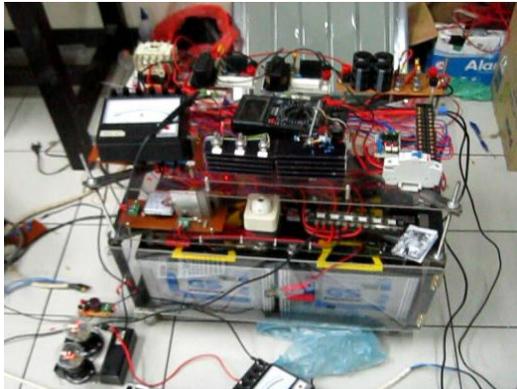
*Gambar 4.12 Hardware Trafo*

*Tabel 4.7 Penunjukan data pada trafo dengan beban motor 1 fasa 138W/220V*

| <b>Vin (V)</b> | <b>Iin (A)</b> | <b>Vo (V)</b> | <b>I (A)</b> | <b>Pin (W)</b> | <b>Po (W)</b> |
|----------------|----------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| <b>30</b>      | <b>0.2</b>     | <b>60.6</b>   | <b>0.3</b>   | <b>6</b>       | <b>18.18</b>  |
| <b>40</b>      | <b>0.25</b>    | <b>81.5</b>   | <b>0.32</b>  | <b>10</b>      | <b>26.08</b>  |
| <b>50</b>      | <b>0.35</b>    | <b>109</b>    | <b>0.35</b>  | <b>17.5</b>    | <b>38.15</b>  |
| <b>60</b>      | <b>0.45</b>    | <b>125</b>    | <b>0.38</b>  | <b>27</b>      | <b>47.5</b>   |

#### 4.7 Pengujian Integrasi Keseluruhan

Dalam pengujian integrasi keseluruhan meliputi 2 bagian yaitu integrasi charger dan integrasi penggunaan UPS pada beban.



*Gambar 4.13 Hardware UPS*

1. **Integrasi Charger (Rectifier, Buck Konverter I, Buck Konverter II, Charger, dan 4 buah accu 12V/60Ah)**

*Tabel 4.8 Penunjukan data pada Integrasi charger*

| Vin (Vdc) | Iin (A) | Vo (V) | Io (V) | Pin (W) | Po (W) |
|-----------|---------|--------|--------|---------|--------|
| 80        | 0.05    | 53     | 0.04   | 4       | 2.12   |
| 120       | 0.1     | 53.2   | 0.09   | 12      | 10.11  |
| 160       | 0.22    | 53.5   | 0.2    | 35.2    | 10.66  |
| 180       | 0.28    | 53.5   | 0.25   | 50.4    | 13.38  |
| 220       | 0.36    | 54     | 0.3    | 79.2    | 16.2   |

## 2. Integrasi Penggunaan UPS dengan beban lampu pijar 250W/220V

Dalam integrasi penggunaan UPS ini meliputi 4 buah accu, boost konverter, inverter, trafo step up dan dengan beban 250W/220V.

*Tabel 4.8 Penunjukan data pada integrasi penggunaan UPS pada beban lampu pijar 250W/220V*

| <b>Vin (Vdc)</b> | <b>Iin (A)</b> | <b>Vo (V)</b> | <b>Io (A)</b> | <b>Pin (W)</b> | <b>Po (W)</b> |
|------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| <b>52</b>        | <b>5</b>       | <b>219</b>    | <b>1</b>      | <b>260</b>     | <b>219</b>    |

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan proses perencanaan, pembuatan dan pengujian alat serta dengan membandingkan dengan teori – teori penunjang, dan dari data yang telah didapat maka dapat disimpulkan :

- Hasil data pada sistem integrasi keseluruhan didapat persen error yang tidak terlalu besar dengan perencanaan.
- Komponen elektronik misalnya IGBT tipe 1MBH60D kebanyakan tidak mampu atau tidak sesuai dengan datasheet, misalnya didatasheet tertera arus maksimum sebesar 60A tapi kenyataannya dilapangan hasilnya berbeda.
- Untuk sumber pada driver penyulutan buck converter I dan buck converter II yang sebesar 12 V, sumber harus terpisah. Karena apabila diintegrasikan penyulutan pada buck konverter I tidak berjalan dengan baik.

### **5.2 Saran**

Pada pengerjaan Tugas Akhir ini tentu tidak lepas dari berbagai macam kekurangan dan kelemahan, baik itu pada sistem maupun pada peralatan yang telah dibuat. Untuk memperbaiki kekurangan dari peralatan tersebut, maka perlu melakukan hal – hal sebagai berikut :

- Dari beberapa alat yang telah dilakukan masih perlu disempurnakan lagi.
- Dalam integrasi sistem secara keseluruhan misalnya pada buck konverter I dan buck konverter II perlu dipasang diode pada outputan buck converter I, agar arus yang mengalir pada buck konverter II tidak kembali lagi pada buck konverter I. Dan tegangan input maupun outputan dapat sesuai dengan yang diharapkan.

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Afif, Salakhudin, *Rancang Bangun Inverter Satu Fase Sebagai Daya Cadangan Rumah Tangga*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Industri, PENS-ITS, 2007.
- [2] Novianto, Atim, *Rancang Bangun UPS Normally On Berbasis Mikrokontroler*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Industri, PENS-ITS, 2008.
- [3] Muhammad H. Rhasid, "*POWER ELECTRONICS : CIRCUITS, DEVICE, AND APPLICATIONS, 2<sup>ND</sup> ED.*", PT Prenhallindo, Jakarta, 1999
- [4] Yahya Chusna Arif, Indhana Sudhiarto, *Teknik perbaikan kualitas daya pada pembangkit tenaga hybrid dengan menggunakan filter pasif*, jurnal

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## LAMPIRAN

/\*\*\*\*\*\*

This program was produced by the

CodeWizardAVR V1.25.3 Standard

Automatic Program Generator

© Copyright 1998-2007 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.

<http://www.hpinfotech.com>

Project :

Version :

Date : 07/06/2011

Author : F4CG

Company : F4CG

Comments:

Chip type : ATmega16

Program type : Application

Clock frequency : 11,059200 MHz

Memory model : Small

External SRAM size : 0

Data Stack size : 256

\*\*\*\*\*/

```
#include <mega16.h>
```

```
#include <delay.h>
```

```
#include <stdio.h>
```

```
//#asm
```

```
    // .equ __lcd_port=0x18 ;PORTb
```

```
//#endasm
```

```
//#include <lcd.h>
```

```
int a,i;
```

```
float vout,duty1,duty2,c,b;
```

```
//unsigned char dis[16];
```

```
interrupt [TIM0_COMP] void timer0_comp_isr(void)
```

```
{
```

```
    TCNT0=0;
```

```
    i++;
```

```
    if(i==20)
```

```
    {    PORTC.0=0;
```

```
//PORTC.1=0;
//PORTC.2=0;
PORTC.3=0;
#asm("nop")
i=0;
PORTC.0=0;
PORTC.1=1;
PORTC.2=1;
PORTC.3=0;
}
if(i==10)
{ //PORTC.0=0;
PORTC.1=0;
PORTC.2=0;
//PORTC.3=0;
#asm("nop")
PORTC.0=1;
PORTC.1=0;
PORTC.2=0;
PORTC.3=1;
}
```

```
}
```

```
// Timer 1 overflow interrupt service routine
```

```
interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
```

```
{   PORTC.4=1;    // output boost
```

```
    PORTC.5=1;
```

```
    TCNT1H=0xFF; // frekuensi 40 Khz
```

```
    TCNT1L=0x03;
```

```
}
```

```
interrupt [TIM1_COMPA] void timer1_compa_isr(void)
```

```
{
```

```
    PORTC.4=0;
```

```
}
```

```
interrupt [TIM1_COMPB] void timer1_compb_isr(void)
```

```
{
```

```
    PORTC.5=0;
```

```
}
```

```
#define ADC_VREF_TYPE 0x40
```

```
// Read the AD conversion result

unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);

    // Start the AD conversion

    ADCSRA|=0x40;

    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);

    ADCSRA|=0x10;

    return ADCW;
}

void main(void)
{
    PORTC=0x00;

    DDRC=0xFF;

    TCCR0=0x05;    //frekuensi 50 Hz inverter
    TCNT0=0x00;
    OCR0=0x0A;    //frekuensi 50 Hz inverter
```

```
TCCR1A=0x00;
```

```
TCCR1B=0x01;
```

```
TCNT1H=0x00;
```

```
TCNT1L=0x00;
```

```
ICR1H=0x00;
```

```
ICR1L=0x00;
```

```
OCR1AH=0xFF; //duty cycle1 (52%)
```

```
OCR1AL=0xBD;
```

```
OCR1BH=0xFF; //duty cycle2 (76%)
```

```
OCR1BL=0xBD;
```

```
OCR1AH;
```

```
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
```

```
ADCSRA=0x87;
```

```
TIMSK=0x1E; //interrupt timer1
```

```
#asm("sei")
```

```
//lcd_init(16);
```

```
//lcd_gotoxy(0,0); lcd_putsf("TUGAS AKHIR"); delay_ms(1500);
```

```
//lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("4 D4 ELIN");  
  
//delay_ms(3000);  
  
//lcd_clear();  
  
while (1)  
{  
  
    b=read_adc(0);  
    duty1=b*1.01/1025*275;  
    if(duty1>=222)  
        duty1=222;  
    if(duty1<=100)  
        duty1=100;  
    OCR1A=duty1+0xFEED;  
    c=read_adc(1);  
    duty2=c*1.01/1025*275;  
    if(duty2>=230)  
        duty2=230;  
    if(duty2<=100)  
        duty2=100;  
    OCR1B=duty2+0xFEED;
```

```
//    a=read_adc(0);  
//    vout=a*250.0/1024;  
//    sprintf(dis,"Vout: %6.2fV ",vout);  
//    lcd_gotoxy(0,0);  
//    lcd_puts(dis);  
//    sprintf(dis,"1)%5.2f  
2)%5.2f",duty1*100/278,duty2*100/278);  
//    lcd_gotoxy(0,1);  
//    lcd_puts(dis);  
};  
}
```

## BIODATA PENULIS



Nama : Lexi Yustisia  
 TTL : Probolinggo, 19 Februari 1987  
 Alamat : Perum Kembang Permai ii 13-14, Bondowoso (68219)  
 Telepon : (0332)428502  
 HP : 085236064046  
 Email : [hiphuraa@gmail.com](mailto:hiphuraa@gmail.com)

Penulis terlahir sebagai anak ke-2 dari 3 bersaudara. Memiliki hobby musik, traveling, wisata kuliner, futsal, basket, bersepeda, dan sepak bola.

Memiliki motto “Jadilah seperti apa yang kamu inginkan, karena kamu hanya memiliki satu kehidupan dan satu kesempatan untuk melakukan hal - hal yang ingin kamu lakukan“.

Riwayat pendidikan formal yang pernah ditempuh:

- ❖ SDN Dabasah 1 Bondowoso lulus tahun 2000.
- ❖ SLTP Negeri 1 Bondowoso lulus tahun 2003.
- ❖ SMU Negeri 2 Jember lulus tahun 2006.

Jurusan Teknik Elektro Industri Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS) Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS).

Pada tanggal 19 Juli 2011 mengikuti Seminar Proyek Akhir sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains Terapan (S.ST) di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS).

## LAMPIRAN

/\*\*\*\*\*\*

This program was produced by the  
CodeWizardAVR V1.25.3 Standard  
Automatic Program Generator  
© Copyright 1998-2007 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.  
<http://www.hpinfotech.com>

Project :  
Version :  
Date : 07/06/2011  
Author : F4CG  
Company : F4CG  
Comments:

Chip type : ATmega16  
Program type : Application  
Clock frequency : 11,059200 MHz  
Memory model : Small  
External SRAM size : 0  
Data Stack size : 256

\*\*\*\*\*/

```
#include <mega16.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
//asm
// .equ __lcd_port=0x18 ;PORTb
//endasm
//include <lcd.h>
```

```
int a,i;
float vout,duty1,duty2,c,b;
//unsigned char dis[16];
interrupt [TIM0_COMP] void timer0_comp_isr(void)
{
    TCNT0=0;
    i++;
```

```

if(i==20)
{
    PORTC.0=0;
    //PORTC.1=0;
    //PORTC.2=0;
    PORTC.3=0;
    #asm("nop")
    i=0;
    PORTC.0=0;
    PORTC.1=1;
    PORTC.2=1;
    PORTC.3=0;
}
if(i==10)
{
    //PORTC.0=0;
    PORTC.1=0;
    PORTC.2=0;
    //PORTC.3=0;
    #asm("nop")
    PORTC.0=1;
    PORTC.1=0;
    PORTC.2=0;
    PORTC.3=1;
}
}

// Timer 1 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
    PORTC.4=1;    // output boost
    PORTC.5=1;
    TCNT1H=0xFF; // frekuensi 40 Khz
    TCNT1L=0x03;
}
interrupt [TIM1_COMPA] void timer1_compa_isr(void)
{
    PORTC.4=0;
}
interrupt [TIM1_COMPB] void timer1_compb_isr(void)
{
    PORTC.5=0;
}

```

```

}

#define ADC_VREF_TYPE 0x40

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
  ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
  // Start the AD conversion
  ADCSRA|=0x40;
  // Wait for the AD conversion to complete
  while ((ADCSRA & 0x10)==0);
  ADCSRA|=0x10;
  return ADCW;
}

void main(void)
{
  PORTC=0x00;
  DDRC=0xFF;

  TCCR0=0x05; //frekuensi 50 Hz inverter
  TCNT0=0x00;
  OCR0=0x0A; //frekuensi 50 Hz inverter

  TCCR1A=0x00;
  TCCR1B=0x01;
  TCNT1H=0x00;
  TCNT1L=0x00;
  ICR1H=0x00;
  ICR1L=0x00;

  OCR1AH=0xFF; //duty cycle1 (52%)
  OCR1AL=0xBD;
  OCR1BH=0xFF; //duty cycle2 (76%)
  OCR1BL=0xBD;
  OCR1AH;

  ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;

```

```

ADCSRA=0x87;

TIMSK=0x1E;    //interrupt timer1
#asm("sei")
//lcd_init(16);
//lcd_gotoxy(0,0); lcd_putsf("TUGAS AKHIR"); delay_ms(1500);
//lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("4 D4 ELIN");
//delay_ms(3000);
//lcd_clear();
while (1)
{

    b=read_adc(0);
    duty1=b*1.01/1025*275;
    if(duty1>=222)
        duty1=222;
    if(duty1<=100)
        duty1=100;
    OCR1A=duty1+0xFEEB;
    c=read_adc(1);
    duty2=c*1.01/1025*275;
    if(duty2>=230)
        duty2=230;
    if(duty2<=100)
        duty2=100;
    OCR1B=duty2+0xFEEB;

    //    a=read_adc(0);
    //    vout=a*250.0/1024;
    //    sprintf(dis,"Vout: %6.2fV ",vout);
    //    lcd_gotoxy(0,0);
    //    lcd_puts(dis);
    //    sprintf(dis,"1)%5.2f
2)%5.2f",duty1*100/278,duty2*100/278);
    //    lcd_gotoxy(0,1);
    //    lcd_puts(dis);
};
}

```



## BIODATA PENULIS



Nama : Lexi Yustisia  
TTL : Probolinggo, 19 Februari 1987  
Alamat : Perum Kembang Permai ii 13-14, Bondowoso (68219)  
Telepon : (0332)428502  
HP : 085236064046  
Email : [hiphuraa@gmail.com](mailto:hiphuraa@gmail.com)

Penulis terlahir sebagai anak ke-2 dari 3 bersaudara. Memiliki hobby musik, traveling, wisata kuliner, futsal, basket, bersepeda, dan sepak bola.

Memiliki motto “Jadilah seperti apa yang kamu inginkan, karena kamu hanya memiliki satu kehidupan dan satu kesempatan untuk melakukan hal - hal yang ingin kamu lakukan”.

Riwayat pendidikan formal yang pernah ditempuh:

- ❖ SDN Dabasah 1 Bondowoso lulus tahun 2000.
- ❖ SLTP Negeri 1 Bondowoso lulus tahun 2003.
- ❖ SMU Negeri 2 Jember lulus tahun 2006.
- ❖ Jurusan Teknik Elektro Industri Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS) Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS).

Pada tanggal 19 Juli 2011 mengikuti Seminar Proyek Akhir sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana S Terapan (S.ST) di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS).

# Rancang Bangun UPS Untuk Beban (900VA) Berbasis Mikrokontroler

Joke Pratilastiarso <sup>1</sup>, Endro Wahjono <sup>2</sup>, Lexi Yustisia <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

<sup>3</sup> Mahasiswa D4 Jurusan Teknik Elektro Industri

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – ITS

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Email: [pushmeonk@gmail.com](mailto:pushmeonk@gmail.com)

## ABSTRAK

Banyak pemadaman listrik dilakukan di daerah – daerah secara bergilir. Pemadaman listrik ini dilakukan karena kapasitas beban sudah melebihi kapasitas yang telah ditentukan. Kebutuhan energi listrik untuk mensupply peralatan elektronik semakin meningkat. Namun energi listrik yang disalurkan oleh PLN kepada konsumen tidak selamanya berjalan dengan baik, sewaktu – waktu bisa padam. Maka perlu diupayakan sumber energi listrik alternatif. Dalam proyek akhir ini Uninterruptible Power Supply (UPS) yang berbasis mikrokontroler dimanfaatkan sebagai catu daya peralatan elektronik supaya dapat bekerja dalam kondisi sumber energi listrik dari PLN padam. Dalam UPS digunakan peralatan penyearah yang berupa bridge rectifier bertujuan untuk menyearahkan tegangan AC menjadi tegangan DC. Kemudian keluaran dari rectifier digunakan sebagai masukan dari buck converter yang bertujuan menurunkan tegangan yang semula 220Vdc menjadi  $\pm 55Vdc$  untuk mencharger accu 48Vdc. Kemudian terdapat rangkaian boost converter untuk menaikkan tegangan dari keluaran accu menjadi 110Vdc, dan terdapat inverter yang digunakan untuk merubah tegangan DC menjadi tegangan AC, yang kemudian dari output inverter terhubung trafo step up yang berfungsi untuk menaikkan tegangan menjadi tegangan rumah tangga sebesar 220Vac. Dengan daya maksimum 900VA UPS ini dapat mensupply beban selama 2 jam pada saat listrik dari PLN padam.

**Kata kunci :** UPS, rectifier, boost converter, inverter, travo step up

## 1. PENDAHULUAN

Dengan bertambahnya kebutuhan manusia maka teknologi juga akan semakin berkembang, Fenomena ini akan semakin memacu konsumsi energi listrik. Setiap kebutuhan manusia banyak menggunakan peralatan - peralatan elektrik yang lebih praktis dan efisien, sehingga semakin tinggi tingkat konsumsi energi listrik maka pihak PLN (Pembangkit Listrik

Negara) sebagai penyedia energi listrik dan sebagai pengelola energi kelistrikan nasional memiliki kewajiban memenuhi kebutuhan energi listrik nasional yang semakin tahun semakin meningkat. Hal tersebut maka pihak PLN sering melakukan pemadaman listrik secara bergilir. Pemadaman listrik ini dilakukan karena kapasitas beban sudah melebihi kapasitas yang telah ditentukan, sehingga pembangkit listrik yang ada tidak mencukupi. Pemadaman listrik yang dilakukan secara tiba – tiba akan menyebabkan peralatan elektronika menjadi cepat rusak dan pekerjaan (data) yang kita kerjakan akan hilang.

Untuk mengantisipasi terjadinya pemadaman listrik secara tiba – tiba dibutuhkan suatu sumber energi seperti UPS (Uninterruptible Power Supply) yang dapat mensupply peralatan elektronika apabila ada gangguan pemadaman energi listrik.

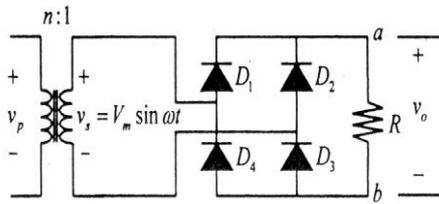
Di dalam UPS terdapat rectifier untuk merubah tegangan AC to DC, dan terdapat pula Buck converter, Buck converter ini yang memegang peranan penting untuk mencharger battery, setelah itu yang terdapat inverter untuk merubah tegangan DC to AC dari output battery yang kemudian outputnya ke trafo step up untuk menaikkan tegangan dari 24Vac ke 220Vac yang kemudian ke beban.

Dengan berkembangnya teknologi UPS, maka alat tersebut diharapkan mampu memberikan tegangan regulasi yang baik serta mampu memberikan arus yang cukup kepada beban. Dengan demikian bila terjadi pemadaman listrik secara tiba – tiba, peralatan elektronik tidak mudah rusak dan masih dapat aktif selama beberapa saat.

## 2. DASAR TEORI

### A. Full Wave Rectifier 1 Fasa

Secara umum dalam perancangan DC power supply satu fase selalu diawali oleh proses penyearahan gelombang sehingga diperoleh bentuk gelombang searah. Umumnya menggunakan penyearah fullbridge atau model jembatan dimana dengan memasang 4 buah diode sebagai saklar atau switch untuk mengatur arah aliran gelombang ke output beban seperti pada gambar 1 di bawah ini.



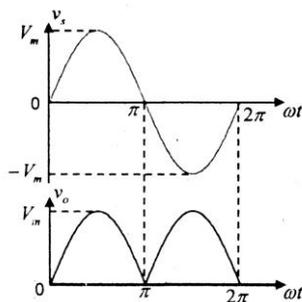
**Gambar 1.** Rangkaian Full Wave Rectifier 1 fasa

Nilai tegangan rata-rata dari beban ( $V_L$  Average) dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 V_{*} &= \frac{1}{T} \int_0^T v_o dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_m \sin \omega t d\omega t = \frac{1}{2\pi} \left[ \int_0^{\pi} V_m \sin \omega t d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} -V_m \sin \omega t d\omega t \right] \\
 &= \frac{V_m}{2\pi} \left[ [-\cos \omega t]_0^{\pi} + [\cos \omega t]_{\pi}^{2\pi} \right] = \frac{V_m}{2\pi} \left[ -[\cos \pi - \cos 0] - [\cos 2\pi - \cos \pi] \right] \\
 &= \frac{V_m}{2\pi} [-[-1-1] + [1-(-1)]] = \frac{V_m}{2\pi} [4] = \frac{2V_m}{\pi} \\
 &= 0,636V_m
 \end{aligned}$$

Nilai tegangan RMS dari beban ( $V_L$  rms) dapat dihitung dengan rumus setelah menggunakan filter C :

$$V_{ac} = \frac{V_{r(pp)}}{2\sqrt{2}} = \frac{V_m}{4\sqrt{2}fRC} \quad (1)$$



**Gambar 2.** Bentuk gelombang tegangan input - output

Dengan melihat gelombang tegangan yang ditunjukkan pada gambar 2 kita dapat menghitung nilai rata-rata dari arus beban ( $I_{ave}$ ) dengan rumus :

$$I_{ave} = \frac{V_{ave}}{R} \quad (2)$$

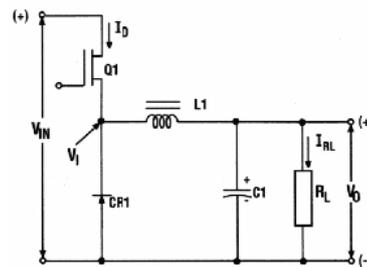
Nilai arus RMS dari beban ( $I_L$  rms) dapat dihitung dengan rumus :

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} \quad (3)$$

## B. Buck converter

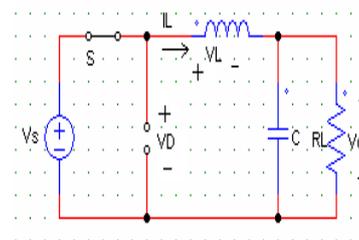
Buck converter adalah konverter daya yang digunakan untuk merubah suatu tegangan DC masukan ( $V_a$ ) ke tegangan keluaran DC yang lebih kecil ( $V_s$ ). Seperti halnya transformator pada tegangan AC. Komponen yang digunakan untuk menjalankan fungsi penghubung tersebut tidak lain adalah switch (solid state electronic switch) seperti misalnya Thyristor, MOSFET, IGBT, GTO.

Berikut gambar 3 merupakan skematik buck chopper.

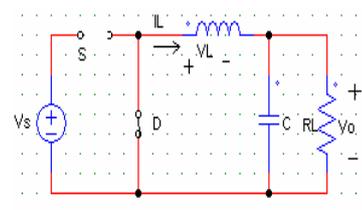


**Gambar 3.** Buck Converter

Cara kerja rangkaian dapat dibagi menjadi dua mode. Mode 1 dimulai pada saat mosfet Q1 di-on-kan pada  $t=0$ , arus masukan, yang meningkat, mengalir melalui filter induktor L, filter kapasitor C dan beban resistor R. Mode 2 dimulai pada saat transistor Q1 di-off-kan pada  $t=t_1$ . Dioda freewheeling Dm terhubung karena energi yang tersimpan pada induktor dan arus induktor tetap mengalir melalui L,C, beban dan dioda Dm. Arus induktor turun sampai mosfet Q1 di-on-kan kembali pada siklus berikutnya. Rangkaian ekuivalen untuk kerja mode-mode ditunjukkan pada gambar 4 saat mode on dan gambar 5 saat mode off.



**Gambar 4.** mosfet mode-on kondisi mode 1



**Gambar 4.** mosfet mode-off kondisi mode 2

### C. Battery/Accu

Baterai atau sering disebut sel kering, adalah salah satu komponen pendukung dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau motor, semua memerlukan accu untuk dapat menghidupkan mesin kendaraan (mencatu arus pada dinamo stater kendaraan). Accu mampu mengubah tenaga kimia menjadi tenaga listrik.

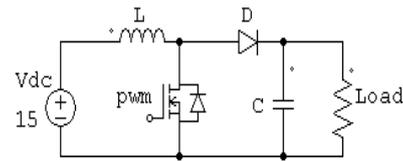
Dikenal dua jenis elemen yang merupakan sumber arus searah (DC) dari proses kimiawi, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi kimia pada elemen primer yang menyebabkan elektron mengalir dari elektroda negative (katoda) ke elektroda positif (anoda) tidak dapat dibalik arahnya. Maka jika muatannya habis, maka elemen primer tidak dapat dimuati kembali dan memerlukan penggantian bahan pereaksinya (elemen kering). Sehingga dilihat dari sisi ekonomis elemen primer dapat dikatakan cukup boros. Contoh elemen primer adalah batu baterai (dry cells).

Elemen sekunder dalam pemakaiannya harus diberi muatan terlebih dahulu sebelum digunakan, yaitu dengan cara mengalirkan arus listrik. Akan tetapi tidak seperti elemen primer, elemen sekunder dapat dimuati kembali berulang kali. Elemen sekunder ini lebih dikenal dengan accu. Dalam sebuah accu berlangsung proses elektrokimia yang reversible (bolak-balik) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversible yaitu di dalam accu saat dipakai berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (discharging). Sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (charging).

Besar ggl yang dihasilkan satu sel aki adalah 2 Volt. Sebuah aki mobil terdiri dari enam buah aki yang disusun secara seri, sehingga ggl totalnya adalah 12 Volt. Accu mencatu arus untuk menyalakan mesin (motor dan mobil dengan menghidupkan dinamo stater) dan komponen listrik lain dalam mobil. Pada saat mobil berjalan accu dimuati (diisi) kembali sebuah dinamo (disebut dinamo jalan) yang dijalankan dari putaran mesin mobil atau motor. Pada accu kendaraan bermotor arus yang terdapat di dalamnya dinamakan dengan kapasitas accu yang disebut Ampere Hour/AH (Ampere-jam). Contohnya untuk accu dengan kapasitas arus 60 AH, maka aki tersebut dapat mencatu arus 60 Ampere selama 1 jam atau 1 Ampere selama 60 jam.

### D. Boost Converter

Prinsip Kerja Boost Converter, gambar dibawah ini menunjukkan gambar rangkaian dasar Boost Converter.

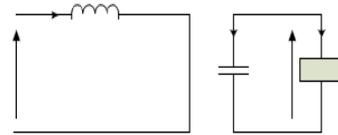


Gambar 2. Rangkaian dasar Boost Converter

Prinsip kerja dari boost konverter ini terbagi menjadi 2 mode yaitu :

#### □ Mode 1

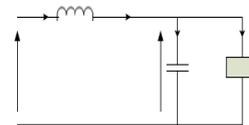
Mode 1 dimulai ketika  $M_1$  di on-kan pada  $t = 0$ . Arus masukan yang meningkat mengalir melalui induktor L dan Sw. Karena tegangan pada kapasitor masih 0 sehingga beban tidak mendapat suplai tegangan saat  $M_1$  pertama kali di on-kan.



Gambar 3. Rangkaian Ekuivalen Mode 1

#### □ Mode 2

Mode 2 dimulai pada saat  $M_1$  di off-kan pada  $t = t_1$ . Arus yang mengalir melalui Sw akan mengalir melalui L, C, beban, dan diode Dm. Arus induktor akan turun sampai transistor di on-kan kembali pada siklus lebih lanjut. Energi yang tersimpan pada induktor L dipindahkan ke beban.



Gambar 4. Rangkaian Ekuivalen Mode 2

Dan ketika Sw di on-kan kembali maka arus pada induktor L akan meningkat dan energi yang tersimpan pada kapasitor C akan mengalir ke beban, sehingga aliran tegangan yang mengalir ke beban tidak akan pernah terputus / kontinyu. Sehingga tegangan rata-rata dari Boost Konverter dapat dirumuskan seperti dibawah ini:

$$V_o = \frac{V_s}{1-k}$$

$$k = \frac{t_1}{t_1 + t_2}$$

dimana:

$V_o$  = Tegangan Output, V

$V_s$  = Tegangan Input, V

$k$  = Duty Cycle

$t_1$  = waktu untuk mode 1, detik

$t_2$  = waktu untuk mode 2, detik

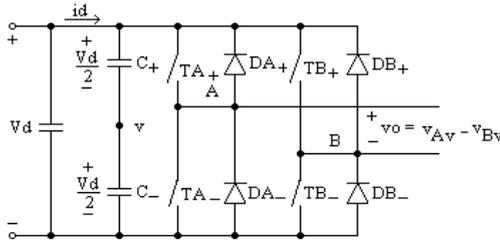
Boost Converter dapat menaikkan tegangan keluaran tanpa memerlukan trafo. Karena memiliki 1 buah transistor. Arus masukan kontinyu namun arus puncak yang tinggi mengalir melalui transistor.

Tegangan keluaran sangat sensitif terhadap perubahan duty cycle  $k$  dan sangat sulit untuk menstabilkan regulator.

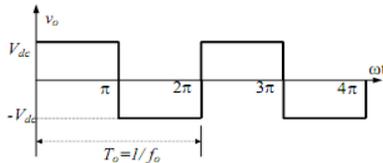
### E. Inverter

Konverter DC ke AC dinamakan inverter. Fungsi sebuah inverter adalah mengubah tegangan *input* DC menjadi tegangan *output* AC. Tegangan outputnya bisa tertentu dan bisa pula diubah-ubah dengan frekuensi tertentu atau frekuensi yang diubah-ubah. Tegangan output variabel didapat dengan mengubah-ubah tegangan input DC dan agar gain inverter konstan. Disisi lain, apabila tegangan input DC adalah tertentu dan tidak bisa diubah-ubah, bisa didapatkan tegangan output yang variabel dengan mengubah-ubah gain dari inverter, yang biasanya dilakukan dengan kontrol PWM didalam inverter. *Gain* inverter didefinisikan sebagai rasio tegangan output AC terhadap tegangan input DC.

Bentuk gelombang tegangan output inverter ideal adalah sinus. Tetapi kenyataannya bentuk gelombang tegangan output inverter tidaklah sinus dan mengandung harmonisa tertentu. Untuk penerapan dengan daya rendah dan menengah, gelombang kotak simetri ataupun tidak simetri bisa digunakan, sedangkan untuk penerapan dengan daya tinggi dibutuhkan untuk gelombang sinus dengan sedikit *distorsi*. Dengan kemampuan piranti semikonduktor daya kecepatan tinggi yang tersedia, kandungan harmonisa dalam bentuk gelombang output bisa dikurangi dengan teknik penyakelaran (*switching*).



Gambar 5. Full bridge Inverter satu fasa



Gambar 6. Bentuk tegangan keluaran inverter gelombang kotak

Berdasarkan Gambar 6. maka tegangan keluaran  $V_o(\omega t)$ :

$$V_o(\omega t) = V_{dc} \text{ untuk } 0 \leq \omega t \leq \pi \quad (4)$$

$$V_o(\omega t) = -V_{dc} \text{ untuk } \pi \leq \omega t \leq 2\pi \quad (5)$$

Dari Persamaan (4) dan (5) maka tegangan keluaran rms ( $V_{o-RMS}$ ) dari inverter square wave adalah :

$$V_{o-RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_{dc}^2 d\omega t} \quad (6)$$

$$V_{o-RMS} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left( \int_0^{\pi} V_{dc}^2 d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} (-V_{dc})^2 d\omega t \right)} \quad (7)$$

$$V_{o-RMS} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left( \pi(V_{dc})^2 + 2\pi(-V_{dc})^2 - \pi(-V_{dc})^2 \right)} \quad (8)$$

$$V_{o-RMS} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} (2\pi(V_{dc})^2)} \quad (9)$$

$$V_{o-RMS} = V_{dc} \quad (10)$$

Berdasarkan bentuk gelombang tegangan pada Gambar 5. Dapat dikembangkan untuk menyatakan tegangan keluaran sesaat dalam deret Fourier sebagai :

$$V_o = \frac{4V_{dc}}{\pi} \sum_{n=1,2,3,\dots} \frac{\sin n\omega t}{n} \quad (11)$$

$$V_o(\omega t) = \frac{4V_{dc}}{\pi} (\sin(\omega t) + \sin(3\omega t) + \dots) \quad (12)$$

Dan untuk  $n=1$ , maka nilai tegangan rms komponen fundamental sebagai:

$$V_1 = \frac{4V_{dc}}{\pi\sqrt{2}} = 0.9V_{dc} \quad (13)$$

Persamaan arus beban sesaat  $I_o$  untuk beban RL adalah:

$$I_o = \sum_{n=1,3,\dots}^{\infty} \frac{4V_{dc}}{n\pi\sqrt{R^2 + (n\omega L)^2}} \sin(n\omega t - \theta_n) \quad (14)$$

Dan untuk  $n=1$ , maka nilai arus rms komponen fundamental sebagai:

$$I_o = \frac{4V_{dc}}{\pi\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \sin(\omega t - \theta) \quad (15)$$

Dimana:

$$\theta = \tan^{-1}(\omega L / R) \quad (2.28)$$

### F. Sensor Tegangan

Sensor tegangan menggunakan resistor pembagi tegangan dipasang secara paralel antara

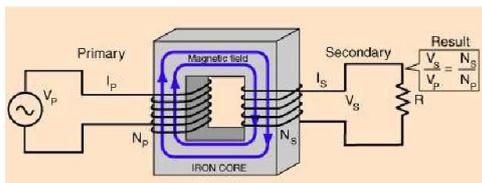
phasa dan netral. Fungsi resistor ini adalah untuk menurunkan tegangan dari tegangan sumber menjadi tegangan yang dikehendaki.

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in} \quad (16)$$

### G. Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain. Melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Dalam bidang elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai gandingan impedansi antara sumber dan beban; untuk memisahkan satu rangkaian dari rangkaian yang lain; dan untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan atau mengalirkan arus bolak-balik antara rangkaian.



Gambar 7. Transformator

Pada dasarnya transformator terdiri dari dua kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Dimana tegangan pada kumparan primer akan ditransformasikan (diubah) pada kumparan sekunder, yang besarnya tergantung dari masing-masing jumlah lilitan pada kedua kumparan tersebut. Bila pada kumparan primer terdapat  $N_1$  lilitan yang diberi sumber tegangan  $V_1$  dan pada kumparan sekunder terdapat  $N_2$  lilitan maka pada kumparan sekunder terdapat tegangan sebesar :

$$V_1 = \frac{N_2}{N_1} V_2 \quad (17)$$

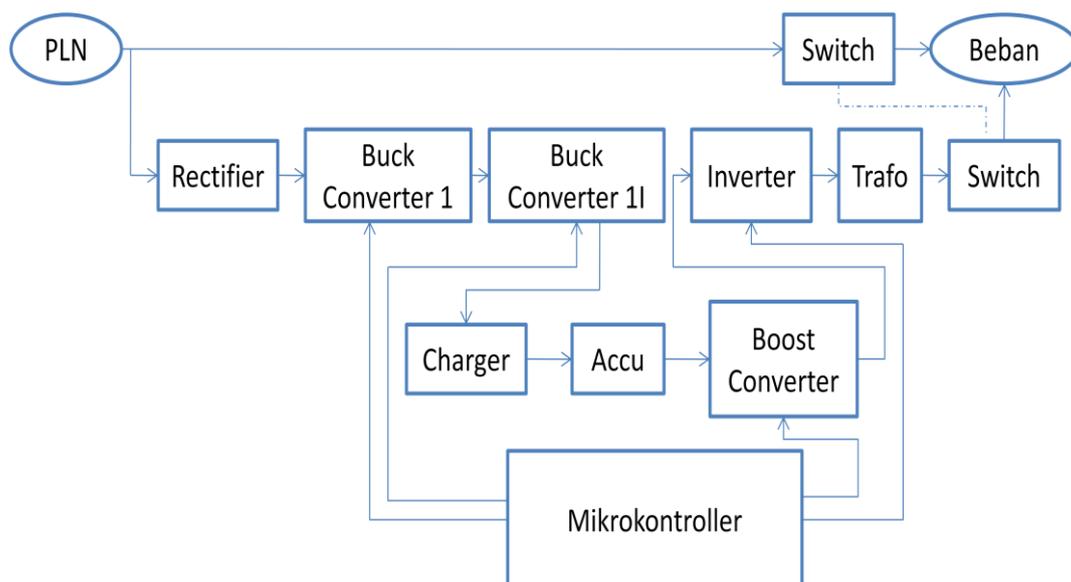
Dengan:

- $V_2$  : tegangan sekunder (V)
- $V_1$  : tegangan primer (V)
- $N_2$  : jumlah lilitan sekunder
- $N_1$  : jumlah lilitan primer

Didalam transformator terjadi dua prinsip yaitu pada kumparan primer terjadi hukum Oersted dan pada kumparan sekunder terjadi hukum Faraday, yang mana bunyi dari kedua hukum adalah sebagai berikut

- Hukum Faraday berbunyi bahwa medan magnet statis yang bergerak menurut fungsi waktu akan menghasilkan tegangan induksi yang kemudian menghasilkan arus listrik induksi.
- Hukum Oersted menyatakan bahwa arus listrik yang mengalir pada kawat penghantar, maka disekitar kawat penghantar tersebut terjadi medan magnet.

### 3. METODE PERANCANGAN SISTEM

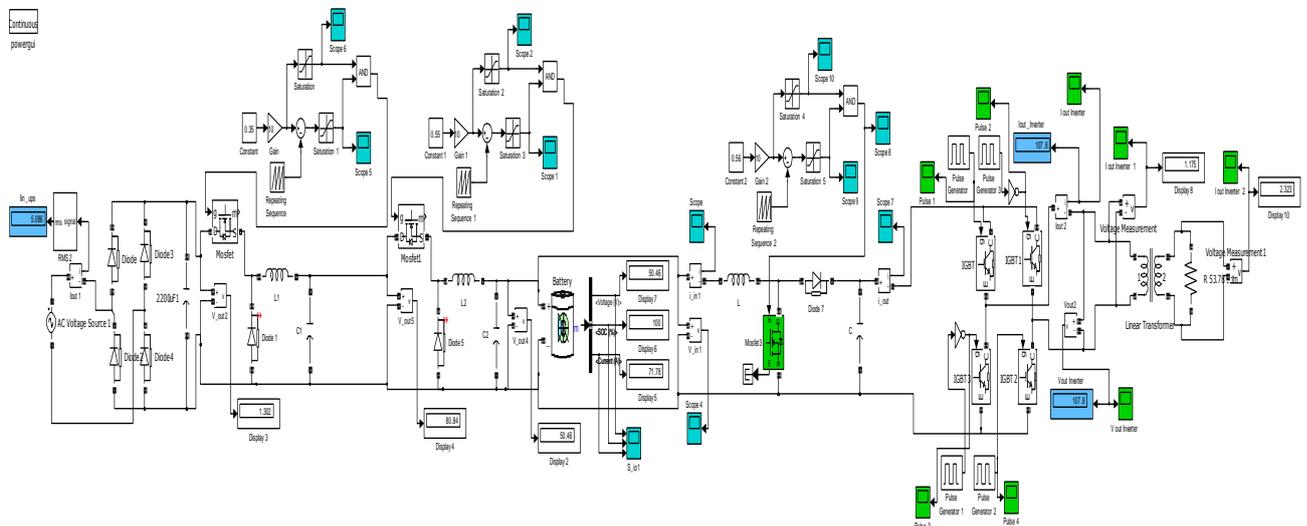


Gambar 8. Blok Diagram Sistem

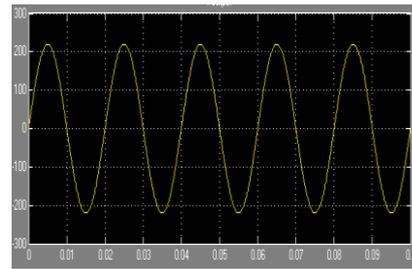
Gambar 8 menunjukkan diagram sistem secara keseluruhan Dalam UPS digunakan peralatan penyearah yang berupa bridge rectifier bertujuan untuk menyearahkan tegangan AC menjadi tegangan DC. Kemudian keluaran dari rectifier digunakan sebagai masukan dari buck converter yang bertujuan menurunkan tegangan yang semula 220Vdc menjadi  $\pm 55Vdc$  untuk mencharge accu 48Vdc. Kemudian terdapat rangkaian inverter yang digunakan untuk merubah tegangan DC menjadi tegangan AC, yang kemudian dari outputan inverter terhubung trafo step up yang berfungsi untuk menaikkan tegangan menjadi tegangan rumah tangga sebesar 220Vac dan dengan daya 900VA.

#### 4. HASIL PENELITIAN MELALUI SIMULASI

Dari hasil perancangan, dilakukan realisasi/pembuatan baik perangkat keras maupun lunak. Dan diadakan pengukuran/pengujian masing-masing bagian (sub-sistem) dari perangkat-perangkat tersebut sebelum dilakukan integrasi. Untuk mengetahui semua sistem yang telah dirancang sesuai dengan hasil yang diharapkan, maka dilakukan simulasi terlebih dahulu.



**Gambar 9.** Simulasi UPS pada Program MATLAB



**Gambar 10.** Gelombang Tegangan Output UPS

#### 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil percobaan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Dalam Uninterruptible Power Supply (UPS) dimanfaatkan sebagai cadangan daya peralatan elektronik supaya dapat bekerja dalam kondisi sumber energi listrik dari PLN padam.
- Pada Paper ini telah dilaksanakan pembuatan rectifier, buck converter, boost converter, charger, inverter, trafo step up, dan masih perlu dilanjutkan atau dikembangkan lagi.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afif, Salakhudin, *Rancang Bangun Inverter Satu Fase Sebagai Daya Cadangan Rumah Tangga*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Industri, PENS-ITS, 2007.

- [2] Novianto, Atim, *Rancang Bangun UPS Normally On Berbasis Mikrokontroler*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Industri, PENS-ITS, 2008.

# **Rancang Bangun UPS Pada Beban (900VA) Berbasis Mikrokontroler**

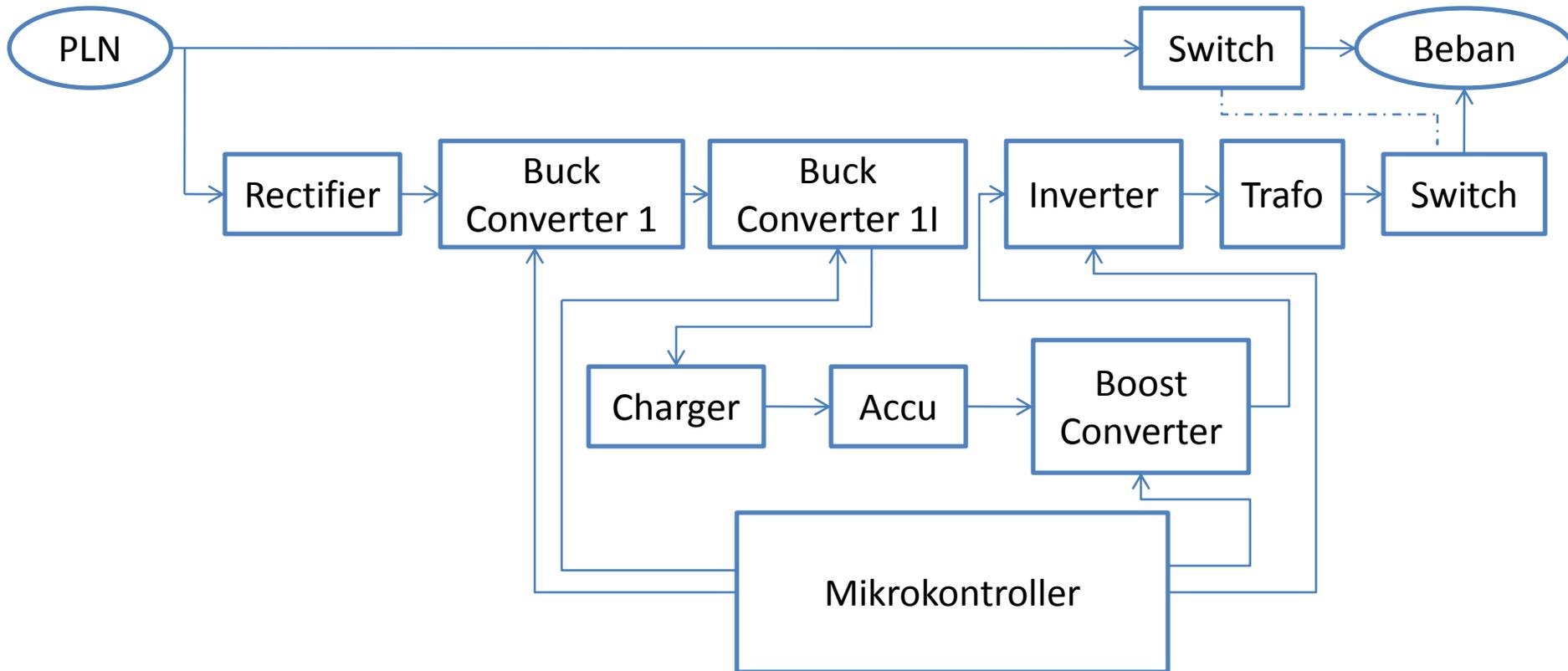
**Oleh :**

**Lexi Yustisia (7307.040.020)**

# LATAR BELAKANG

- Kebutuhan manusia yang semakin meningkat dan terbatasnya cadangan listrik sehingga sering dilakukan pemadaman listrik secara tiba – tiba.
- Dibutuhkan suatu sumber energi seperti UPS (Uninterruptible Power Supply) yang dapat mensupply peralatan elektronika apabila ada gangguan pemadaman energi listrik.

# Perencanaan Sistem



# Batasan Masalah

- Output UPS ini dapat menghasilkan tegangan keluaran sebesar 220Vac.
- Daya keluaran UPS maksimumnya dibatasi sebesar 900VA.
- Di harapkan UPS dapat mensupply beban sampai dengan 1 jam.

# Pengujian dan Analisa Rectifier



| Vin | Iin  | Vout | Iout |
|-----|------|------|------|
| (V) | (A)  | (V)  | (A)  |
| 60  | 0.4  | 79.6 | 0.18 |
| 120 | 0.58 | 161  | 0.25 |
| 180 | 0.8  | 247  | 0.32 |
| 220 | 0.9  | 302  | 0.35 |

Gambar hardware dan Hasil data rectifier satu fasa dengan 2 lampu pijar 100W/220V yang dipasang secara paralel

Dari hasil data di atas pada tegangan 220V maka tegangan output pada rectifier sebesar 302Vdc, sedangkan pada perhitungan teori outputan rectifier sebesar 291.68Vdc. %Error sebesar 3.5%

# Pengujian dan Analisa Buck Konverter I

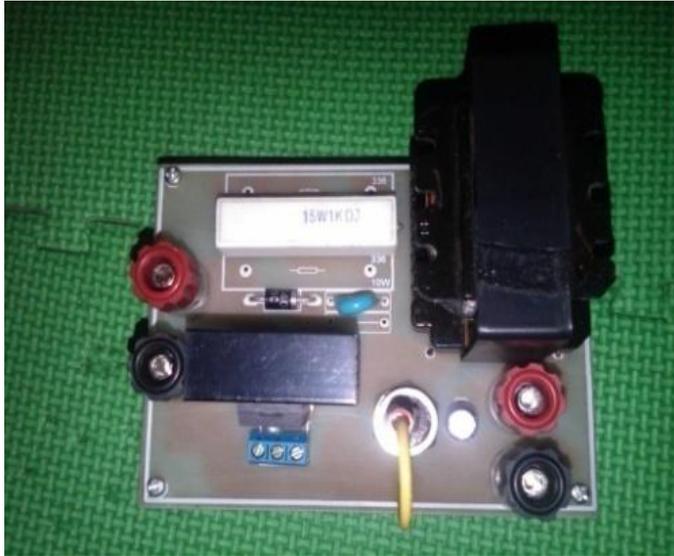


| D   | Vin | Iin  | Vout | Iout | Pin   | Pout  |
|-----|-----|------|------|------|-------|-------|
| 0.2 | 302 | 0.10 | 102  | 0.19 | 30.1  | 19.38 |
| 0.3 | 302 | 0.12 | 119  | 0.21 | 30.1  | 24.99 |
| 0.4 | 302 | 0.13 | 141  | 0.24 | 39.13 | 33.84 |
| 0.5 | 302 | 0.15 | 162  | 0.25 | 45.15 | 40.5  |
| 0.6 | 302 | 0.19 | 185  | 0.28 | 57.19 | 51.8  |

Gambar hardware dan Hasil data Buck Konverter I dengan 2 lampu pijar 100W/220V yang dipasang secara paralel

Dari hasil data di atas pada tegangan input buck konverter sebesar 302Vdc dari hasil outputan rectifier dengan duty cycle 0.2, dengan keluaran buck sebesar 102 Vdc, tapi di dalam teori pada perencanaan keluaran buck konverter sebesar 100Vdc dengan duty cycle 0.3, %Error adalah 3% pada duty cycle dan 0.2% pada tegangan output buck konverter I

# Pengujian dan Analisa Buck Konverter II

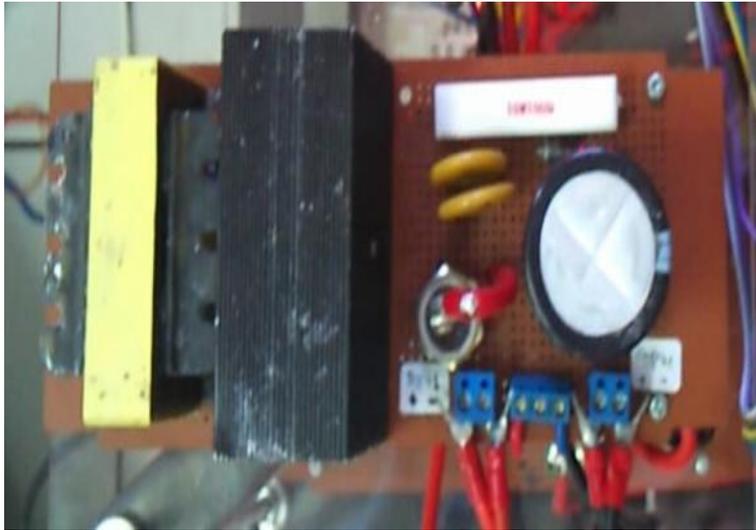


| D   | Vin | Iin  | Vout | Iout | Pin | Pout  |
|-----|-----|------|------|------|-----|-------|
| 0.3 | 100 | 0.10 | 56   | 0.15 | 10  | 8.4   |
| 0.4 | 100 | 0.11 | 58   | 0.16 | 11  | 9.28  |
| 0.5 | 100 | 0.12 | 62   | 0.17 | 12  | 10.54 |
| 0.6 | 100 | 0.13 | 67   | 0.18 | 13  | 12.06 |

Gambar hardware dan Hasil data Buck Konverter II dengan 2 lampu pijar 100W/220V yang dipasang secara paralel

Pada data diatas disebutkan pada tegangan output buck konverter sebesar 56Vdc dengan duty cycle 0.1, tapi dalam teori perencanaan hasil tegangan output sebesar 55Vdc dengan duty cycle 0.5. %Error sebesar 1% pada tegangan output buck konverter.

# Pengujian dan Analisa Boost Konverter

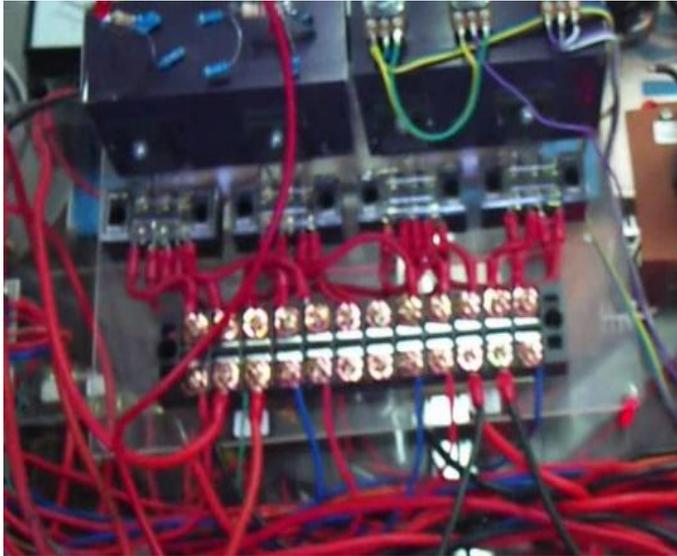


| D    | V <sub>in</sub> | I <sub>in</sub> | V <sub>out</sub> | I <sub>out</sub> | P <sub>in</sub> | P <sub>out</sub> |
|------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 0.2  | 48              | 0.35            | 79               | 0.18             | 16.8            | 14.22            |
| 0.3  | 48              | 0.5             | 105              | 0.2              | 24              | 21               |
| 0.32 | 48              | 0.6             | 110              | 0.22             | 28.8            | 22               |
| 0.4  | 48              | 0.91            | 135              | 0.24             | 43.68           | 32.4             |
| 0.5  | 48              | 1.4             | 151              | 0.3              | 67.2            | 45.3             |

Gambar hardware dan Hasil data Boost Konverter dengan 2 lampu pijar 100W/220V yang dipasang secara paralel

Pada data diatas disebutkan pada tegangan output Boost Konverter sebesar 110Vdc dengan duty cycle 0.32. Dalam teori perencanaan hasil tegangan output sebesar 110Vdc dengan duty cycle 0.56

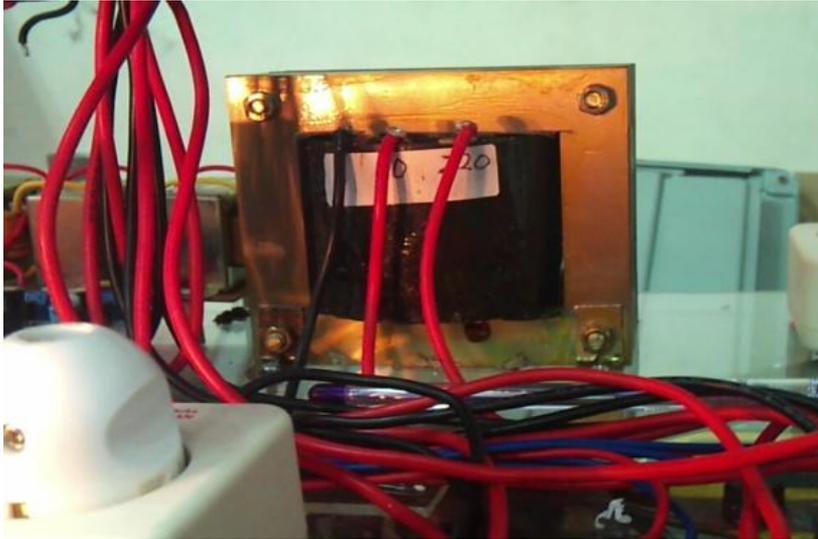
# Pengujian dan Analisa Inverter



| Vin | Iin | Vout  | Iout | Pin | Pout   |
|-----|-----|-------|------|-----|--------|
| 40  | 0.9 | 41    | 0.85 | 36  | 34.85  |
| 80  | 1.2 | 85.8  | 1.25 | 96  | 107.25 |
| 120 | 1.5 | 129.9 | 1.55 | 180 | 201.35 |

Gambar hardware dan Hasil data Inverter dengan 2 lampu pijar 250W/220V yang dipasang secara paralel

# Pengujian dan Analisa Trafo Step Up



| Vin | Iin  | Vout | Iout | Pin  | Pout  |
|-----|------|------|------|------|-------|
| 30  | 0.2  | 60.6 | 0.3  | 6    | 18.18 |
| 40  | 0.25 | 81.5 | 0.32 | 10   | 26.08 |
| 50  | 0.35 | 109  | 0.35 | 17.5 | 38.15 |
| 60  | 0.45 | 125  | 0.38 | 27   | 47.5  |

Gambar hardware dan Hasil data Trafo Step Up dengan perbandingan 1 :2 dengan beban motor 1 fasa 138W/220V

# Kesimpulan

- Pada pengujian rectifier, input rectifier yang berasal dari PLN menghasilkan output sebesar 302 Vdc.
- Pada pengujian Buck Konverter I, dengan input dari rectifier sebesar 302 Vdc diharapkan dapat menurunkan tegangan sebesar 100 Vdc, maka diperlukan disain induktor yang baik.
- Komponen elektronik kebanyakan tidak mampu atau tidak sesuai dengan datasheet, misalnya IGBT tipe 1MBH60D didatasheet tertera arus maksimum sebesar 60A tapi kenyataannya dilapangan hasilnya berbeda.
- Untuk sumber pada driver penyulutan buck converter I dan buck konverter II yang sebesar 12 V, sumber harus terpisah. Karena apabila diintegrasikan penyulutan pada buck konverter I dan buck konverter II tidak berjalan dengan baik.

# **SEKIAN DAN TERIMA KASIH**

