



***BUCK-BOOST CONVERTER DENGAN POWER MOSFET  
SEBAGAI PENGKONDISI DAYA PADA PEMBANGKIT  
PHOTOVOLTAIC DENGAN BEBAN  
DC BERVARIASI***

SKRIPSI

Oleh

**Risyad Danu Wijaya**

**NIM 081910201051**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU (S1)**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2013**



***BUCK-BOOST CONVERTER DENGAN POWER MOSFET  
SEBAGAI PENGKONDISI DAYA PADA PEMBANGKIT  
PHOTOVOLTAIC DENGAN BEBAN  
DC BERVARIASI***

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi syarat-syarat  
untuk menyelesaikan program studi teknik elektro (S1)  
dan mencapai gelar sarjana teknik

Oleh

**Risyad Danu Wijaya**

**NIM 081910201051**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU (S1)**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2013**

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan limpahan nikmat yang sangat luar biasa kepada penulis dan tidak lupa juga sholawat kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita semua menuju peradaban manusia yang lebih baik. Dengan kerendahan hati, penulis mempersembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Bapak dan Ibu yang selalu mendoakan dan selalu mendukung baik secara moral dan materi.
2. Kedua adikku yang selalu menjadi motivasi, penulis selalu mendoakan agar sukses selalu.
3. Semua Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknnik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Terutama Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T. selaku DPU dan Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku DPA yang telah meluangkan waktu dan pikirannya serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesainya skripsi ini.
4. Teman-teman teknik, khususnya teknik elektro angkatan 2008 mulai dari NIM yang mendukung dan memberikan motivasi.
5. Teman-teman dan senior-senior ProjectD yang telah berbagi ilmu dan pengalamannya.
6. My best friend N. Apriliani F.B yang tetap memberikan motivasi dengan semua kesabarannya.

## **MOTTO**

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

**(QS. Alam Nasyroh: 6)**

“Kesulitan di masa lalu merupakan modal untuk meraih kesuksesan di masa mendatang”

**( Risyad Danu Wijaya)**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Risyad Danu Wijaya

NIM : 081910201051

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “***buck-boost converter dengan power mosfet sebagai pengkondisi daya pada pembangkit Photovoltaic dengan beban DC bevariasi***” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 30 Mei 2013

Yang menyatakan

Risyad Danu Wijaya

NIM. 081910201051

***BUCK-BOOST CONVERTER DENGAN POWER MOSFET  
SEBAGAI PENGKONDISI DAYA PADA PEMBANGKIT  
PHOTOVOLTAIC DENGAN BEBAN  
DC BERVARIASI***

Oleh

Risyad Danu Wijaya  
NIM 081910201051

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Dedy Kurnia Setiawan, S.T.,M.T

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Triwahju Hardianto, S.T.,M.T

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “*buck-boost converter dengan power mosfet sebagai pengkondisi daya pada pembangkit Photovoltaic dengan beban DC bevariasi*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Senin, 27 Mei 2013

Tempat : Ruang ujian I lantai 3 Fakultas Teknik Universitas Jember

Menyetujui:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

**Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T.**

NIP. 19800610 200501 1 003

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

NIP. 19700826 199702 1 001

Penguji I,

Penguji II,

**H.R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T.**

NIP. 19690608 199903 1 002

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

NIP. 19710402 200312 1 001

Mengesahkan,  
Dekan,

**Ir. Widyono Hadi, ST., MT.**

NIP. 19610414 198902 1 001

***BUCK-BOOST CONVERTER DENGAN POWER MOSFET  
SEBAGAI PENGKONDISI DAYA PADA PEMBANGKIT  
PHOTOVOLTAIC DENGAN BEBAN  
DC BERVARIASI***

**Risyad Danu Wijaya**  
Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik, Universitas Jember

**ABSTRAK**

Keterbatasan bahan bakar fosil dan efek yang ditimbulkan dari penggunaan jenis bahan bakar ini terhadap lingkungan memerlukan perhatian dan penanganan yang serius demi menjaga ketersediaan energi serta untuk menjaga kelestarian lingkungan. Sumber-sumber energi baru terbarukan seperti energi angin, tenaga surya, energi gelombang, serta *fuel cell* akhir-akhir ini menjadi perhatian menarik banyak peneliti di dunia. Sumber-sumber energi ini lebih ramah lingkungan, serta memiliki resiko yang lebih kecil jika dibandingkan bahan bakar fosil maupun energi nuklir. Dengan itu dibuatlah sebuah prototype yaitu *buck-boost converter* yang memanfaatkan *fuel cell* atau juga disebut dengan *photovoltaic*. Pada *buck-boost converter* menggunakan kontrol PI agar tegangan output dari *photovoltaic* yang berubah-ubah dapat diatur sesuai dengan kebutuhan beban. Ketelitian prototype ini dalam mengonversi tegangan output dari *photovoltaic* masih terdapat error tetapi dapat disimpulkan bahwa prototype ini sudah dapat bekerja dengan baik dalam mengonversi tegangan.

Kata kunci: bahan bakar fosil, *buck boost converter*, *fuel cell*, kontrol PI, *photovoltaic*.



# ***BUCK-BOOST CONVERTER WITH POWER MOSFET AS POWER CONDITIONERS ON PHOTOVOLTAIC GENERATION WITH LOADS OF DC VARIES***

**Danu Risyad Wijaya**

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

## **ABSTRACT**

*Limitations of fossil fuels and the effects of the use of these fuels on the environment requires serious attention and treatment in order to maintain the availability of energy as well as to preserve the environment. New sources of renewable energy such as wind energy, solar power, wave energy, and fuel cells lately attract the attention of many researchers in the world. These energy sources are more environmentally friendly, and have a smaller risk than fossil fuels or nuclear energy. With which it was made a prototype buck-boost converter that utilizes fuel cell or also called photovoltaic. In the buck-boost converter using PI control so that the output voltage of the photovoltaic change can be adjusted according to the load requirements. This prototype accuracy in converting the voltage output of photovoltaic error is still there but can dsimpulkan that this prototype is able to work well in converting the voltage.*

*Keyword: buck boost converter, fossil fuel, fuel cell, photovoltaic, PI control.*

## RINGKASAN

***Buck-Boost Converter Dengan Power Mosfet Sebagai Pengkondisi Daya Pada Pembangkit Photovoltaic Dengan Beban DC Bevariasi***; Risyad Danu Wijaya, 081910201051; 2013 : Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Keterbatasan bahan bakar fosil dan efek yang ditimbulkan dari penggunaan jenis bahan bakar ini terhadap lingkungan memerlukan perhatian dan penanganan yang serius demi menjaga ketersediaan energi serta untuk menjaga kelestarian lingkungan. Sumber-sumber energi baru terbarukan seperti energi angin, tenaga surya, energi gelombang, serta *fuel cell* akhir-akhir ini menjadi perhatian menarik banyak peneliti di dunia. Sumber-sumber energi ini lebih ramah lingkungan, serta memiliki resiko yang lebih kecil jika dibandingkan bahan bakar fosil maupun energi nuklir.

Salah satu energi alternatif adalah panel surya atau juga disebut dengan *photovoltaic*. Tegangan keluaran dari sebuah *photovoltaic* biasanya adalah rendah berkisar sekitar 20-40 V, atau lebih kecil. Untuk mendapatkan tegangan yang lebih tinggi guna diaplikasikan ke beban, beberapa *photovoltaic* dihubungkan secara seri. Kelemahan dari hubungan seri *photovoltaic* ini adalah berhubungan dengan resistansi total dari panel surya akan semakin besar, yang menyebabkan rugi-rugi yang semakin besar pula. Adanya gangguan seperti *partial shadow* pada sistem *photovoltaic* juga sangat memengaruhi tegangan keluaran panel surya. Sehingga dibuatlah sebuah alat pengubah tegangan DC-DC yaitu *buck-boost converter*. Alat ini dapat mengubah tegangan DC ke DC menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan inputannya. Sehingga pengguna dapat memilih sendiri tegangan yang akan diaplikasikan ke beban yaitu lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan output *photovoltaic*.

*Buck-boost converter* adalah sebuah rangkaian DC-DC konverter yang memiliki kelebihan yaitu tegangan keluaran dapat diatur lebih besar atau lebih kecil dari sumber. Dalam *buck-boost converter* terdapat sebuah saklar yaitu *power mosfet*

yang berfungsi untuk mengatur arus yang masuk pada induktor sehingga nilai rata-rata tegangan beban sebanding dengan rasio antara waktu pembukaan dan waktu penutupan saklar. Sehingga, nilai rata-rata tegangan beban bisa lebih tinggi maupun lebih rendah dari tegangan output *photovoltaic*.

Pada mulanya sumber tegangan dari *photovoltaic* masuk ke dalam *buck-boost converter*. Penyaklaran *buck-boost converter* dilakukan oleh mikrokontroler dengan menggunakan teknik PWM. Dalam mikrokontroler ini dilakukan pengaturan *duty cycle* dari PWM yang akan dihasilkan, sehingga akan menurunkan sumber atau menaikkan sumber sesuai *duty cycle* yang akan dibangkitkan dalam mikrokontroler. Sebelum tegangan masuk ke beban, tegangan keluaran dari *buck-boost converter* akan disensor oleh sensor tegangan. Nilai tegangan yang diterima oleh sensor tegangan ini akan dibaca oleh ADC pada mikrokontroler, sehingga nilai tegangan dari sensor tegangan dapat diolah oleh mikrokontroler. Setelah itu dalam mikrokontroler akan dibandingkan dengan tegangan referensi yang sudah ditetapkan sebelumnya oleh kontrol PI. Selanjutnya dari kontrol PI akan dihasilkan berapa besar *duty cycle* yang harus dibangkitkan oleh PWM yang akan digunakan sebagai Penyaklaran oleh *buck-boost converter*. Setelah itu tegangan hasil dari penyaklaran yang dilakukan oleh mikrokontroler diterima oleh beban. Dari percobaan yang sudah dilakukan dihasilkan eror persen sebesar 9.33%.

## **PRAKATA**

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas hidayahnya dan rahmatnya sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi ini sebagaimana mestinya. Shalawat serta salam semoga Allah SWT limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai sumber inspirasi dan membuat kami lebih kuat dan menatap setiap hal yang penuh optimis dan berfikir positif, dalam menunjang kemampuan kami dalam menjalani persaingan globalisasi kerja nantinya.

Dalam pelaksanaannya kami tidak lepas dari kesulitan dan permasalahan dalam penyusunan skripsi ini, baik dari proses pembuatan proposal sampai penyusunan akhir skripsi, mengenai ilmu yang bermanfaat, moral dan sikap serta tanggung jawab dalam menyelesaikan skripsi ini. Dengan demikian kami mengucapkan terima kasih pada:

1. Ir. Widyono Hadi, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Sumardi, S.T., M.T., selaku ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama,  
Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan arahan dan saran-saran dalam penyelesaian skripsi ini.
4. H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Seluruh Dosen Teknik Elektro Universitas Jember yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, terima kasih atas bimbingan yang telah diberikan.
6. Bapak dan Ibu tercinta atas dukungan yang tak henti-hentinya .
7. Semua teman Elektro 2008, rekan kuliah, teman main terima kasih atas segala doa, canda, bantuan dan semuanya yang kalian berikan.
8. Kepada seluruh pihak yang telah membantu menyelesaikan pendidikan di Universitas Jember ini yang tidak dapat saya sebutkan satu- persatu .

Dalam penyusunan skripsi ini tentunya masih banyak kekurangan baik dalam isi maupun analisisnya, oleh karena itu kami mengharapkan pada para pembaca dapat merevisi dan manjadikan lebih baik, kami berharap semoga skripsi ini dapat berguna bagi pembaca, terima kasih.

Jember, Juni 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xix</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Topologi Konverter DC-DC.....	4
2.1.1 Buck Converter.....	4
2.1.2 Boost Converter.....	5
2.1.3 Buck-Boost Konverter.....	6
2.1.4 Perhitungan Nilai Induktansi dan Kapasitansi .....	7

2.2	Mosfet.....	11
2.3	Pensaklaran.....	12
2.3.1	Teknik Modulasi Lebar Pulsa (PWM).....	12
2.3.2	Mikrokontroler AVR Atmega8535 .....	12
2.3.3	Pengaturan PWM menggunakan Mikrokontroler <i>ATmega8535</i> .....	15
2.3.4	Kontrol PI .....	16
2.4	Motor DC.....	19
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>21</b>
3.1	Blok Diagram Sistem .....	21
3.2	Konfigurasi Sistem .....	23
3.2.1	Sumber Tegangan DC Photovoltaic .....	23
3.2.2	Buck-boost Converter.....	24
3.2.3	ADC ( <i>Analog to Digital Converter</i> ).....	24
3.2.4	Sensor Tegangan .....	25
3.2.5	Mikrokontroller Atmega 8535.....	25
3.2.6	Pembebanan.....	26
3.3	<i>Flowchart</i> Pengendalian Tegangan Keluaran <i>Buck-Boost</i> <i>Converter</i> Menggunakan PWM .....	27
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>29</b>
4.1	Pengambilan Data Beban .....	29
4.2	Perangkat dan Pengujian .....	30
4.2.1	Pengujian Analog Digital Converter pada Sensor Tegangan ...	30
4.2.2	Pengujian PWM.....	35
4.2.3	Pengujian Kontrol PI.....	42
4.3	Pengujian Alat Keseluruhan .....	44
4.3.1	Pengujian Tanpa Beban.....	44

A. Pengujian Tanpa Beban Dengan Tegangan Keluaran 12 volt Dengan Tegangan Input Selalu Naik .....	44
B. Pengujian Tanpa Beban Dengan Tegangan Keluaran 24 volt Dengan Tegangan Input Selalu Naik .....	45
4.3.2 Pengujian Dengan Beban .....	46
A. Pengujian Dengan Beban Led DC 12 volt dan Motor DC 12 volt Dengan Tegangan Input Selalu Naik.....	46
B. Pengujian Dengan Beban Led DC 24 volt dan Motor DC 24 volt Dengan Tegangan Input Selalu Naik.....	47
4.3.3 Pengujian Tanpa Beban Dengan Sumber <i>Photovoltaic</i> .....	51
A. Pengujian Tanpa Beban Sumber <i>Photovoltaic</i> Dengan Tegangan Output 12 volt.....	52
B. Pengujian Tanpa Beban Sumber <i>Photovoltaic</i> Dengan Tegangan Output 24 volt.....	53
4.3.4 Pengujian Berbeban Dengan Sumber <i>Photovoltaic</i> .....	54
A. Pengujian Dengan Beban Led DC 12 volt dan Motor DC 12 volt Dari Sumber <i>Photovoltaic</i> .....	55
B. Pengujian Dengan Beban Led DC 12 volt dan Motor DC 24 volt Dari Sumber <i>Photovoltaic</i> .....	57
4.3.5 Analisis Kinerja Secara Keseluruhan.....	59
<b>BAB 5.KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>61</b>
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>62</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>xix</b>



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Rangkaian Dasar <i>Buck Converter</i> .....	4
Gambar 2.2 <i>Buck Converter</i> Kondisi Saklar Tertutup.....	4
Gambar 2.3 <i>Buck Converter</i> Kondisi Saklar Terbuka .....	5
Gambar 2.4 Rangkaian Dasar <i>Boost Converter</i> .....	5
Gambar 2.5 <i>Boost Converter</i> Kondisi Saklar Tertutup.....	6
Gambar 2.6 <i>Boost Converter</i> Kondisi Saklar Terbuka .....	6
Gambar 2.7 Rangkaian <i>Buck-Boost Converter</i> .....	7
Gambar 2.8 Model rangkaian elektrik pada kondisi transistor mulai On .....	7
Gambar 2.9 Arus transien induktor pada kondisi transistor mulai On .....	7
Gambar 2.10 Tegangan transien kapasitor pada kondisi transistor mulai On .....	8
Gambar 2.11 Riak arus sebagai fungsi dari filter.....	9
Gambar 2.12 Model rangkaian elektrik pada kondisi transistor mulai Off .....	10
Gambar 2.13 Gambar diagram mikrokontroler AVR .....	13
Gambar 2.14 Gambar proses pembangkitan sinyal PWM.....	15
Gambar 2.15 PWM diset pada kondisi <i>clear down</i> .....	16
Gambar 2.16 Respon Kontroler PI terhadap Perubahan Error berupa <i>Step</i> .....	17
Gambar 2.17 Respon <i>PI Controller</i> terhadap Perubahan Beban .....	18
Gambar 2.18 Proses pengubahan tegangan DC ke DC dengan metode <i>Chopper</i> ...	19
Gambar 3.1 Blok diagram sistem tanpa kontrol PI.....	21
Gambar 3.2 Blok diagram sistem dengan kontrol PI.....	22
Gambar 3.3 Rangkaian <i>Buck-Boost Converter</i> .....	24
Gambar 3.4 Rangkaian Sensor tegangan .....	25
Gambar 3.5 Diagram lampu LED yang diseri sebanyak 4 buah.....	26
Gambar 3.6 Diagram lampu LED yang diseri sebanyak 8 buah.....	26
Gambar 3.7 Flowchart pengendalian tegangan keluaran <i>Buck-Boost Converter</i> ....	27

Gambar 4.1 Grafik perbandingan antara ADC praktek dan teori pada sensor tegangan 12 volt.....	34
Gambar 4.2 Grafik perbandingan antara ADC praktek dan teori pada sensor tegangan 24 volt.....	35
Gambar 4.3 PWM <i>duty cycle</i> 0% .....	36
Gambar 4.4 PWM <i>duty cycle</i> 10% .....	36
Gambar 4.5 PWM <i>duty cycle</i> 25% .....	37
Gambar 4.6 PWM <i>duty cycle</i> 50% .....	37
Gambar 4.7 PWM <i>duty cycle</i> 75% .....	37
Gambar 4.8 PWM <i>duty cycle</i> 90% .....	38
Gambar 4.9 PWM <i>duty cycle</i> 100% .....	38
Gambar 4.10 Grafik hubungan antara ADC dengan <i>duty cycle</i> pada tegangan referensi 12 volt .....	40
Gambar 4.11 Grafik hubungan antara ADC dengan <i>duty cycle</i> pada tegangan referensi 24 volt .....	40
Gambar 4.12 Grafik hubungan antara tegangan input dan <i>duty cycle</i> .....	41
Gambar 4.13 Desain kontrol PI untuk mengatur tegangan keluaran .....	42
Gambar 4.14 Grafik hubungan tegangan keluaran antara tanpa beban dengan beban dan led DC 12 volt dan 24 volt.....	49
Gambar 4.15 Hubungan tegangan keluaran antara tanpa beban dan dengan beban motor DC 12 volt dan 24 volt.....	50

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Data pengujian solar cell 50WP.....	23
Tabel 4.1 Pengujian ADC pada sensor tegangan 12 volt.....	30
Tabel 4.2 Pengujian ADC pada sensor tegangan 24 volt.....	31
Tabel 4.3 Hubungan antara ADC dan duty cycle .....	39
Tabel 4.4 Pengujian output PI pada <i>buck boost converter</i> .....	42
Tabel 4.5 Pengujian tanpa beban dengan tegangan keluaran 12 volt dengan tegangan input selalu naik .....	44
Tabel 4.6 Pengujian tanpa beban dengan tegangan keluaran 24 volt dengan tegangan input selalu naik .....	45
Table 4.7 Pengujian dengan beban led DC 12 volt dan motor DC 12 volt dengan tegangan input selalu naik .....	46
Tabel 4.8 Pengujian dengan beban led DC 24 volt dan motor DC 12 volt dengan tegangan input selalu naik .....	48
Table 4.9 Pengujian tanpa beban sumber <i>Photovoltaic</i> dengan tegangan outputi 12 volt .....	52
Tabel 4.10 Pengujian tanpa beban sumber <i>Photovoltaic</i> dengan tegangan output 24 volt.....	53
Tabel 4.11 Pengujian dengan beban led DC 12 volt dan motor DC 12 volt dari sumber photovoltaic.....	55
Tabel 4.12 Pengujian dengan beban led DC 24 volt dan motor DC 24 volt dari sumber <i>Photovoltaic</i> .....	57