



**IMPLEMENTASI *SINGLE ENDED PRIMARY INDUCTANCE  
CONVERTER (SEPIC)* PADA SISTEM PANEL SURYA**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Prayuda  
NIM 131910201108**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**IMPLEMENTASI *SINGLE ENDED PRIMARY INDUCTANCE CONVERTER (SEPIC)* PADA SISTEM PANEL SURYA**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

**Oleh**

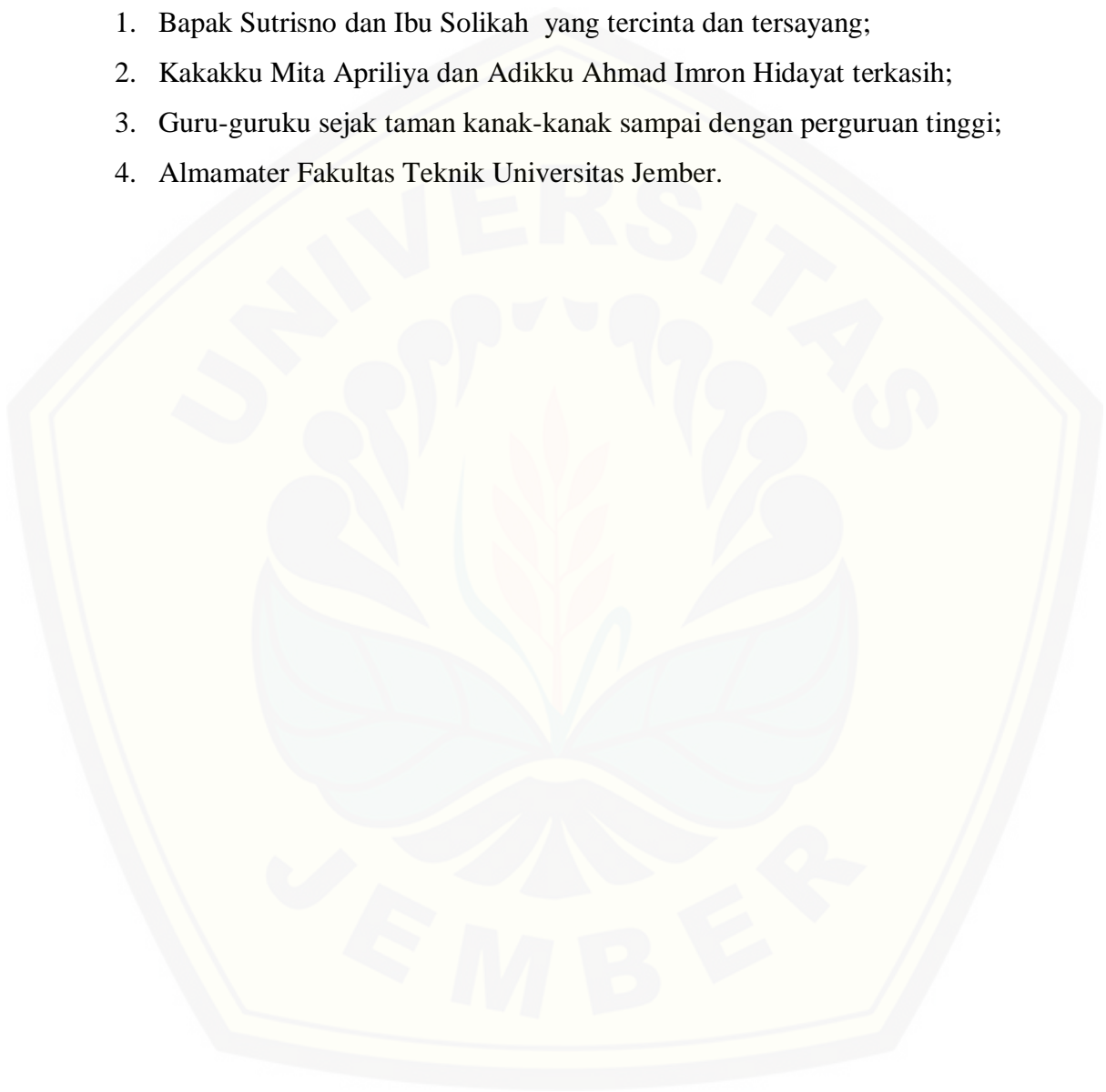
**Prayuda  
NIM 131910201108**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

**PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Bapak Sutrisno dan Ibu Solikah yang tercinta dan tersayang;
2. Kakakku Mita Apriliya dan Adikku Ahmad Imron Hidayat terkasih;
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.



**MOTTO**

Hai orang – orang yang beriman, mintalah pertolongan kepada Allah dengan sabar dan shalat, sesungguhnya Allah beserta orang – orang yang sabar.<sup>1)</sup>  
(terjemahan Surat *Al-Baqoroh* ayat 153)

Siapa yang kalah dengan senyum, dialah pemenangnya.<sup>2)</sup>  
(A. Hubard)

Jika kita berupaya sekuat tenaga menemukan sesuatu, dan pada titik akhir upaya itu hasilnya masih nihil, maka sebenarnya kita telah menemukan yang kita cari dalam diri kita sendiri, yakni kenyataan, kenyataan yang harus dihadapi sepahit apapun keadaanya.<sup>3)</sup>  
(Andrea Hirata)

---

<sup>1</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo

<sup>2</sup> A.Hubard. Motivasi. Kata Bijak Tokoh. diakses di <http://www.katakatabijak.co.id>.

<sup>3</sup> Andrea Hirata. 2009. *Sang Pemimpi*. Yogyakarta: Bentang Pustaka

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Prayuda

NIM : 131910201108

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Implementasi *Single Ended Primary Inductance Converter* (SEPIC) Pada Sistem Panel Surya” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan dalam institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 26 Juli 2018

Yang menyatakan,

Prayuda

NIM 131910201108

**SKRIPSI**

**IMPLEMENTASI *SINGLE ENDED PRIMARY INDUCTANCE  
CONVERTER (SEPIC)* PADA SISTEM PANEL SURYA**

Oleh

Prayuda  
NIM 131910201108

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : RB. Moch. Gozali, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Implementasi *Single Ended Primary Inductance Converter* (SEPIC) Pada Sistem Panel Surya” karya Prayuda telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 26 Juli 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.  
NIP 197008261997021001

RB. Moch. Gozali, S.T., M.T.  
NIP 16906081999031002

Anggota II,

Anggota III,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP 196104141989021001

Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.  
NIP 197004041996011001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.  
NIP 196612151995032001

## RINGKASAN

**Implementasi *Single Ended Primary Inductance Converter* (SEPIC) Pada Sistem Panel Surya;** Prayuda, 131910201108; 2018: 76 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel-sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Panel surya juga disebut sebagai sel photovoltaic (Yusmiati, 2014). Pada sistem *solar cell* energi dari cahaya matahari diserap dan diubah menjadi listrik DC untuk kemudian dialirkan ke beban atau ke baterai. Namun, energi yang dihasilkan Sistem *solar cell* bergantung pada radiasi dan suhu pada panel, sehingga tegangan keluaran yang dihasilkan tidak stabil. Ketidakstabilan tegangan ini dapat membuat efisiensi sistem *solar cell* rendah. Sehingga diperlukan system konversi tegangan DC-DC untuk menstabilkan tegangan keluaran tersebut. Salah satu konverter yang biasa digunakan adalah SEPIC.

DC-DC SEPIC konverter merupakan pengembangan dari *buck-boost converter*, dimana pada konverter jenis ini dapat menaikkan tegangan maupun menurunkan tegangan sesuai dengan tegangan *set point*. Penelitian mengenai SEPIC ini memiliki tujuan (1) Bagaimana membuat dan merancang DC-DC SEPIC pada sistem panel surya (2) Bagaimana kinerja DC-DC SEPIC dalam mengontrol tegangan keluaran panel surya pada sistem *solar charger*.

Pengujian SEPIC dilakukan dengan di implementasikan terhadap sistem *solar cell* dengan beban baterai VRLA dan lampu DC. Baterai VRLA yang digunakan adalah baterai tipe VRLA dengan kapasitas 4,2 Ah sedangkan lampu DC menggunakan lampu 12 Volt dengan daya 7 Watt. Pengujian dilakukan dengan tegangan *input* dari panel surya kemudian tegangan diturunkan hingga sesuai dengan *set point* yang ditentukan yaitu 14 Volt dan kemudian tegangan *output* SEPIC selanjutnya digunakan sebagai *charging* baterai VRLA dan menyalakan lampu.



Hasil dari pengujian SEPIC pada sistem panel surya, memiliki efisiensi tertinggi yaitu sebesar 76,61% saat diberi beban lampu DC dengan tegangan panel rata-rata 18,41 Volt. Baterai terisi saat *charge* atau saat menggunakan beban baterai VRLA yaitu sebesar 1,505 Ah dengan persentase baterai terisi sebesar 35,83% dari kapasitas total baterai. Saat menggunakan beban baterai dan lampu DC, SEPIC tidak mampu melakukan *charging* pada baterai dan tegangan yang dihasilkan SEPIC mengikuti tegangan yang ada pada baterai dengan tegangan *output* maksimum sebesar 12,86 Volt dan arus maksimum 102 mA. Pada keseluruhan pengujian dengan sumber energi panel surya, SEPIC tidak mampu untuk mencapai tegangan *set point* yaitu 14 Volt dan hanya menghasilkan tegangan pada rentang 12,81 Volt hingga 13,87 Volt, dikarenakan terjadinya rugi-rugi daya yang besar pada SEPIC yang disebabkan komponen-komponen pada SEPIC dan juga proses *switching* mosfet.

## SUMMARY

**Implementation of Single Ended Primary Inductance Converter (SEPIC) on the Solar Panel System;** Prayuda, 131910201108; 2018: 76 pages; Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember

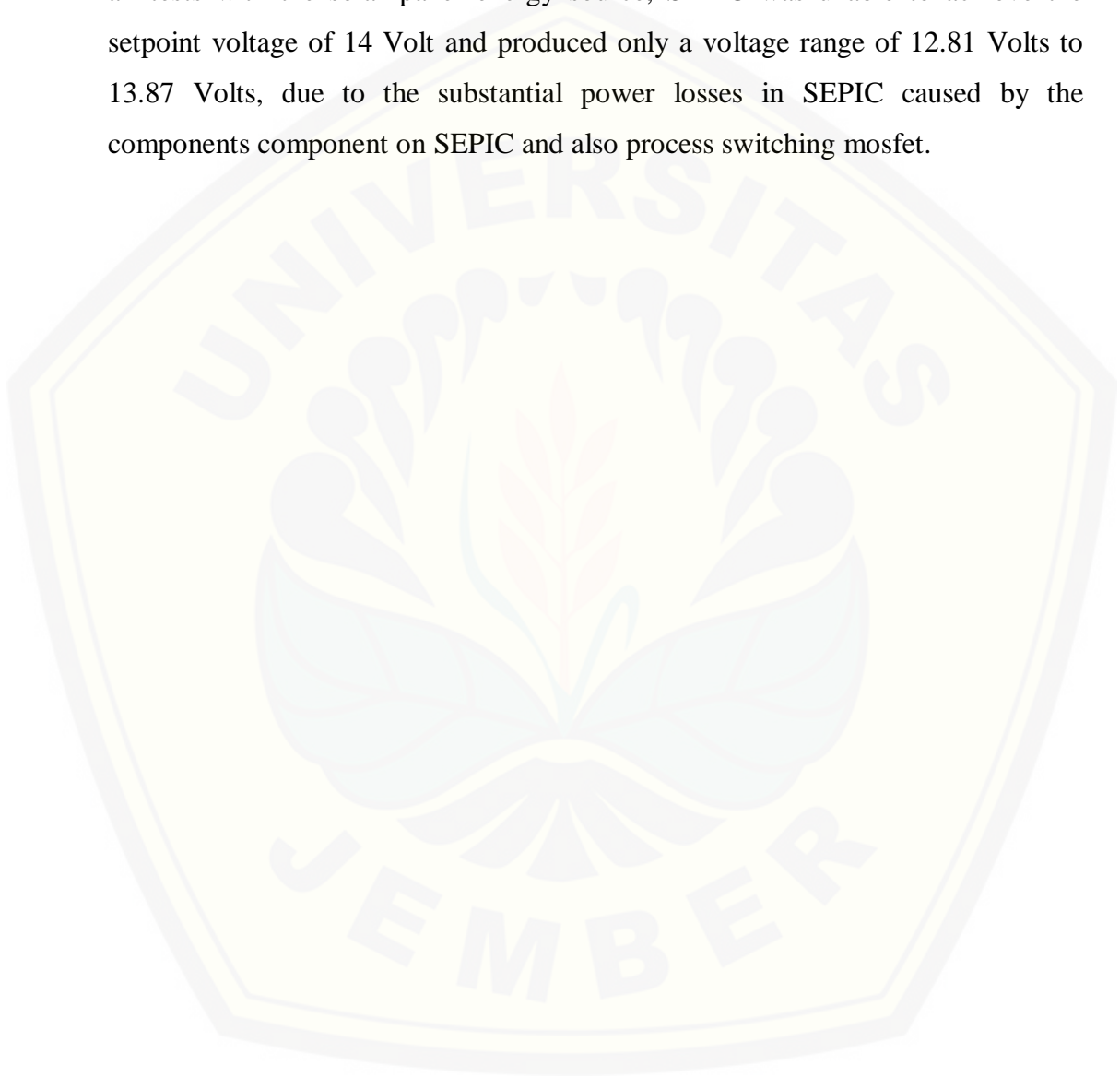
Solar panels are devices consisting of solar cells that convert light into electricity. Solar panels are also referred to as photovoltaic cells (Yusmiati, 2014). In the solar cell system the energy from the sunlight is absorbed and converted into DC electricity to flow to the load or to the battery. However, the energy produced by the solar cell system depends on the radiation and temperature on the panel, so the resulting *output* voltage is unstable. This voltage instability can make the efficiency of the solar cell system low. So required a DC-DC voltage conversion system to stabilize the *output* voltage. One of the commonly used *converters* is SEPIC.

DC-DC SEPIC *converter* is a development of buck-boost *converter*, which in this type of *converter* can raise the voltage or lower the voltage in accordance with the voltage set point. This SEPIC research has objectives (1) How to make and design DC-DC SEPIC on solar panel system (2) How is the performance of DC-DC SEPIC in controlling the *output* voltage of solar panel in solar charger system.

SEPIC testing is done with the implementation of a solar cell system with VRLA battery load and DC lamp. The VRLA battery used is a VRLA battery with a capacity of 4.2 Ah while a DC lamp uses a 12 Volt lamp with 7 Watt power. The test is done with the *input* voltage from the solar panel and then the voltage is lowered to match the setpoint that is determined 14 Volt and then the *output* voltage of SEPIC is then used as charging VRLA battery and turn on the light.

Results from SEPIC testing on solar panel system has the highest efficiency of 76.61% when given the DC light load with an average panel voltage of 18.41 volts. Battery charged at a charge or when using VRLA battery load that

is equal to 1,505 Ah with battery percentage filled 35.83% of total battery capacity. When using battery load and DC lights, SEPIC is unable to charge the battery and the resulting voltage of SEPIC follows the voltage on the battery with a maximum *output* voltage of 12.86 volts and a maximum current of 102 mA. In all tests with the solar panel energy source, SEPIC was unable to achieve the setpoint voltage of 14 Volt and produced only a voltage range of 12.81 Volts to 13.87 Volts, due to the substantial power losses in SEPIC caused by the components component on SEPIC and also process switching mosfet.



## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi *Single Ended Primary Inductance Converter* (SEPIC) Pada Sistem Panel Surya”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah M.UM, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
3. Bapak RB. Moch. Gozali, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Elektro Universitas Jember;
4. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, tenaga dan memberikan dukungan materi dalam kelancaran penyusunan skripsi;
5. Bapak RB. Moch. Gozali, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan banyak masukan untuk penyempurnaan skripsi ini;
6. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku dosen penguji utama dan Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T., selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini;
7. Seluruh Dosen Teknik Elektro Universitas Jember yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan bimbingan selama mengikuti pendidikan di Universitas Jember;
8. Kedua orang tuaku terkasih, Bapak Sutrisno dan Ibu Solikah yang telah memberikan segalanya, yang selalu mendoakan, mencurahkan kasih sayang,

memberikan perhatian, memberi semangat yang tiada hentinya dan telah memberikan dukungan materi untuk menyelesaikan skripsi ini;

9. Kakakku Mita Aplirya dan Adikku Ahmad Imron Hidayat yang selalu memberikan motivasi dan semangat serta yang selalu mendoakan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
10. Widyasmara Nur Tamammia yang selalu memberikan motivasi saat mulai patah semangat, memberikan dukungan lewat doa dan kesabaran serta menghibur dikala duka; dan membantu penulis dalam mengerjakan skripsi ini;
11. Kang Riski Suryadi dan Kang Arwani yang selalu memberikan motivasi dan bimbingan serta yang selalu meluangkan waktu untuk membantu dalam menyelesaikan skripsi ini;
12. Rekan-rekan Asisten Laboratorium Komputer dan Multimedia yang selalu menjadi inspirasi bagi penulis;
13. Rekan-rekan Eks Kos BU DERRY Angga, Viston, Budi, Frido, Deden, Wawang, Anggi, Riski dan Fajriyansa yang selalu memberikan dukungan untuk menyelesaikan skripsi;
14. Teman-teman seperjuangan, INTEL UJ 2013 yang telah menjadi keluarga kedua selama penulis merantau;
15. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 26 Juli 2018

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>x</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xx</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 Penulisan .....	3
1.5 Manfaat .....	3
1.6 Sistematika Pembahasan.....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Panel Surya .....	5
2.1.1 Prinsip Kerja Panel Surya .....	6
2.1.2 Jenis-Jenis Sel Surya.....	7
2.2 SEPIC Konverter.....	7
2.2.1 Cara Kerja DC/DC SEPIC .....	8
2.2.2 Desain Konverter.....	9

2.3	Baterai.....	12
2.3.1	Charge Baterai Aki.....	13
2.3.2	Discharging Baterai Aki.....	14
2.3.3	SOC ( <i>State of Charge</i> ).....	14
2.4	Pulse Width Modulation.....	15
2.5	Sensor Tegangan.....	17
2.6	Sensor Arus INA219.....	18
2.7	Arduino UNO R3.....	19
2.8	LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ).....	21
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>22</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.1.1	Tempat Penelitian.....	22
3.1.2	Waktu Penelitian.....	22
3.2	Alat dan Bahan.....	22
3.3	Tahapan Penelitian.....	23
3.4	Desain Sistem.....	25
3.4.1	Perencanaan Panel Surya.....	25
3.4.2	Perencanaan DC-DC SEPIC.....	26
3.4.3	Perencanaan Rangkaian Driver.....	28
3.4.4	Perencanaan Arduino UNO R3.....	29
3.4.5	Perencanaan Sensor Arus INA219.....	30
3.4.6	Perencanaan Sensor Tegangan.....	31
3.4.7	Perencanaan SEPIC Keseluruhan.....	32
3.4.8	Perencanaan Baterai.....	32
3.5	<i>Flowchart</i> Sistem.....	34
3.6	Design Rancang Bangun Secara Keseluruhan.....	35
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>36</b>
4.1	Pengujian Karakteristik Panel Surya 20 WP.....	36
4.2	Pengujian Sensor Tegangan.....	40
4.3	Pengujian Sensor Arus.....	41
4.4	Pengujian Baterai Aki VRLA.....	43
4.5	Pengujian SEPIC Tanpa Beban.....	46

4.5.1	SEPIC Tanpa Beban dengan <i>Input</i> 11 Volt .....	46
4.5.2	SEPIC Tanpa Beban dengan <i>Input</i> 17 Volt .....	48
4.6	Pengujian SEPIC Dengan Beban .....	50
4.6.1	SEPIC Berbeban dengan <i>Input</i> 11 Volt .....	51
4.6.2	SEPIC Berbeban dengan <i>Input</i> 17 Volt .....	54
4.7	Pengujian SEPIC Dengan Beban Baterai VRLA.....	58
4.8	Pengujian SEPIC Dengan Beban Lampu DC 7 Watt.....	63
4.9	Pengujian SEPIC Dengan Beban Baterai dan Lampu DC 7 Watt .....	65
<b>BAB 5.</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>69</b>
5.1	Kesimpulan .....	69
5.2	Saran .....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>70</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>72</b>



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2. 1 Tegangan standar pengisian baterai .....	14
Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino Uno R3 .....	20
Tabel 3. 1 Spesifikasi Panel Surya .....	26
Tabel 3. 2 Spesifikasi DC/DC SEPIC.....	27
Tabel 3. 3 Spesifikasi Baterai Aki .....	33
Tabel 4. 1 Karakteristik Panel Surya .....	37
Tabel 4. 2 Data Pengujian Sensor Tegangan.....	40
Tabel 4. 3 Data Pengujian Sensor Arus .....	41
Tabel 4. 4 Data Karakteristik Baterai VRLA .....	43
Tabel 4. 5 Data hasil pengujian SEPIC tanpa beban dengan <i>input</i> 11 Volt.....	47
Tabel 4. 6 Data hasil pengujian SEPIC tanpa beban dengan <i>input</i> 17 Volt.....	49
Tabel 4. 7 Data hasil pengujian SEPIC berbeban dengan <i>input</i> 11 Volt .....	51
Tabel 4. 8 Data hasil pengujian SEPIC berbeban dengan <i>input</i> 17 Volt .....	55
Tabel 4. 9 Pengujian SEPIC dengan beban baterai VRLA.....	60
Tabel 4. 10 Pengujian SEPIC dengan beban lampu DC.....	63
Tabel 4. 11 Pengujian SEPIC dengan beban baterai VRLA dan lampu DC.....	66

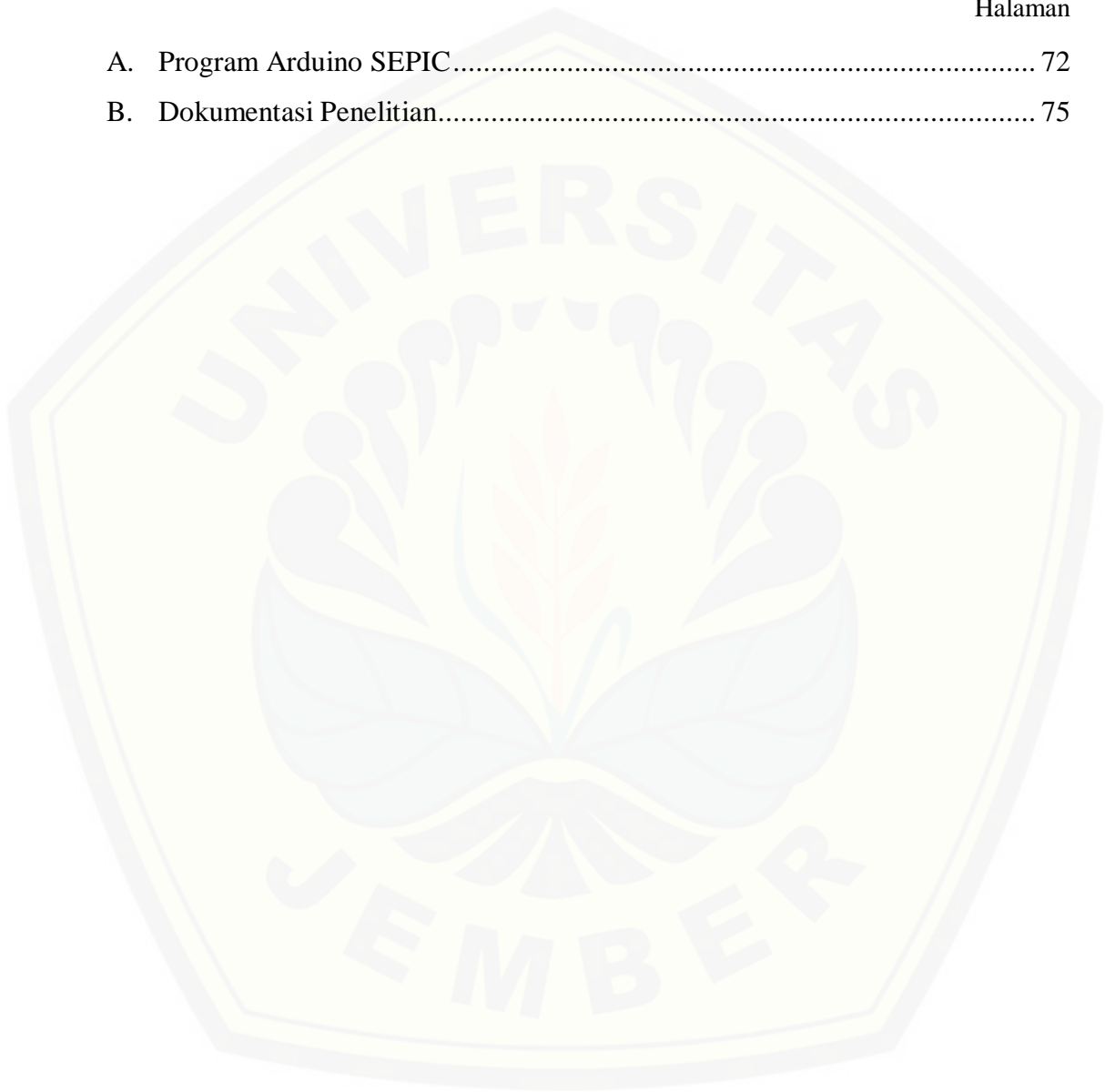
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Modul Panel Surya .....	5
Gambar 2. 2 <i>PN junction</i> .....	6
Gambar 2. 3 Konverter DC-DC tipe SEPIC .....	8
Gambar 2. 4 Cara kerja DC/DC tipe SEPIC .....	9
Gambar 2. 5 Baterai Aki .....	13
Gambar 2. 6 Proses pembangkitan sinyal .....	15
Gambar 2. 7 Sinyal <i>clear up</i> dan <i>clear down</i> .....	16
Gambar 2. 8 <i>Duty cycle</i> dengan nilai PWM (www.arduino.cc).....	17
Gambar 2. 9 Sensor Tegangan DCT-Elektronik .....	18
Gambar 2. 10 Sensor Arus INA219.....	19
Gambar 2. 11 Bentuk Fisik Arduino Uno R3 ( www.Arduino.cc).....	20
Gambar 2. 12 LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ).....	21
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> penelitian.....	23
Gambar 3. 2 Rangkaian Sistem SEPIC Pada Panel Surya .....	25
Gambar 3. 3 Panel Surya 20 WP <i>Polycrystalline</i> .....	26
Gambar 3. 4 Rangkaian Dasar SEPIC .....	27
Gambar 3. 5 Rangkaian Driver Mosfet.....	29
Gambar 3. 6 Bentuk fisik sensor arus INA219 (www.bukalapak.com) .....	30
Gambar 3. 7 Sensor tegangan.....	31
Gambar 3. 8 Desain rangkaian keseluruhan SEPIC .....	32
Gambar 3. 9 <i>Flowchart</i> sistem .....	34
Gambar 3. 10 Desain Alat Secara Keseluruhan .....	35
Gambar 4. 1 Grafik beban terhadap tegangan .....	38
Gambar 4. 2 Grafik beban terhadap arus .....	38
Gambar 4. 3 Grafik beban terhadap daya.....	39
Gambar 4. 4 Grafik perbandingan Sensor Tegangan dan Multimeter .....	41
Gambar 4. 5 Grafik perbandingan Sensor Arus dan Multimeter.....	42

Gambar 4. 6 Perbandingan tegangan terhadap kapasitas baterai.....	46
Gambar 4. 7 Grafik perbandingan tegangan SEPIC tanpa beban dengan <i>input</i> 11 Volt .....	48
Gambar 4. 8 Grafik perbandingan tegangan SEPIC tanpa beban dengan <i>input</i> 17 Volt .....	50
Gambar 4. 9 Grafik beban terhadap tegangan dengan <i>input</i> 11 Volt .....	52
Gambar 4. 10 Grafik beban terhadap arus dengan <i>input</i> 11 Volt .....	53
Gambar 4. 11 Grafik beban terhadap daya dengan <i>input</i> 11 Volt .....	54
Gambar 4. 12 Grafik beban terhadap tegangan dengan <i>input</i> 17 Volt .....	56
Gambar 4. 13 Grafik beban terhadap arus dengan <i>input</i> 17 Volt .....	57
Gambar 4. 14 Grafik beban terhadap daya dengan <i>input</i> 17 Volt .....	58
Gambar 4. 15 Skema pengujian SEPIC untuk <i>charging</i> baterai VRLA.....	59
Gambar 4. 16 Grafik perbandingan tegangan dengan waktu saat beban baterai...	62
Gambar 4. 17 Grafik perbandingan arus dengan waktu saat beban baterai.....	62
Gambar 4. 18 Grafik perbandingan tegangan dengan waktu saat beban lampu ...	64
Gambar 4. 19 Grafik perbandingan arus dengan waktu saat beban lampu .....	65
Gambar 4. 20 Grafik perbandingan tegangan dengan waktu saat beban baterai dan lampu .....	67
Gambar 4. 21 Grafik perbandingan arus dengan waktu saat beban baterai dan lampu .....	68

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Program Arduino SEPIC.....	72
B. Dokumentasi Penelitian.....	75



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada era perkembangan global saat ini kebutuhan energi di dunia ini sangatlah meningkat bahkan sudah tidak asing lagi masalah energi di dunia perindustrian. Saat ini untuk memenuhi kebutuhan energi yang semakin meningkat digunakan energy-energi konvensional seperti bensin, solar, LPG, batubara dan gas alam sebagai sumber energi utama. Energi konvensional adalah energi yang diambil dari sumber yang hanya tersedia dalam jumlah terbatas di bumi dan tidak dapat diregenerasi (Hayton, M *et al*, 2010). Selain berbahaya bagi lingkungan, sumber-sumber energi ini akan berakhir cepat atau lambat. Untuk itu perlu adanya sumber energi alternatif atau energy terbarukan yang dapat diperbarui dan tidak habis di masa yang akan datang.

Energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti matahari, angin, dan air dan dapat dihasilkan lagi dan lagi (Hayton, M *et al*, 2010). Dari beberapa sumber energi terbarukan tersebut, energi cahaya matahari merupakan energi yang ketersediaannya paling melimpah. Sehingga sangat memungkinkan penggunaan energi cahaya matahari sebagai alternatif sumber energi di masa mendatang. Dalam memanfaatkan energi cahaya matahari sebagai sumber energi alternatif diperlukan panel surya atau *solar cell* sebagai alat untuk mengubah panas ke dalam bentuk listrik.

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel-sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Panel surya juga disebut sebagai sel photovoltaic (Yusmiati, 2014). Panel surya terdiri dari bahan-bahan semikonduktor murni yang diproses sedemikian rupa, sehingga dapat mengeksitasi elektron yang terikat menjadi elektron bebas sehingga mengeluarkan arus listrik. pada sistem *solar cell* energi dari cahaya matahari diserap dan diubah menjadi listrik DC untuk kemudian dialirkan ke beban atau ke baterai. Namun, energi yang dihasilkan Sistem *solar cell* bergantung pada radiasi dan suhu pada panel, sehingga tegangan keluaran yang dihasilkan tidak stabil. Ketidakstabilan tegangan ini dapat membuat efisiensi sistem *solar cell* rendah. Sehingga diperlukan system konversi tegangan

DC-DC untuk menstabilkan tegangan keluaran tersebut. Salah satu konverter yang biasa digunakan adalah SEPIC.

DC-DC SEPIC konverter merupakan pengembangan dari *buck-boost converter*, dimana pada konverter jenis ini dapat menaikkan tegangan maupun menurunkan tegangan sesuai dengan tegangan *set point*. Konverter SEPIC sangat efektif untuk mengisi baterai dari tegangan sumber. SEPIC merupakan jenis DC-DC konverter yang menghasilkan nilai tegangan *output* yang lebih besar dan lebih kecil dari tegangan *input* dengan cara dikendalikan oleh *duty cycle* dari kontrol MOSFET (Hanafi, 2017).

Penelitian mengenai SEPIC telah dilakukan sebelumnya oleh Muhammad Imam Hanafi, akan tetapi pada penelitian tersebut pengujian SEPIC hanya dilakukan dengan sumber tegangan masukan yang berasal dari *power supply* dan juga tidak diaplikasikan pada pengisian baterai. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan penelitian mengenai “Implementasi *Single Ended Primary Inductance Converter* (SEPIC) Pada Sistem Panel Surya” sebagai penyempurnaan penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini merupakan inovasi dan terobosan untuk mengatasi masalah pada system panel surya. Pada penelitian ini mengembangkan kembali alat dari penelitian sebelumnya untuk memperoleh nilai efisiensi yang lebih tinggi dan diharapkan dapat mengatasi terjadi drop tegangan pada system panel surya agar tegangan keluaran tetap berada pada *set point* yang diinginkan.

## 1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang sudah di jelaskan pada sub-bab sebelumnya, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat dan merancang DC-DC SEPIC pada sistem panel surya?
2. Bagaimana kinerja DC-DC SEPIC dalam mengontrol tegangan keluaran panel surya pada sistem *solar charger*?

### 1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan masalah dalam skripsi ini tidak melebar, maka diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Analisa hanya dititik beratkan pada tegangan keluaran dari sistem panel surya pada SEPIC.
2. Tidak membahas mengenai kelembaban, suhu, dan kemiringan pada panel surya.
3. Panel surya yang digunakan sebesar 20 Wp *polycrystalline*.
4. Pengujian hanya menggunakan beban baterai aki VRLA 12 Volt 4,2 Ah dan lampu DC 12 Volt dengan daya 7 Watt.
5. *Setpoint* pada penelitian ini sebesar 14 Volt.

### 1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat membuat dan merancang DC-DC SEPIC pada sistem panel surya.
2. Mengetahui kinerja DC-DC SEPIC dalam mengontrol tegangan keluaran panel surya pada sistem *solar charger*.

### 1.5 Manfaat

Dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan solusi dalam kestabilan tegangan keluaran yang dihasilkan sistem panel surya dan efisiensi daya yang tinggi. Solusi yang diterapkan untuk mendapatkan kestabilan tegangan keluaran dan efisiensi daya pada sistem panel surya yaitu dengan perancangan sebuah SEPIC pada system dari panel surya.

### 1.6 Sistematika Pembahasan

Secara garis besar penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut.

## BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, tujuan pembahasan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

**BAB II        TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tentang penjelasan teori yang menguraikan pendapat atau hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

**BAB III      METODOLOGI PENELITIAN**

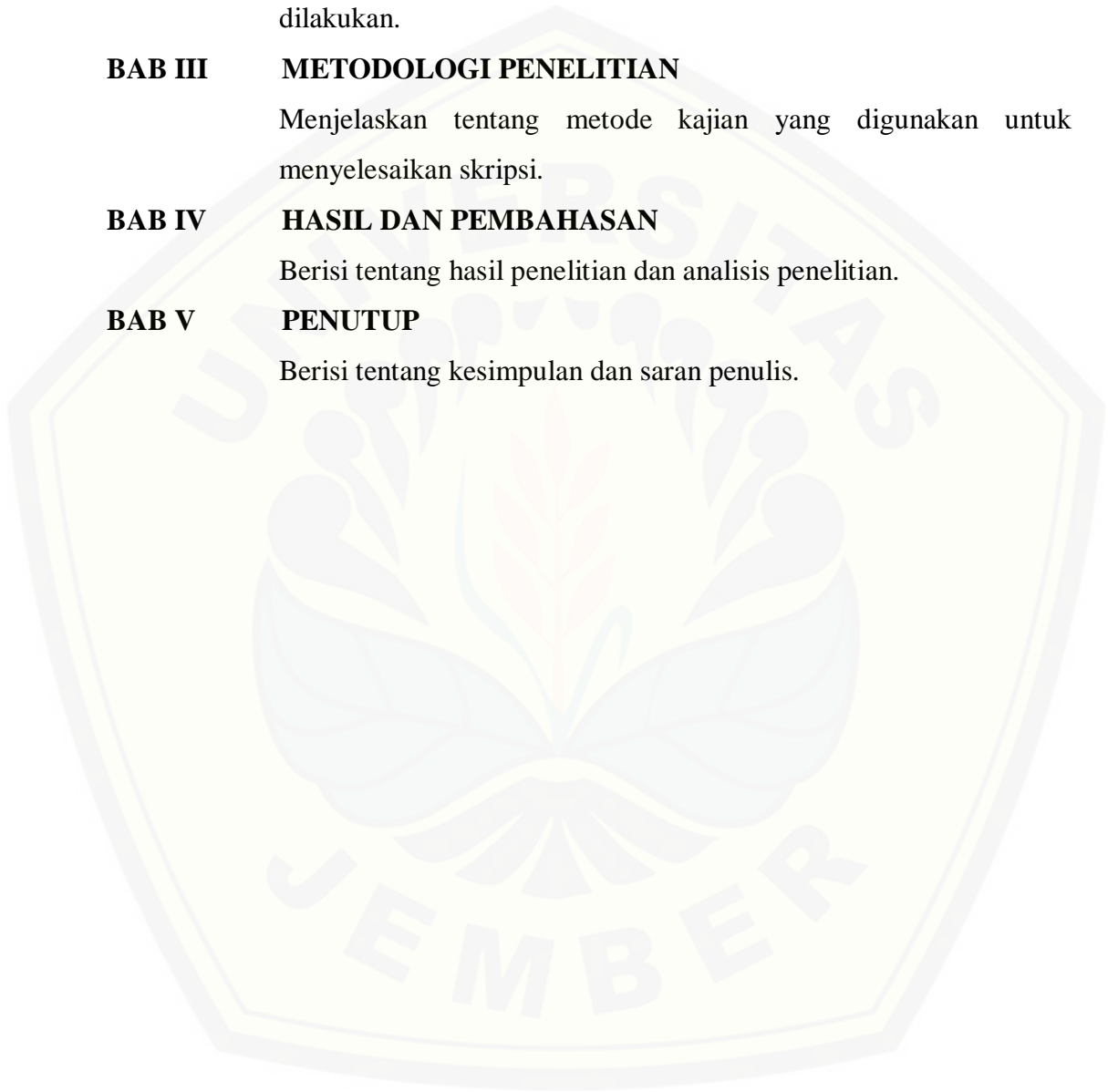
Menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

**BAB IV      HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi tentang hasil penelitian dan analisis penelitian.

**BAB V        PENUTUP**

Berisi tentang kesimpulan dan saran penulis.





## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Panel Surya

Panel surya atau solar cell adalah device yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya bias disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energy cahaya matahari yang samapai ke bumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga dimaksimalkan panasnya melalui system *solar thermal* (Mahardika, 2017). Berdasarkan teori radiasi elektromagnetik, cahaya adalah spectrum gelombang elektromagnet yang memiliki panjang gelombang yang berbeda. Cahaya juga dianggap sebagai partikel diskrit atau quanta energi. Cahaya sebagai partikel dan gelombang dirumuskan sebagai berikut :

$$E = h \cdot f = h \cdot c / \lambda \dots \dots \dots (2.1)$$

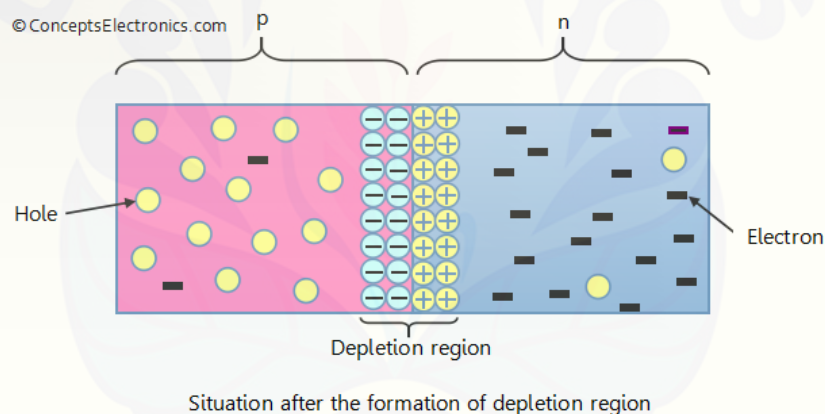
Dimana cahaya pada frekuensi  $f$  atau panjang gelombang  $\lambda$  datang dalam bentuk paket-paket foton dengan energy sebesar  $E$ ,  $h$  adalah konstanta planck ( $6,625 \times 10^{-34} \text{Js}$ ) dan  $c$  adalah kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ). sifat cahaya sebagai energy dalam paket-paket foton ini diterapkan pada sel surya (Diputra, 2008).



Gambar 2. 1 Modul Panel Surya  
([www.solarsuryaindonesia.com](http://www.solarsuryaindonesia.com))

### 2.1.1 Prinsip Kerja Panel Surya

Prinsip kerja sel surya memiliki kesamaan dengan *pn-junction* pada dioda. Pn-junction merupakan gabungan atau lapisan semikonduktor jenis P dan N yang dihasilkan dari proses doping silicon murni. Semikonduktor jenis P merupakan semikonduktor bermuatan positif atau biasa disebut juga dengan hole. Semikonduktor jenis P memiliki muatan positif lebih banyak dibandingkan dengan semikonduktor jenis N. bila semikonduktor jenis P dihubungkan dengan kutub positif baterai dan bagian N dihubungkan dengan kutub negative baterai, maka arus akan mengalir melewati p-n junction namun jika semikonduktor jenis P dihubungkan dengan kutub positif negatif dan bagian N dihubungkan dengan kutub positif baterai, maka arus tidak akan mengalir. Akan tetapi masih ada arus kecil yang masih dapat mengalir yang disebut arus bocor.



Gambar 2. 2 *PN junction*

(www.semesters.in)

Pada saat kondisi reverse bias atau kondisi arus tidak dapat mengalir melewati junction terdapat efek fotokonduktif dan *photovoltaic*. Fotokonduktif adalah gejala ketika suhu dinaikkan arus bocor akan meningkat. Sedangkan *photovoltaic* adalah penyerapan cahaya pada kondisi reverse bias untuk menghasilkan listrik pada *p-n junction*. Jadi sel surya pada dasarnya adalah sebuah fotodioda yang dirancang dengan mengacu pada efek *photovoltaic* sedemikian rupa, sehingga dapat mengubah energy cahaya seefisien mungkin menjadi energy listrik (Diputra, 2008).

### 2.1.2 Jenis-Jenis Sel Surya

#### 1. Monocrystalline

Monocrystalline merupakan panel surya yang terbuat dari kristal yang sangat tipis yang merupakan potongan dari kristal induk. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi mencapai 15 – 20 persen.

#### 2. Polycrystalline Cell

Panel surya jenis polycrystalline cell merupakan jenis panel surya yang menggunakan material silicon sebagai bahan penyusunnya. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi sekitar 13 - 16 persen.

#### 3. Amorphous Silicon Cell

Amorphous Silicon Cell adalah panel surya yang tidak memiliki Kristal struktur atau non kristal. Panel suray jenis ini menggunakan bahan berupa proses film yang tipis dan memiliki efisiensi sekitar 4 – 6 persen.

#### 4. Copper Indium Diselenide Cell

Panel surya jenis copper indium diselenide cell merupakan panel surya yang menggunakan bahan copper indium diselenide sebagai bahan utamanya. copper indium diselenide ini merupakan campuran dari bahan gallium dan belerang. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi sekitar 9-11 persen.

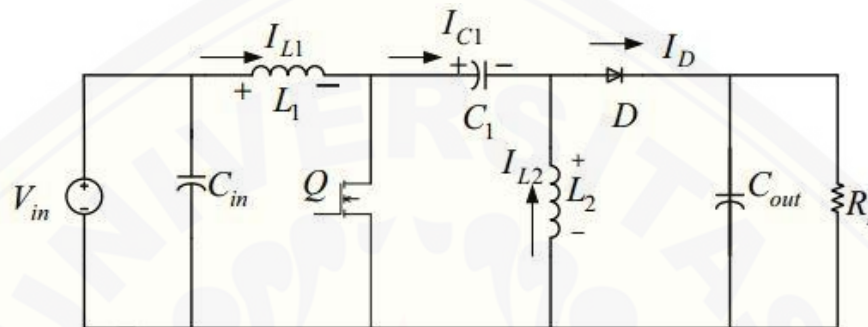
#### 5. Cadmium Telluride (CdTe)

Panel surya jenis cadmium telluride merupakan jenis panel surya yang menggunakan substrat kaca yang dilapisi konduktor TCO transparan. Biasanya terbuat dari indium tin axide (ITO) sebagai kontak depan. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi sekitar 8,5 persen.

## 2.2 SEPIC Konverter

Dasar dari sebuah *converter* yaitu berfungsi untuk menurunkan tegangan seperti buck *converter* ataupun menaikkan tegangan seperti boost *converter*. Tetapi untuk beberapa kondisi dibutuhkan *converter* untuk menaikkan dan menurunkan tegangan. SEPIC dibuat atas dasar pengembangan konverter jenis sebelumnya, yakni buck, boost, buck-boost, dan CUK (Boutouba *et al*, 2017). Sejarah pembentukan SEPIC sendiri diawali dari konverter jenis buck. Buck

merupakan dasar dari semua konverter. Yang mana memiliki fungsi yaitu menurunkan tegangan lebih rendah dari tegangan masukan. Kemudian dengan merubah masukan dan keluaran maka diperoleh konverter jenis boost yang memiliki fungsi yakni menaikkan tegangan lebih besar dari tegangan masukan. Kemudian dengan kombinasi keduanya maka diperoleh konverter kombinasi yang dapat menaikkan dan juga menurunkan tegangan yaitu buck-boost konverter.



Gambar 2. 3 Konverter DC-DC tipe SEPIC

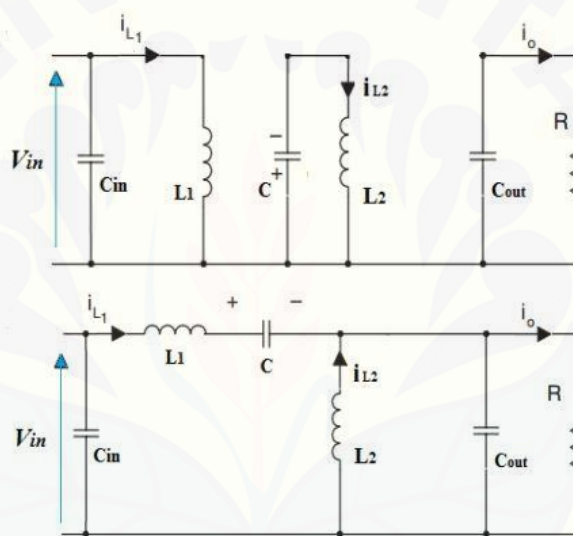
(Ta-Tau at al, 2011)

Konverter topologi ini adalah perbaikan dari topologi konverter DC-DC tipe cuk. SEPIC merupakan non-inverting dc-dc *converter* dan dapat menghasilkan tegangan diatas maupun dibawah dari tegangan masukan. Masukan arus adalah non-pulsating, tetapi arus keluaran berupa pulsating. Nama SEPIC merupakan singkatan dari *single-ended primary inductance converter* (Jensak Eakburanawat, 2010).

### 2.2.1 Cara Kerja DC/DC SEPIC

SEPIC konverter merupakan *converter* yang berfungsi menaikkan dan menurunkan tegangan DC. Berdasarkan rangkaian pada gambar 2.3 terdapat mosfet sebagai switching. Terdapat 2 induktor dan 2 kapasitor yang dikopling, Sehingga keluaran dari konverter tidak inverting. Mode operasi yang dimanfaatkan pada konverter jenis SEPIC yaitu mode CCM (Continuous Conduction Mode). Mode CCM adalah kondisi yang terjadi ketika arus yang melalui induktor L1 tidak pernah bernilai nol.

Prinsip kerja pada SEPIC adalah pada saat Pada saat mosfet dalam kondisi on maka inductor  $L_1$  akan terisi dari tegangan *input* dan kapasitor  $C_1$  akan mengisi inductor  $L_2$ . Dalam kondisi ini tidak ada energi yang masuk ke dalam kapasitor *output*. Sedangkan saat mosfet kondisi Off, daya dikirimkan ke beban dari kedua inductor  $L_1$  dan  $L_2$ . kapasitor kopling ( $C_s$ ) di charger  $L_1$ . Selama cycle off dan selanjutnya akan di charge lagi oleh  $L_2$  selama on cycle. Induktor  $L_1$  dan saklar  $Q_1$  menyebabkan SEPIC menjadi boost konverter, yang dapat meningkatkan tegangan keluaran ( $V_{Q1}$ ) sehingga lebih besar dari tegangan masukan  $V_{in}$  (Boutouba *et al*, 2017).



Gambar 2. 4 Cara kerja DC/DC tipe SEPIC  
(Boutouba *et al*, 2017)

### 2.2.2 Desain Konverter

Untuk mendesain sebuah induktor, banyak parameter yang dibutuhkan agar perancangan menghasilkan hasil rancangan yang sesuai target. Berikut langkah dalam mendesain SEPIC (Zhang, 2013):

#### a. Menentukan *duty cycle*

Langkah pertama yaitu menentukan besar *duty cycle* estimasi awal pada perancangan DC/DC *converter*. Dengan asumsi efisiensi 100%, *duty cycle* untuk konverter SEPIC yang beroperasi di CCM adalah sebagai berikut.

$$D = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in} + V_{out} + V_D} \dots\dots\dots (2.2)$$

Persamaan diatas digunakan untuk menentukan besar estimasi *duty cycle* berdasarkan data spesifikasi DC/DC *converter* yang telah ditentukan sebelumnya. di mana  $V_D$  adalah drop tegangan maju dari diode Schottky. Ini dapat ditulis ulang sebagai berikut.

$$D_{max} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in (Min)} + V_{out} + V_D} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$D_{min} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in (Max)} + V_{out} + V_D} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dari persamaan 2.3 dan 2.4 diatas dapat diketahui bahwa D (maks) terjadi pada  $V_{IN}$  (min), dan D (min) terjadi di  $V_{IN}$  (maks) (Falin, 2008)

#### b. Menentukan Nilai Induktor

Salah satu langkah pertama dalam mendesain regulator switching PWM adalah untuk memutuskan berapa banyak arus ripple inductor  $\Delta I_L$ , arus ripple yang terlalu banyak akan meningkatkan EMI, sementara terlalu sedikit dapat menyebabkan operasi PWM tidak stabil. Aturan praktisnya adalah menggunakan 20% hingga 40% dari arus *input*, sebagaimana dihitung dengan persamaan persamaan 2.5.

$$\Delta I_L = I_{IN'} \times 30\% = \frac{I_{out} \times V_{out}}{V_{in} \times \eta} \times 30\% \dots\dots\dots (2.5)$$

Dalam persamaan ini,  $I_{IN}$  dibagi dengan perkiraan efisiensi terburuk,  $\eta$ , pada  $V_{IN}$  (min) dan  $I_{OUT}$  (maks) untuk perkiraan yang lebih akurat dari arus *input*,  $I_{IN'}$  (Falin, 2008)

Dalam induktor yang ideal, masing-masing induktor memiliki jumlah gulungan yang sama pada satu inti tunggal, induktansi mutual memaksa arus ripple dibagi secara merata antara dua inductor yang digabungkan. Dalam induktor yang digabungkan, induktor tidak memiliki induktansi yang sama dan arus ripple tidak akan persis sama. Untuk nilai arus ripple yang diinginkan, induktansi yang diperlukan dalam induktor gabungan diperkirakan setengah dari apa yang akan diperlukan jika ada dua induktor terpisah, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$L_1 = L_2 = \frac{1}{2} \times \frac{V_{in}(\min) \times D_{max}}{\Delta I_L \times f(\text{switch})} \dots\dots\dots (2.6)$$

Untuk memperhitungkan beban transien, rating arus jenuh induktor gabungan harus setidaknya 20% lebih tinggi daripada arus puncak steady-state di induktor sisi tinggi, sebagaimana dihitung dalam Persamaan berikut ini (Falin, 2008).

$$I_{L1}(\text{peak}) = I_{IN'} \left( 1 + \frac{30\%}{2} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$I_{L2}(\text{Peak}) = I_{out} \left( \frac{\Delta L}{2} \right) \dots\dots\dots (2.8)$$

c. Menentukan MOSFET

Kekuatan MOSFET, Q<sub>1</sub>, harus dipilih secara hati-hati sehingga dapat menangani tegangan puncak dan arus sambil meminimalkan kerugian daya-disipasi. Nilai kekuatan FET saat ini (atau batas saat ini untuk konverter dengan FET terintegrasi) akan menentukan arus keluaran maksimum konverter SEPIC (Falin, 2008).

$$I_{Q1}(\text{peak}) = I_{L1}(\text{peak}) + I_{L2}(\text{peak}) = I_{IN'} + I_{OUT} + \Delta I_L \dots\dots\dots(2.9)$$

Pada suhu lingkungan, rating powerdissipation FET harus lebih besar daripada jumlah kerugian konduktif (fungsi r<sub>ds</sub> FET [on]) dan kerugian switching (fungsi dari muatan gerbang FET) sebagaimana diberikan dalam Persamaan 2.10 :

$$P_{Q1} = I_{Q1}^2 \times R_{ds}(\text{on}) \times D_{max} \times (V_{in\ min} + V_{out}) \times I_{Q1}(\text{peak}) \times \frac{Q_{GD} \times f}{I_g} \dots\dots\dots(2.10)$$

Sedangkan untuk arus rms mosfet adalah sebagai berikut.

$$I_{Q1}(\text{rms}) = I_{out} \sqrt{\frac{(V_{out} + V_{in}(\text{Min}) + V_d) \times (V_{out} + V_D)}{V_{in}^2 \text{ min}}} \dots\dots\dots (2.11)$$

d. Pemilihan dioda

Dioda keluaran harus dapat menangani arus puncak yang sama seperti Q<sub>1</sub> atau I<sub>Q1</sub> (Peak). Diode juga harus mampu menahan tegangan balik yang lebih besar dari tegangan maksimum Q<sub>1</sub> (V<sub>IN</sub> [max] + V<sub>OUT</sub> + V<sub>FWD</sub>) untuk memperhitungkan transien dan dering. Karena arus dioda rata-rata adalah arus keluaran, paket diode harus mampu menghilang hingga P<sub>D1</sub> = I<sub>OUT</sub> × V<sub>FWD</sub>.

Minimal tegangan *reverse* pada dioda terdapat dalam persamaan 2.12 (Falin, 2008).

$$V_{RD1} = V_{in} (Max) + V_{out} (Max) \dots \dots \dots (2.12)$$

e. Pemilihan nilai kapasitor *output*

Ketika  $Q_1$  aktif, kapasitor *output* harus menyediakan arus beban. Oleh karena itu, kapasitor *output* harus memiliki paling sedikit kapasitansi, tetapi tidak terlalu banyak ESR, untuk memenuhi persyaratan aplikasi untuk ripple tegangan keluaran,  $\Delta V_{RPL}$ :

$$\Delta V_{RPL} \leq \frac{I_{out} \times D(\max)}{C_{out} + f_{sw}(\min)} + ESR \times [I_{L1}(\text{peak}) + I_{L2}(\text{peak})] \dots \dots \dots (2.13)$$

Jika kapasitor *output* ESR sangat rendah digunakan, ESR dapat diabaikan dan persamaan berkurang menjadi

$$C_{out} \geq \frac{I_{out} \times D(\max)}{\Delta V_{ripple} \times f_{sw}(\min)} \dots \dots \dots (2.14)$$

dimana  $f_{sw}(\min)$  adalah frekuensi switching minimum. Batas kapasitansi minimum mungkin diperlukan untuk memenuhi persyaratan load-transient aplikasi.

Kapasitor *output* harus memiliki peringkat arus RMS lebih besar daripada arus RMS kapasitor, sebagaimana dihitung dalam Persamaan 2.15 (Falin, 2008).

$$I_{Cout} (rms) = I_{out} \times \sqrt{\frac{D(\max)}{1-D(\max)}} \dots \dots \dots (2.15)$$

### 2.3 Baterai

Baterai atau aki adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Definisi lain dari baterai adalah alat untuk menyimpan tenaga listrik melalui proses elektrokimia sehingga sumber tenaga listrik dapat diubah menjadi tenaga kimia dan sebaliknya. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-



elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan didalam sel.



Gambar 2. 5 Baterai Aki  
([www.agusalfa.com](http://www.agusalfa.com))

### 2.3.1 Charge Baterai Aki

Waktu pengisian baterai aki/ sealed lead acid adalah 6 sampai 10 jam. Dengan arus pengisian yang lebih tinggi dan metode pengisian multi-stage, waktu pengisian dapat berkurang sampai dengan 10 jam atau kurang.

Pengisian multi-stage, terdiri dari 3 stage/ tahap: *constant-current charge*, *toppingcharge* dan *floatcharge* Selama *constant-current charge*, baterai diisi sampai 70 persen dalam waktu 5 jam; sisanya 30 persen adalah pengisian pelan-pelan dalam *topping charge*. *Topping charge* butuh sekitar 5 jam yang lain dan ini sangat penting untuk menjaga baterai tetap baik. Jika pola pengisian baterai tidak lengkap sesuai dengan kedua stage diatas, maka baterai akan kehilangan kemampuan untuk menerima full charge dan kinerja baterai akan berkurang. Tahap ketiga adalah *float charge*, kompensasi self-discharge setelah baterai terisi penuh.

Baterai aki, terdiri dari beberapa sel. Baterai aki 12 Volt, terdiri dari 6 sel. Batas tegangan satu sel umumnya mulai dari 2.30V sampai 2.45V. Jadi baterai aki 12 Volt, tegangan sebenarnya adalah antara 13.8 V - 14.7 Volt. Kondisi baterai aki tergantung dari suhu. Suhu tinggi menyebabkan baterai cepat rusak. Pada saat charging baterai pada suhu ruangan melebihi 30 derajat celcius, tegangan yang direkomendasikan adalah 2.35V/sel. Pada saat charging, dan suhu ruangan tetap

dibawah 30 derajat Celcius, tegangan charger untuk masing-masing sel disarankan 2.40 sampai 2.45Volt.

Berikut merupakan tabel hubungan nilai tegangan standar dalam pengisian tegangan konstan dan suhu (Panasonic, 2005).

Tabel 2. 1 Tegangan standar pengisian baterai

		0°C	25°C	40°C
Cycle use	6V	7.7	7.4	7.1
	12V	15.4	14.7	14.2
Trickle use	6V	7.1	6.8	6.7
	12V	14.1	13.7	13.4

Baterai aki memerlukan periodik discharge, untuk memperpanjang umur baterai. Penerapan sekali dalam sebulan, dimana discharge dilakukan hanya berkisar 10 persen dari total kapasitas. Full discharge sebagai bagian dari pemeliharaan rutin tidak direkomendasikan karena akan mengurangi siklus hidup baterai.

### 2.3.2 Discharging Baterai Aki

Kapasitas baterai sebesar 100 Ampere hour, artinya arus baterai akan habis dalam satu jam, bila beban menggunakan 100 Ampere. Level discharge baterai aki yang direkomendasikan adalah sampai dengan tegangan 1.75 Volt per sel. Baterai aki akan rusak apabila tegangan per sel lebih kecil dari 1.75 Volt (atau 10.5 Volt untuk baterai 12 Volt).

Masa baterai dihitung dalam jumlah cycle. Satu cycle adalah satu kali penggunaan dan pengisian. Depth of discharge (jumlah pemakaian ampere baterai), mempengaruhi jumlah cycle baterai aki.

### 2.3.3 SOC (*State of Charge*)

SOC atau state of charge baterai adalah rasio kapasitas energy yang tersedia (*remaining energy capacity*) dengan kapasitas maksimum (*maximum energy capacity*) (Nugroho *et al.*, 2014).

Dalam menampilkan atau menyatakan SOC pada sebuah baterai biasanya digunakan rentang 0 – 1, dimana pada nilai 0 ini memiliki arti bahwa baterai

dalam kondisi kosong, sebaliknya ketika 1 ini berarti baterai dalam kondisi penuh. Selain dengan rentang 0 – 1, SOC juga biasa dinyatakan dalam bentuk persentase yaitu 0% sampai 100% dimana 0% adalah saat kondisi baterai kosong sedangkan 100% adalah saat baterai terisi penuh.

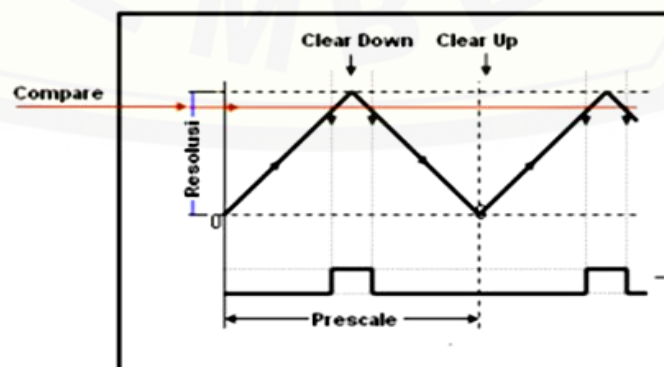
Pengukuran SOC baterai dapat dilakukan dengan 3 cara sebagai berikut:

1. Pengukuran secara langsung, dapat dilakukan jika baterai dapat discharge pada nilai yang konstan dan pengukuran.
2. Pengukuran *Specific Gravity* (SG), cara ini bergantung pada perubahan pengukuran dari berat bahan kimia aktif.
3. Perkiraan SOC berdasarkan tegangan, dengan mengukur tegangan cell baterai sebagai dasar untuk perhitungan SOC atau sisa kapasitas (Farizy *et al.*, 2016)

#### 2.4 Pulse Width Modulation

Sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan cara analog yaitu dengan menggunakan rangkaian *op-amp* atau dengan menggunakan cara digital. Dengan menggunakan cara digital pada setiap perubahan yang terjadi pada PWM dipengaruhi oleh resolusi PWM itu sendiri. Misalkan PWM memiliki digital 8bit, berarti PWM tersebut memiliki resolusi  $2^8$  atau sama dengan 256. Jadi nilai keluaran PWM ada 256 variasi yang dimulai dari 0 – 255 dan nilai tersebut mewakili *dutycycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut. Pada perancangan kali ini PWM akan dibangkitkan secara digital menggunakan Arduino MEGA 2560.

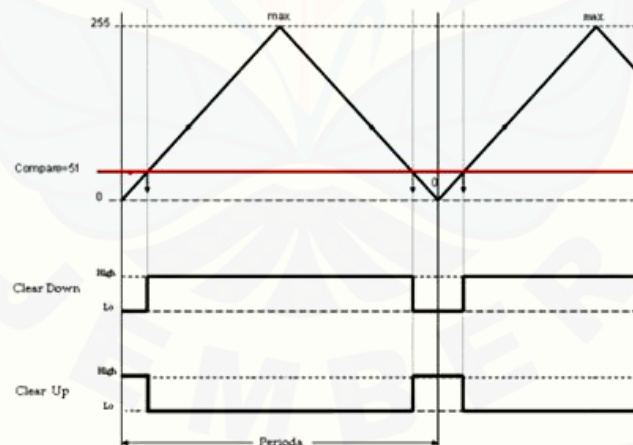
Proses pembangkitan sinyal PWM pada mikrokontroler Arduino Mega 2560 ditunjukkan oleh Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2. 6 Proses pembangkitan sinyal

Pada gambar diatas *Compare* berfungsi sebagai nilai pembanding. Nilai ini merupakan nilai referensi *duty cycle* yang diperoleh dari PWM tersebut. Nilai *compare* ditandai dengan garis berwarna merah, posisinya berada di antara ujung segitiga dan dasar segitiga.

*Clear* berfungsi untuk menentukan jenis komparator apakah *inverting* atau *non-inverting*. Posisi keduanya tersebut akan dibandingkan oleh mikrokontroler, jadi PWM akan mengeluarkan logika 0 apabila garis segitiga berada dibawah garis merah ketika PWM diatur pada kondisi *clear down*. Dan berlaku untuk sebaliknya ketika garis segitiga berada diatas garis merah maka PWM akan mengeluarkan logika 1. Bentuk lebar atau sempit logika 1 ini diatur oleh posisi *compare*, nilai keluaran PWM sendiri merupakan bentuk dari logika 1 tersebut dan kejadian ini akan terjadi secara terus-menerus. Oleh karena itu nilai dari *compare* inilah yang dijadikan *duty cycle* PWM. *Clear up* adalah kebalikan dari *clear down* pada keluaran logikanya. Berikut adalah gambar perbedaan sinyal *clear up* dan *clear down*



Gambar 2. 7 Sinyal *clear up* dan *clear down*

Dalam menentukan waktu periode dari PWM dapat menggunakan *Prescale*. Nilai *prescale* bervariasi yaitu 1, 8, 32, 64, 128, 256, 1024. Jika *prescaler* di atur pada angka 32, *timer/PWM* akan menghitung 1 kali bila *clock* pada CPU sudah 32 kali. *Clock CPU* adalah *clock* yang ada pada mikrokontroler

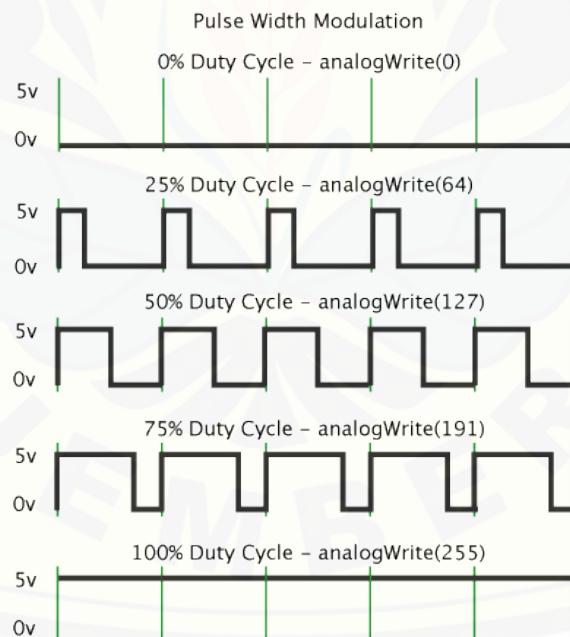
sendiri. *Prescale* ini dapat digunakan untuk menghitung periode PWM dengan rumus berikut

$$T = \left( \frac{1}{\text{clock CPU}} \right) \times \text{prescale} \times \text{resolusi} \dots\dots\dots(2.16)$$

Untuk membuat lebar pulsa *on* dan *off* dalam satu periode gelombang pada *duty cycle* digunakan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Duty cycle} = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan nilai *duty cycle* 100% berarti sinyal tegangan dilewatkan secara keseluruhan. Jika tegangan catu daya sebesar 100 V maka beban akan mendapatkan tegangan 100V. Pada *duty cycle* 50% tegangan pada beban hanya akan diberikan 50% dari total tegangan yang ada, begitu seterusnya (Nugroho *et al.* 2010) tegangan yang mengalir pada beban adalah 50V. Pada gambar di bawah ini adalah beberapa contoh *duty cycle* dengan nilai PWM (diterjemahkan dari [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)).

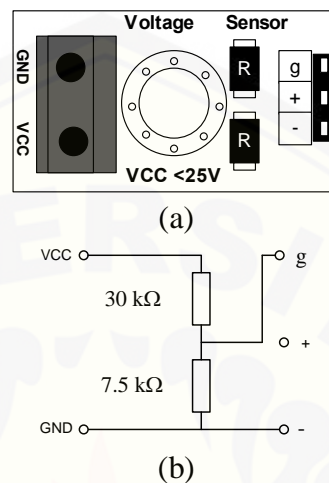


Gambar 2. 8 *Duty cycle* dengan nilai PWM ([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc))

## 2.5 Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah modul pembagi tegangan yang digunakan untuk mengubah tegangan yang akan diukur untuk dapat diumpankan ke pin kontroler

yang sudah memiliki konverter analog ke digital (ADC). Sensor tegangan berfungsi membaca nilai tegangan suatu rangkaian. Prinsip kerjanya adalah membuat perbandingan antara tegangan asli dengan tegangan yang terbaca oleh arduino.

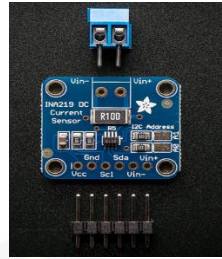


Gambar 2. 9 Sensor Tegangan DCT-Elektronik

Gambar (a) adalah modul sensor pembagi tegangan, sedangkan Gambar (b) adalah diagram skematik dari sensor tersebut. Kaki VCC dan GND adalah kaki-kaki untuk menempatkan terminal tegangan yang akan diukur sedangkan pin g, + dan – adalah pin untuk dihubungkan dengan kaki ADC kontroler (Autodesk.Inc, 2015).

## 2.6 Sensor Arus INA219

Sensor arus adalah suatu alat yang mengukur jumlah arus pada alat elektronik. Sensor arus biasanya terdiri dari rangkaian elektronik yang mengubah jumlah arus menjadi satuan listrik. Nol CJMCU-219 modul adalah sebuah antarmuka I2C dengan melayang, bi-directional current/power monitor sirkuit terpadu (IC), dan memperluas produk TI elektronik hemat energi camp. INA219 dengan industri tertinggi akurasi dan ukuran terkecil, tidak hanya untuk memantau penurunan tegangan shunt resistor pada shunt supply tegangan penginderaan, sementara juga daya komputasi. perangkat ini tersedia dalam paket SOT23, menyediakan server kecil digital penginderaan saat ini, laptop, pasokan listrik, manajemen baterai dan otomotif dan peralatan telekomunikasi, solusi murah.



Gambar 2. 10 Sensor Arus INA219

INA219 pada  $-40^{\circ}\text{C}$  TO  $+ 1\%$  dapat dicapai dalam maksimum kesalahan akurasi kisaran suhu  $85^{\circ}\text{C}$ , maksimum offset adalah  $100\mu\text{V}$ . Presisi tinggi produk keunggulan resolusi 12-bit, sebanyak mungkin untuk membantu mengurangi penurunan tekanan pada shunt resistor, sehingga meminimalkan kehilangan daya dan konsumsi daya dan menghemat ruang dewan. Perangkat dapat merasakan bus tegangan kisaran  $0\text{V}$  ke  $+ 26\text{V}$ . INA219 fitur penting lainnya termasuk *Programmable Register* kalibrasi dapat dibaca dalam satuan ampere searah dan membaca daya dalam watt, hingga 128 sampel dapat rata – rata untuk mencapai peyaringan di lingkungan bising. I2C anatar muka memiliki pengaturan time out, tidak hanya untuk mencegah bus kunci, tetapi jga menyediakan mode kecepatan tinggi, untuk memenuhi kebutuhan komunikasi hingga  $3.4\text{ MHz}$ . Semua sifat INA219 adalah software deprogram untuk mendukung catu daya tunggal, tegangan operasi dari antara  $3.0 - 5.5\text{ V}$ .

## 2.7 Arduino UNO R3

Arduino adalah platform komputasi fisik open-source berbasis pada papan I/O sederhana dan lingkungan pengembangan yang mengimplementasikan bahasa Processing / Wiring. Arduino dapat digunakan untuk mengembangkan objek interaktif yang berdiri sendiri atau dapat dihubungkan ke perangkat lunak di komputer Anda (misalnya Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino Uno R3 merupakan jenis – jenis dari arduino, sedangkan arduino adalah sebuah mikrokontroler yang memiliki sifat *open source* sehingga memudahkan dalam memakainya. Arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan memiliki bahasa pemrograman sendiri serta banyak bantuan *library* pada arduino.

Arduino Uno R3 sendiri memiliki chip ATmega328p serta banyak pin pada *board* arduino.



Gambar 2. 11 Bentuk Fisik Arduino Uno R3 ( [www.Arduino.cc](http://www.Arduino.cc))

Gambar 2.11 menunjukkan *hardware* dari arduino uno R3. Adapun spesifikasi dari arduino Uno R3 sendiri seperti pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino Uno R3

Chip mikrokontroller	Atmega328P
Tegangan operasi	5V
Tegangan <i>input</i> (yang direkomendasikan, via jack DC)	7V - 12V
Tegangan <i>input</i> (limit, via jack DC)	6V - 20V
Digital I/O pin	14 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM <i>output</i>
Analog <i>Input</i> pin	6 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB (Atmega328P), 0,5 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	2 KB (Atmega328P)
EEPROM	1 KB (Atmega328P)
Clock speed	16 Mhz
Dimensi	68,6 mm x 53.4 mm
Berat	25 g

Diterjemahkan dari (Arduino Uno R3)



## 2.8 LCD ( *Liquid Crystal Display* )

LCD adalah singkatan dari *Liquid Crystal Display*. LCD grafis adalah LCD yang paling umum digunakan oleh pembuat sirkuit / proyek elektronik. LCD jenis ini memiliki pin antarmuka sehingga mudah untuk menghubungkannya dengan banyak mikrokontroler. LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit.

LCD memiliki antarmuka paralel, yang berarti bahwa mikrokontroler harus memanipulasi beberapa pin antarmuka sekaligus untuk mengontrol tampilan. Antarmuka tersebut terdiri dari beberapa pin antara lain, Pin register pilih (RS) yang mengontrol di mana dalam memori LCD Anda menulis data. Anda dapat memilih register data, yang menyimpan apa yang ada di layar, atau register instruksi, yang merupakan tempat pengendali LCD mencari instruksi tentang apa yang harus dilakukan selanjutnya. Pin Baca / Tulis (R / W) yang memilih mode baca atau mode penulisan Pin Aktifkan yang memungkinkan penulisan ke register. 8 pin data (D0-D7). Status pin ini (tinggi atau rendah) adalah bit yang Anda tulis ke register ketika Anda menulis, atau nilai yang Anda baca saat Anda membaca. Ada juga pin contrast tampilan ( $V_o$ ), pin power supply (+ 5V dan Gnd) dan LED Backlight (Bklt + dan BKlt-) pin yang dapat Anda gunakan untuk menyalakan LCD, mengontrol kontras layar, dan menghidupkan dan mematikan LED backlight, masing-masing.



Gambar 2. 12 LCD ( *Liquid Crystal Display* )

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.1.1 Tempat Penelitian

Proses penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Sistem Kendali Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl.Slamet Riyadi No.62 Patrang, Jember 68111.

#### 3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan selama 4 bulan. Pada bulan April sampai bulan Juli.

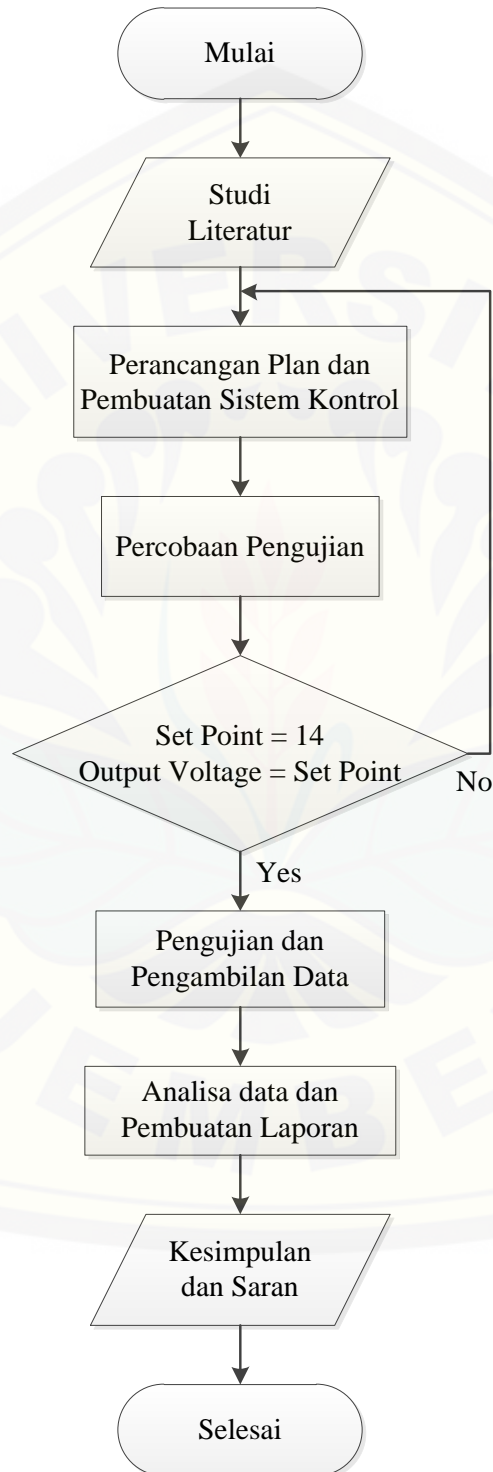
### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam melakukan pengujian dan penelitian mengenai “Implementasi *Single Ended Primary Inductance Converter* (SEPIC) Pada Sistem Panel Surya” antara lain adalah sebagai berikut:

1. *Solar Power Meter*.
2. *Solar Cell*
3. Arduino UNO R3.
4. SEPIC
5. Sensor Arus INA219
6. Sensor Tegangan
7. LCD 20x4
8. Jumper
9. Solder
10. Timah
11. PCB Board
12. PC / Laptop
13. *Software* Arduino

### 3.3 Tahapan Penelitian

*Flowchart* atau diagram alir yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dinyatakan dalam diagram alir seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 *Flowchart* penelitian

Dalam proses pengujian SEPIC ini dibutuhkan langkah–langkah penelitian sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Tahap awal dari penelitian ini mencari literatur dari hasil penelitian sebelumnya, buku maupun internet untuk mengetahui karakteristik tiap-tiap komponen, prinsip kerja, serta teori yang menunjang lainnya. Diharapkan dengan literatur yang didapat bisa memberikan arahan untuk mengurangi kesalahan dalam penelitian.

2. Merancang plan dan sistem kontrol

Pada tahap ini melakukan perancangan plant dan pembuatan sistem kontrol yang akan digunakan dalam penelitian ini dimana dibutuhkan beberapa komponen pengendali seperti sensor tegangan, SEPIC, dan plan secara keseluruhan.

3. Melakukan Pengujian

Pada tahap ini melakukan pengujian terhadap komponen pengendali yang telah dirancang sebelumnya. Pengujian sensor tegangan digunakan untuk mendapatkan nilai pembacaan yang akurat, kemudian pengujian pada SEPIC, dan panel surya yang digunakan.

4. Pengambilan data

Pada tahap ini melakukan pengambilan data dari sistem kontrol yang telah dibuat pada keseluruhan plan, dan pengujian terhadap beban yang bervariasi yaitu menggunakan resistor kapur.

5. Analisa data

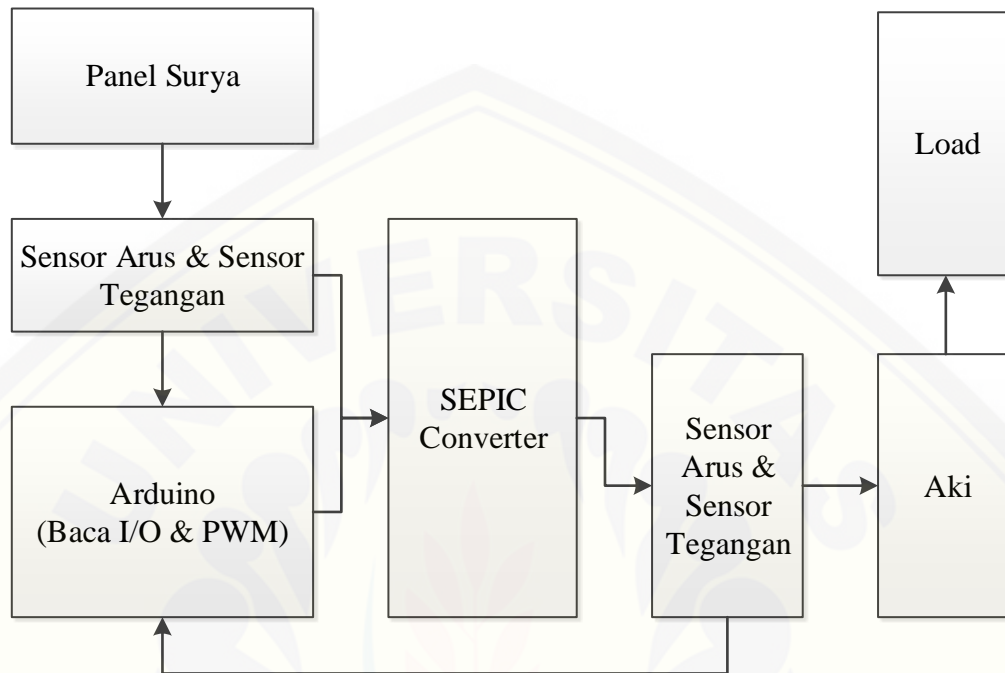
Pada tahap ini melakukan analisa pada data yang diperoleh dan di bentuk menjadi sebuah laporan dari penelitian yang sudah dilakukan.

6. Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini melakukan pengambilan kesimpulan dari semua data dan menganalisis data yang telah didapat berdasarkan dasar teori yang telah dijelaskan serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

### 3.4 Desain Sistem

Berikut ini adalah bentuk dari desain rangkaian sistem SEPIC yang berada pada sistem panel surya. Gambar 3.2 memperlihatkan setiap bagian-bagiannya.



Gambar 3. 2 Rangkaian Sistem SEPIC Pada Panel Surya

Pada rangkaian tersebut bagian yang berfungsi sebagai *input* adalah keluaran dari panel surya. Kemudian di bagian keluaran adalah SEPIC, sensor tegangan, sensor arus, baterai aki dan beban. Pada bagian prosesornya adalah Arduino UNO R3 untuk mengolah data tegangan keluaran sensor untuk dijadikan parameter kontrol dan mengolah sinyal PWM untuk kemudian disalurkan ke moset sebagai kontrol *switching* mosfet.

#### 3.4.1 Perencanaan Panel Surya

Pada penelitian ini menggunakan panel surya dengan jenis *polycrystalline* 20 Wp. Panel surya *polycrystalline* 20 Wp merupakan modul *solar cell* dengan efisiensi terbaik. Modul panel surya 20 Wp *polycrystalline* adalah salah satu modul fotovoltaik yang berkapasitas 20 Watt Peak (Wp). Panel surya jenis ini menggunakan bahan lapisan silikon murni yang memberikan efisiensi sekitar 10-12 persen. Memiliki efisiensi yang tergolong tinggi, panel surya jenis ini dapat

menjadi solusi kebutuhan listrik di pedesaan sebagai sumber listrik pada penerangan-penerangan daerah terpencil dan juga perkotaan. Modul panel surya 20 Wp *polycrystalline* memberikan peningkatan efisiensi melalui penggunaan sel *polycrystalline* terbaru dan terbaik dengan tingkat hasil lebih tinggi. Panel surya jenis ini memiliki tegangan nominal 17,5 Volt, sehingga ideal untuk aplikasi pengisian daya baterai.



Gambar 3. 3 Panel Surya 20 WP *Polycrystalline*

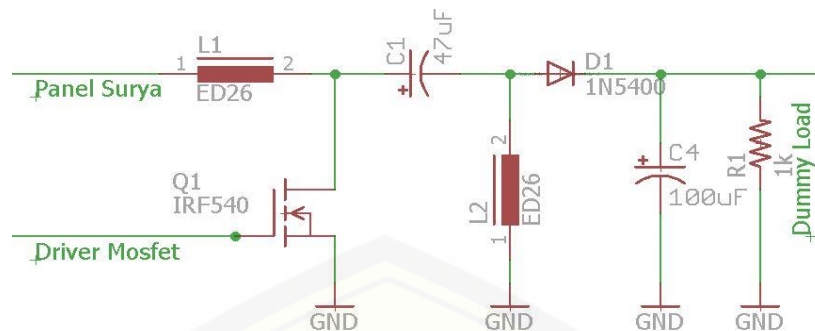
Pada table berikut dijelaskan tentang spesifikasi panel surya 20 Wp *polycrystalline*.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Panel Surya

Max. Power (P.Max)	20 Watt Peak
Type Cell	Polycrystalline
Voltage at P.Max (Vmp)	17.8 V
Current at P.Max (Imp)	1.13 A
Short Circuit Current (Isc)	1.23 A
Open Circuit Voltage (Voc)	21.8 V
Nominal Operating Cell Temp (Tnoct)	$\pm 50^{\circ}\text{C}$
Max. System Voltage	600 Vdc

#### 3.4.2 Perencanaan DC-DC SEPIC

Pada penelitian ini menggunakan SEPIC untuk mengatur tegangan DC yang dihasilkan dari keluaran solar cell agar tetap berada pada set point yang telah ditentukan. Skema rangkaian SEPIC dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3. 4 Rangkaian Dasar SEPIC

Gambar 3.4 merupakan gambar rangkaian dari SEPIC. Dimana pada gambar rangkaian diatas terdapat beberapa komponen elektronika yang digunakan seperti, inductor, kapasitor, mosfet, diode, dan resistor. Untuk mendesain DC/DC converter harus diketahui terlebih dahulu spesifikasi dari converter tersebut. Berikut ini tabel spesifikasi dari SEPIC yang akan dibuat dan digunakan :

Tabel 3. 2 Spesifikasi DC/DC SEPIC

Tegangan Masukan	9 volt hingga 21 volt
Tegangan Keluaran	14 Volt
Arus Keluaran	1.36 A
Frekuensi Switching	50 kHz
Current Ripple	0.6 A
Voltage Ripple	0.28 V
Induktor	220 uH
Kapasitor $C_{out}$	100 uF

Dalam membuat SEPIC sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan, maka diperlukan komponen-komponen yang sesuai. Dalam menentukan komponen-komponen yang sesuai dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan-persamaan sebagai berikut:

a. Menentukan duty cycle

$$D_{\max} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in} + V_{out} + V_D} \quad (3.1)$$

$$= \frac{14 \text{ V} + 2,1 \text{ V}}{9 \text{ V} + 14 \text{ V} + 2,1 \text{ V}} = 0,641$$

$$D_{\min} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in} + V_{out} + V_D} \quad (3.2)$$

$$= \frac{14 \text{ V} + 2,1 \text{ V}}{21 \text{ V} + 14 \text{ V} + 2,1 \text{ V}} = 0,433$$

## b. Pemilihan induktor

$$\begin{aligned}
 \text{Arus ripple: } \Delta I_L &= I_{IN'} \times 30\% = \frac{I_{out} \times V_{out}}{V_{in} \times \eta} \times 30\% & (3.3) \\
 &= \frac{1,36 \text{ A} \times 14 \text{ V}}{9 \text{ V} \times 90\%} \times 30\% \\
 &= 2,35 \text{ A} \times 30\% \\
 &= 0,7 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_1 = L_2 &= \frac{1}{2} \times \frac{V_{in}(\min) \times D_{max}}{\Delta I_L \times f(\text{switch})} & (3.4) \\
 &= \frac{1}{2} \times \frac{9 \text{ V} \times 0,641}{0,7 \text{ A} \times 50 \text{ KHz}} \\
 &= 82,4 \mu\text{H}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{L1}(\text{peak}) &= I_{IN'} \left( 1 + \frac{30\%}{2} \right) & (3.5) \\
 &= 2,35 \text{ A} \left( 1 + \frac{30\%}{2} \right) \\
 &= 2,7 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{L2}(\text{peak}) &= I_{out} \left( \frac{\Delta I_L}{2} \right) & (3.6) \\
 &= 1,36 \text{ A} \left( \frac{0,7 \text{ A}}{2} \right) \\
 &= 1,71 \text{ A}
 \end{aligned}$$

c. Pemilihan kapasitor *output*

Vripple diasumsikan 2% dari tegangan *output*

$$\begin{aligned}
 \text{Vripple} &= 2\% \times V_{out} & (3.7) \\
 &= 2\% \times 14 \text{ V} \\
 &= 0,28 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Perhitungan  $C_{out}$ :

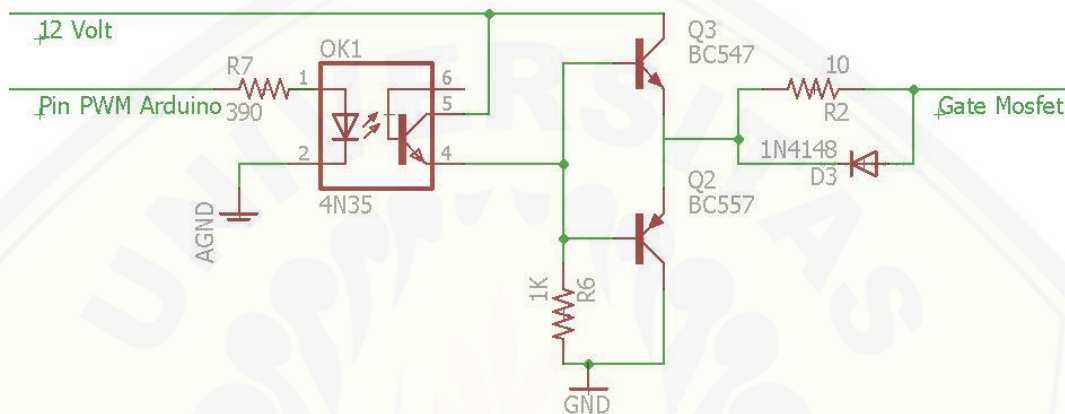
$$\begin{aligned}
 C_{out} &\geq \frac{I_{out} \times D(\max)}{\Delta V_{ripple} \times f_{sw}(\min)} & (3.8) \\
 &\geq \frac{1,36 \text{ A} \times 0,641}{0,28 \text{ V} \times 50 \text{ KHz}} \\
 &\geq 62,2 \mu\text{F}
 \end{aligned}$$

## 3.4.3 Perencanaan Rangkaian Driver

Rangkaian driver merupakan rangkaian yang berfungsi untuk memisahkan antara rangkaian daya dan rangkaian control pada SEPIC. Selain itu,



rangkaian ini juga berfungsi sebagai penguat sinyal PWM dan sinyal pemacu yang dihasilkan dari pin-pin pada arduino untuk memacu penyulutan pensaklaran semikonduktor atau mosfet pada rangkaian daya. Komponen semikonduktor akan melakukan pensaklaran secara sempurna apabila mendapatkan masukan *duty cycle* sebesar 100% dengan tegangan sebesar 5 volt. Rangkaian driver dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut ini :



Gambar 3. 5 Rangkaian Driver Mosfet

Rangkaian driver ini merupakan rangkaian yang dapat digunakan sebagai driver mosfet. Pada rangkaian ini menggunakan IC Optocoupler 4N35 sebagai komponen utamanya. Selain itu, digunakan transistor BC 547 dan BC 557 yang disusun parallel serta diode 1N4148 yang berfungsi sebagai penyearah dari tegangan *input* 12 Volt. Transistor NPN IRF 540 bekerja ketika tidak ada *input* sinyal PWM pada basis tegangan gate akan bernilai 0 mosfet dalam kondisi terbuka tidak dapat mengalirkan arus listrik dari terminal *drain* ke terminal *source*. Ketika diberi *input* sinyal PWM pada basis transistor maka tegangan gate akan bernilai 12 volt mosfet dalam kondisi tertutup sehingga dapat mengalirkan arus dari terminal *drain* ke terminal *source*.

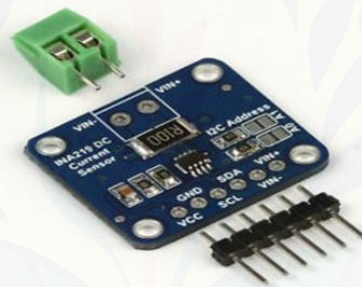
#### 3.4.4 Perencanaan Arduino UNO R3

Mikrokontroler yang digunakan untuk proses ini adalah Arduino UNO R3. Pemilihan ini berdasarkan jumlah pin yang akan digunakan pada penelitian ini. Pada Arduino UNO R3 terdapat 14 pin digital I/O, dan yang menjadi PWM ada 6 pin. Selain itu bahasa pemrograman yang digunakan lebih mudah dibandingkan

dengan pemrograman basis AVR. Dari banyak pin yang ada, beberapa yang akan digunakan adalah 9 pin, dua buah pin untuk sensor tegangan, dua buah pin untuk sensor arus, satu buah pin untuk kontrol MOSFET, 4 buah pin untuk logging data. Penggunaan arduino UNO R3 ini untuk menggunakan modul-modul program yang ada seperti modul *interrupt*, modul *timer*, pembangkit PWM, dan modul-modul *input-output*.

#### 3.4.5 Perencanaan Sensor Arus INA219

Penggunaan sensor arus adalah sebagai pembaca arus *input* dan arus *output* pada SEPIC, sehingga dapat ditentukan nilai PWM yang sesuai untuk memperoleh hasil *output* sesuai *set point* yang telah ditentukan. Nilai PWM sendiri sebagai pengatur mosfet pada rangkaian SEPIC.

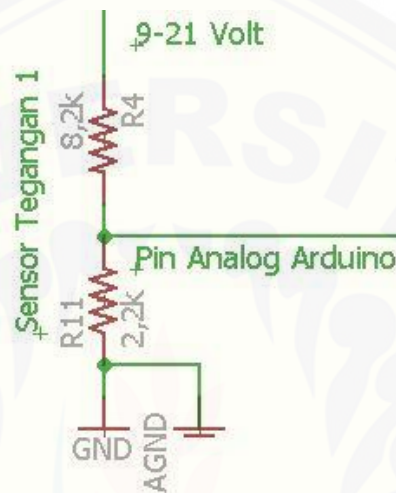


Gambar 3. 6 Bentuk fisik sensor arus INA219 ([www.bukalapak.com](http://www.bukalapak.com))

Sensor arus INA219 merupakan modul untuk membantu dalam mengukur arus dan tegangan lewat komunikasi I2C dengan tingkat presisi 1%. Modul ini didesain oleh Adafruit sehingga sudah tersedia library dan contoh pproyek arduinonya. Modul sensor ini mampu melakukan *high-side current sensing* sehingga rangkaian yang akan diukur tidak perlu terganggu karena perubahan ground (*low side current sensing* memasang resistor pengukuran diantara load dan ground). Modul ini mampu mengukur arus hingga 3.2 A dan tegangan +26VDC. Tegangan Vcc-nya hanya 3 atau 5 Volt. Modul ini juga dapat mengukur tegangan *high side*, sehingga cocok untuk mengukur umur baterai dan *output* panel surya.

### 3.4.6 Perencanaan Sensor Tegangan

Sensor tegangan disini adalah sebuah komponen yang berfungsi menurunkan tegangan menjadi beberapa level dibawah tegangan masukannya agar dapat terbaca oleh mikrokontroler, sehingga dapat ditampilkan pada layar. Sensor tegangan ini terbuat dari 2 buah resistor yang disusun secara seri dengan ukuran yang berbeda.



Gambar 3. 7 Sensor tegangan

Pada penelitian ini digunakan mengkonversi tegangan sebesar 21 V menuju maksimal 5 V. Untuk mendapatkan nilai tegangan pada arduino dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$V_{out} = \frac{R_2}{(R_1+R_2)} V_i \quad (3.9)$$

dimana,  $V_{out} = 5$ ;  $V_{in} = 21$ ;  $R_1 = 8k2 \Omega$

$$5 = \frac{21 \times R_2}{(8k2 + R_2)}$$

$$5 \times (8k2 + R_2) = 21 \times R_2$$

$$41000 + 5R_2 = 21R_2$$

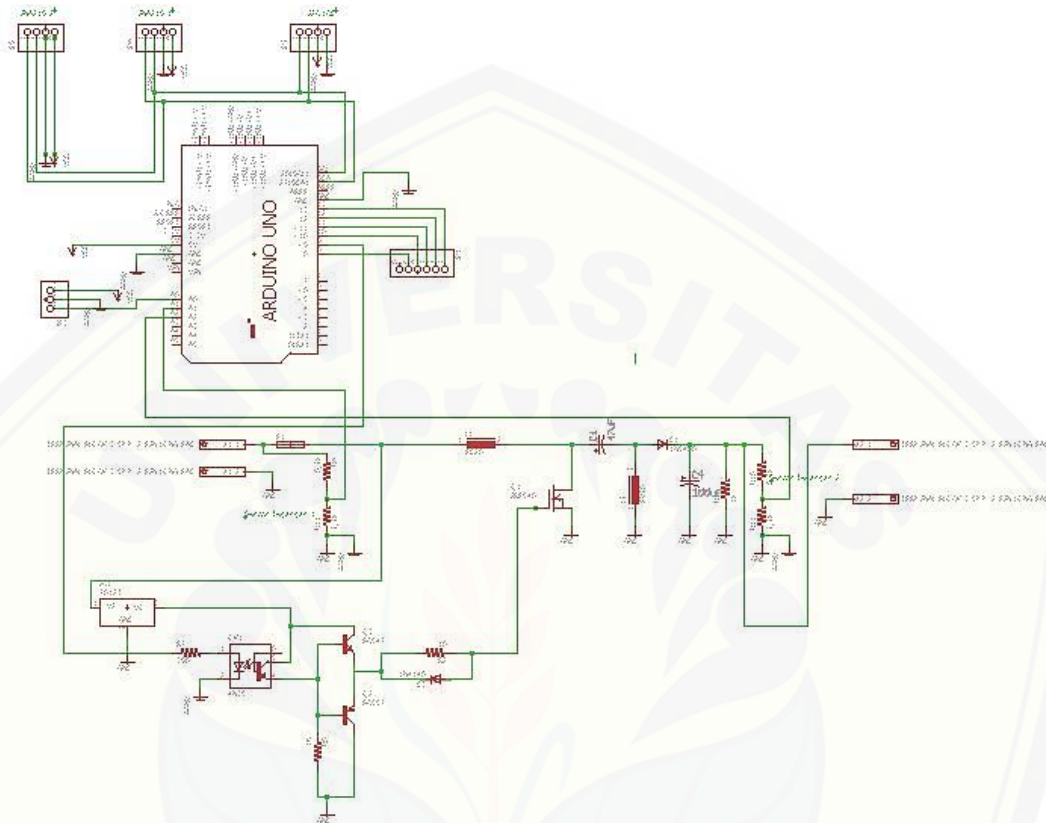
$$41000 = 16R_2$$

$$R_2 = \frac{41000}{16}$$

$$R_2 = 2562.5 \Omega$$

### 3.4.7 Perencanaan SEPIC Keseluruhan

Rancang bangun SEPIC secara keseluruhan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut ini.



Gambar 3. 8 Desain rangkaian keseluruhan SEPIC

Pada rangkaian secara keseluruhan ini terdapat rangkaian SEPIC, rangkaian driver, arduino uno, rangkaian sensor tegangan dan arus, serta LCD sebagai penampil hasil pengukuran dari sensor tegangan dan juga sensor arus INA 219. Pada rangkaian ini Arduino uno R3 digunakan sebagai mikrokontrol untuk mengontrol sinyal PWM yang akan masuk pada mosfet pada rangkaian SEPIC. Sensor tegangan dan juga sensor arus digunakan sebagai alat pengukur tegangan dan juga arus dari panel surya dan juga keluaran dari SEPIC.

### 3.4.8 Perencanaan Baterai

Baterai merupakan perangkat elektronik yang mengandung sel listik yang dapat digunakan untuk menyimpan energi listik. Baterai dapat menghasilkan energi listik melalui reaksi kimia. Baterai memiliki karakteristik yang mirip

seperti aki yaitu memiliki ion positif dan ion negatif. Dalam sel baterai berlangsung proses pengubahan energi kimia menjadi energi listrik (pengosongan) dan sebaliknya dapat mengubah energi listrik menjadi energi kimia (proses pengisian) dengan cara regenerasi elektroda yang dipakai. Yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel. Hal inilah yang disebut dengan sifat *reversible*.

Pada penelitian ini digunakan baterai aki berkapasitas 4.2 Ah dengan tegangan 12 volt dan arus 1 A. baterai aki ini digunakan sebagai penyimpan daya yang dihasilkan dari *solar cell* dikarenakan daya yang dihasilkan oleh solar cell sangat bergantung dengan cahaya yang mengenainya. Sehingga perlu adanya penyimpanan daya agar daya yang dihasilkan bisa terserap seluruhnya. Berikut ini adalah spesifikasi dari baterai yang digunakan.

Tabel 3. 3 Spesifikasi Baterai Aki

Model	Tipe VRLA
Voltase	12 Volt
Current	1 Ampere
Capacity	4.2 Ampere Hour
Tegangan <i>Charging</i>	13,8 – 14,7 Volt

Dari spesifikasi baterai aki yang digunakan seperti pada tabel 3.3 , maka dapat dilakukan perhitungan waktu yang diperlukan dalam pengisian baterai aki tersebut. Perhitungan lama pengisian baterai adalah sebagai berikut.

Baterai aki dengan kapasitas 4,2 Ah

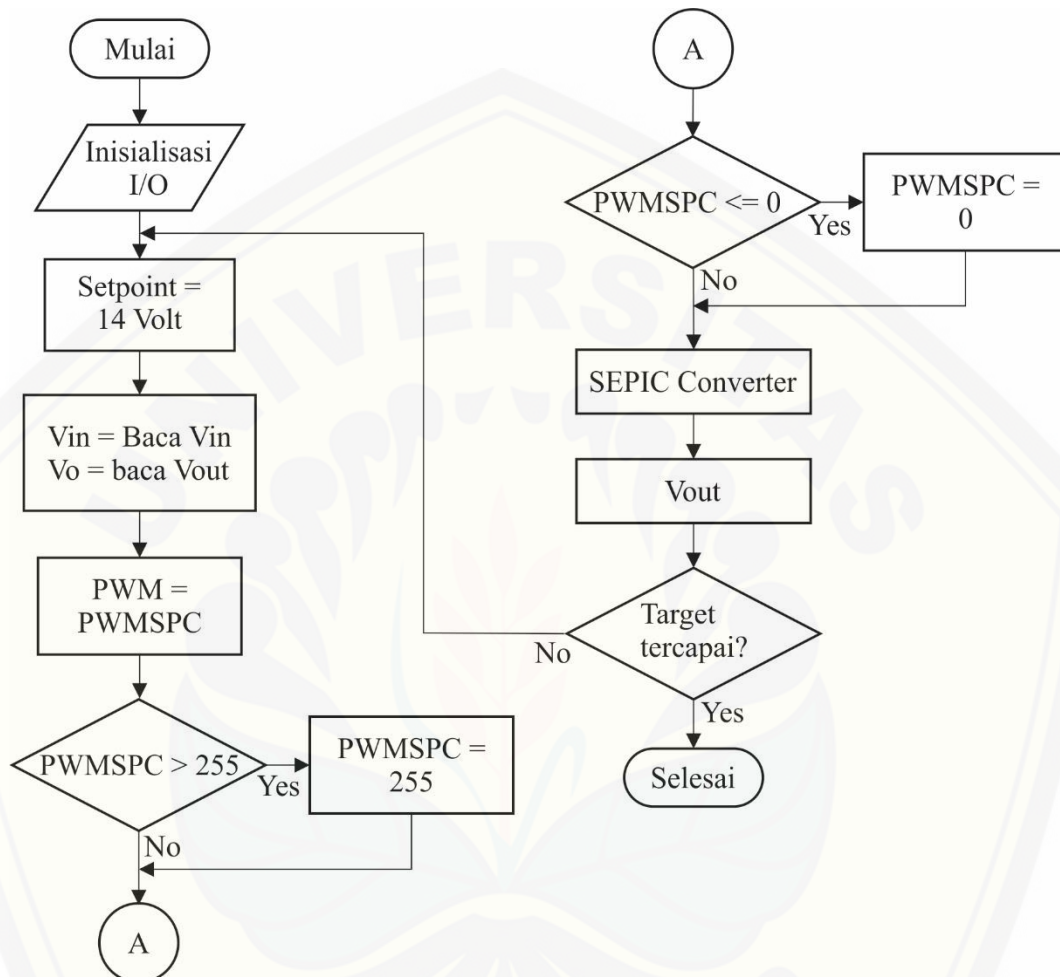
Lama pengisian = (kapasitas / arus untuk charge) x 60 menit

$$= ( 4.2Ah / 1 A) \times 60 \text{ menit}$$

$$= 252 \text{ menit} = 4 \text{ jam } 12 \text{ menit}$$

### 3.5 Flowchart Sistem

Gambar 3.9 berikut adalah diagram alir dari seluruh sistem kontrol pada penelitian ini.



Gambar 3. 9 Flowchart sistem

Sistem ini dimulai dengan inisialisasi I/O mulai dari masukan yang berupa nilai tegangan keluaran dan arus dari panel surya, nilai *setpoint* yang akan diberikan adalah sebesar 14 volt sesuai dengan tegangan charge baterai aki.

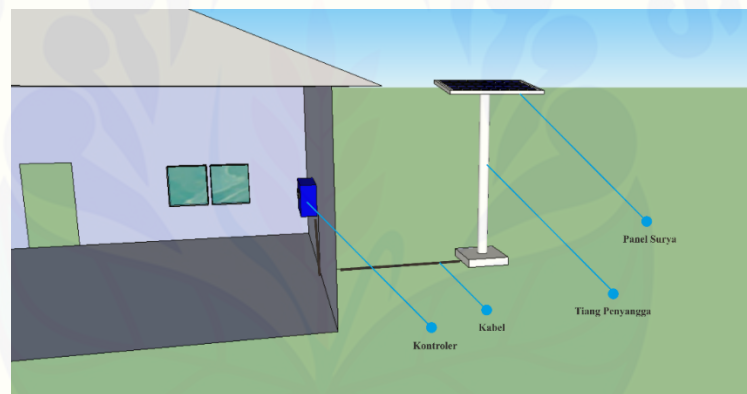
Proses selanjutnya adalah masuk kepada kontrol PWM pada Arduino UNO R3 dan dilakukan pembangkitan PWM dengan mengatur nilai PWM sesuai dengan bit pada Arduino. Saat nilai PWM sudah didapat, kemudian PWM akan menjadi *input* untuk mengatur tegangan mosfet pada rangkaian SEPIC. Setelah itu dilakukan pengecekan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh SEPIC apakah sudah sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan atau belum sesuai.

Pengecekan juga dilakukan pada arus untuk melihat apakah arus yang mengalir lebih dari batas aman atau tidak. Apabila pada pengecekan nilai arus tidak terdapat ancaman sinyal bisa langsung diberikan pada baterai atau aki untuk mengisi baterai sebagai penyimpan daya dari sistem panel surya.

Proses akan terus berlanjut sampai dengan sistem akan dimatikan apabila sistem tidak dimatikan maka akan melanjutkan proses untuk menentukan kontrol yang tepat terhadap kondisi tegangan keluaran yang dihasilkan panel surya pada saat itu berdasarkan dengan data *gain scheduling* yang sudah ada sebelumnya.

### 3.6 Design Rancang Bangun Secara Keseluruhan

Desain rancang bangun secara keseluruhan pada penelitian dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 3. 10 Desain Alat Secara Keseluruhan

Dari gambar 3.10 di atas terdapat beberapa bagian pada desain alat secara keseluruhan. Pada bagian pertama terdapat panel surya yang dipasang secara miring menghadap ke sinar matahari. Pada bagian kedua terdapat tiang penyangga panel surya yang berfungsi untuk tempat meletakkan panel surya dan terletak di tanah yang lapang. Pada bagian ketiga terdapat kabel atau penghantar yang berfungsi untuk menghubungkan antara *output* panel surya dengan *controller* yang berada di dalam ruangan. Selanjutnya bagian yang terakhir terdapat controller yang berupa SEPIC yang berfungsi sebagai pengontrol tegangan *output* yang dihasilkan oleh panel surya, agar tegangan lebih stabil dan lebih efisien.

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai hasil pengujian penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium jurusan Teknik Elektro Universitas Jember. Penelitian yang dilakukan yaitu mengenai DC –DC *converter* yang berjudul “Implementasi *Single Ended Primary Inductance Converter* (SEPIC) Pada Sistem Panel Surya”. Dari hasil penelitian yang akan dibahas pada bab ini antara lain adalah hasil pengujian karakteristik panel surya 20 wp yang ditujukan untuk dapat mengetahui besar pengaruh irradiasi terhadap tegangan dan arus pada panel surya, selanjutnya yaitu pengujian sensor tegangan yang bertujuan untuk dapat mengetahui akurasi dari sensor tegangan dalam melakukan pengukuran tegangan pada panel surya. Selain sensor tegangan juga dilakukan analisa hasil pengujian dari sensor arus yang bertujuan untuk dapat mengetahui akurasi sensor arus dalam membaca arus dari panel surya. Selanjutnya juga membahas analisa pengujian sinyal PWM yang digunakan dalam *switching* mosfet yang terdapat pada DC-DC SEPIC.

Pada pembahasan selanjutnya yaitu membahas mengenai hasil pengujian dari DC-DC SEPIC yang diaplikasikan pada sistem panel surya. Pengujian SEPIC meliputi pengujian SEPIC tanpa beban yang ditujukan untuk mengetahui kinerja saat kondisi belum berbeban, kemudian pengujian SEPIC dengan beban lampu DC dan pengujian dalam system *charging* baterai VRLA. Pengujian dengan beban ditujukan untuk mengetahui kinerja SEPIC dalam menyetabilkan tegangan *output* panel surya agar tetap dalam kondisi sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan.

### 4.1 Pengujian Karakteristik Panel Surya 20 WP

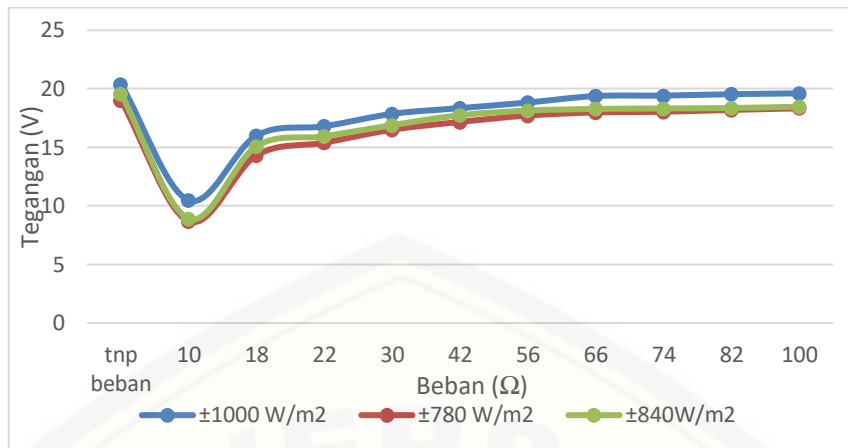
Pengambilan data pengujian karakteristik panel surya dilakukan di Laboratorium Sistem Kendali Fakultas Teknik Universitas Jember. Panel yang digunakan jenis *polycrystalline* merk *Solar Module* yang mempunyai spesifikasi seperti pada bab 3. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik irradiasi terhadap arus , tegangan dan daya *output* pada panel surya.. Pengujian dilakukan menggunakan 10 variasi beban resistif. Berikut data hasil pengujiannya.



Tabel 4. 1 Karakteristik Panel Surya

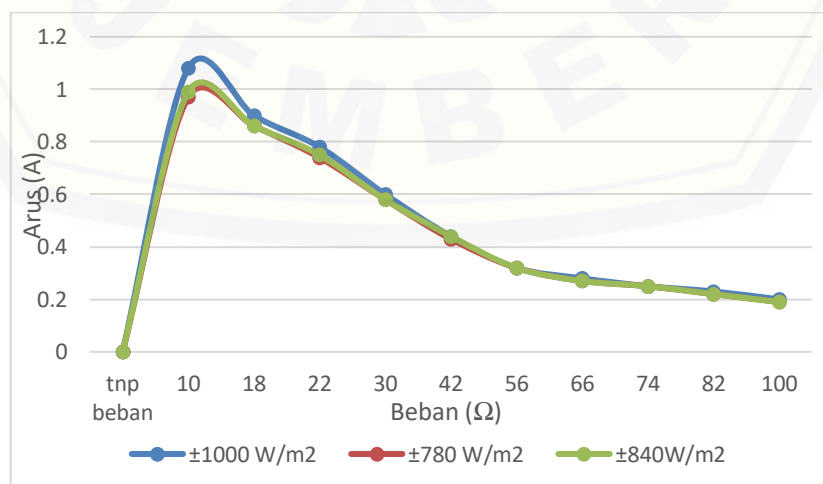
Beban (Ohm)	Iradiasi								
	$\pm 780 \text{ W/m}^2$			$\pm 840 \text{ W/m}^2$			$\pm 1000 \text{ W/m}^2$		
	V (Volt)	I (A)	P (Watt)	V (Volt)	I (A)	P (Watt)	V (Volt)	I (A)	P (Watt)
Tanpa Beban	19,03	0,00	0,00	19,57	0,00	0,00	20,40	0,00	0,00
10	8,68	0,97	8,42	8,90	0,99	8,81	10,47	1,08	11,31
18	14,33	0,86	12,32	15,10	0,86	12,99	16,01	0,90	14,41
22	15,40	0,74	11,40	15,94	0,75	11,96	16,80	0,78	13,10
30	16,51	0,58	9,58	16,90	0,58	9,80	17,86	0,60	10,72
42	17,17	0,43	7,38	17,74	0,44	7,81	18,35	0,44	8,07
56	17,72	0,32	5,67	18,14	0,32	5,80	18,83	0,32	6,03
66	17,98	0,27	4,85	18,28	0,27	4,94	19,38	0,28	5,43
74	18,04	0,25	4,51	18,32	0,25	4,58	19,42	0,25	4,86
82	18,20	0,22	4,00	18,36	0,22	4,04	19,54	0,23	4,49
100	18,33	0,19	3,48	18,47	0,19	3,51	19,61	0,20	3,92

Pengujian karakteristik panel surya dilakukan dengan 3 kondisi yang berbeda. Pada saat iradiasi sebesar  $\pm 780 \text{ W/m}^2$  didapatkan dari rata-rata mulai pukul 09.00 – 11.00 WIB dengan kondisi cuaca cerah. Selanjutnya pada iradiasi sebesar  $\pm 1000 \text{ W/m}^2$  didapatkan dari rata-rata mulai pukul 11.00 – 13.00 WIB kondisi cuaca panas terik. Kemudian pada saat iradiasi sebesar  $\pm 840 \text{ W/m}^2$  didapatkan dari rata-rata mulai pukul 13.00 – 15.00 WIB kondisi cuaca mendung berawan. Berdasarkan tabel 4.1 maka didapatkan data pada saat iradiasi  $\pm 780 \text{ W/m}^2$  panel surya dapat menghasilkan tegangan tertinggi dengan nilai sebesar 19,03 Volt pada saat tanpa beban. Selanjutnya pada saat iradiasi  $\pm 849 \text{ W/m}^2$  panel surya dapat menghasilkan tegangan tertinggi sebesar 19,57 Volt. Kemudian pada saat iradiasi  $\pm 1000 \text{ W/m}^2$  panel surya dapat menghasilkan tegangan tertinggi sebesar 20,4 Volt. Dari hasil pengujian panel surya menghasilkan daya tertinggi yaitu sebesar 14,41 Watt. Untuk grafik perbandingan besar beban terhadap tegangan keluaran dapat dilihat pada gambar 4.1.



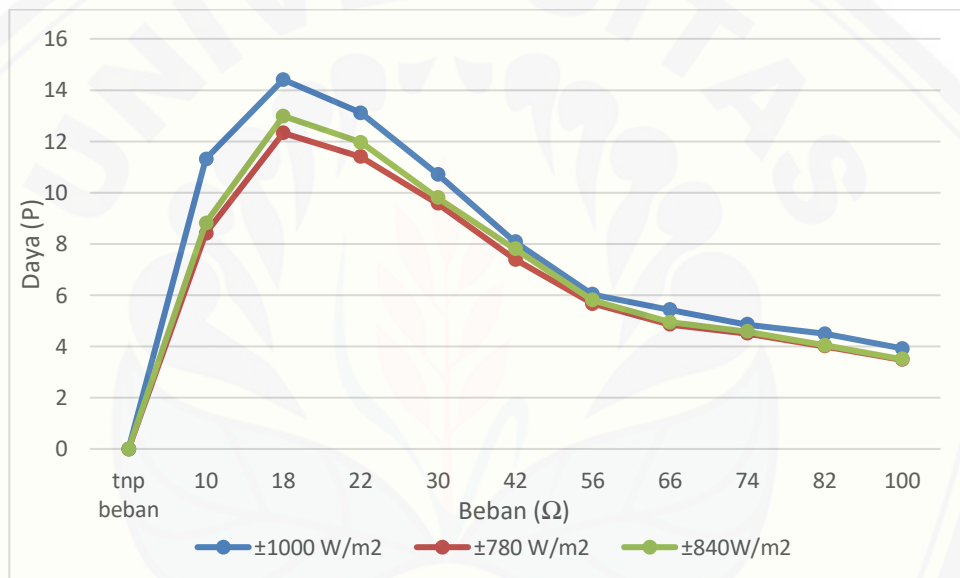
Gambar 4. 1 Grafik beban terhadap tegangan

Dari grafik pengujian diatas maka didapatkan hasil pada saat iradiasi sebesar  $\pm 1000 \text{ W/m}^2$  nilai tegangan terendah terdapat pada beban  $10 \text{ } \Omega$  yaitu sebesar  $10,57 \text{ Volt}$  dan nilai tegangan tertinggi sebesar  $20,4 \text{ Volt}$  saat tanpa beban. Pada saat iradiasi sebesar  $\pm 840 \text{ W/m}^2$  nilai tegangan terendah terdapat pada beban  $10 \text{ } \Omega$  yaitu sebesar  $8,9 \text{ Volt}$  dan nilai tegangan tertinggi sebesar  $19,57 \text{ Volt}$ . Kemudian pada saat iradiasi sebesar  $\pm 780 \text{ W/m}^2$  nilai tegangan terendah terdapat pada beban  $10 \text{ } \Omega$  yaitu sebesar  $8,68 \text{ Volt}$  dan nilai tegangan tertinggi sebesar  $19,03 \text{ Volt}$ . Dari pengujian iradiasi pengaruh beban terhadap tegangan keluaran yaitu semakin besar iradiasi maka tegangan keluaran juga semakin besar. Untuk grafik perbandingan besar beban terhadap arus keluaran dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4. 2 Grafik beban terhadap arus

Pada gambar 4.2 menunjukkan grafik pengujian pengaruh beban terhadap arus keluaran maka didapatkan hasil pada saat iradiasi sebesar  $\pm 1000 \text{ W/m}^2$  nilai arus maksimum sebesar 1,08 A. Selanjutnya pada saat pengujian dengan iradiasi sebesar  $\pm 840 \text{ W/m}^2$  didapatkan nilai arus maksimum sebesar 0,99 A. Kemudian pada iradiasi sebesar  $\pm 780 \text{ W/m}^2$  nilai arus maksimum sebesar 0,97 A. Dari pengujian tersebut, semakin besar iradiasi maka arus yang dihasilkan juga semakin besar. Untuk grafik perbandingan besar beban terhadap arus keluaran dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4. 3 Grafik beban terhadap daya

Berdasarkan gambar 4.3 menunjukkan grafik pengujian pengaruh beban terhadap daya keluaran, didapatkan hasil pada saat iradiasi sebesar  $\pm 1000 \text{ W/m}^2$  nilai daya maksimum sebesar 14,40 Watt dengan beban sebesar 18  $\Omega$ . Kemudian data pada saat iradiasi sebesar  $\pm 840 \text{ W/m}^2$  didapatkan nilai daya maksimum sebesar 12,98 Watt dengan beban sebesar 18  $\Omega$ . Kemudian iradiasi sebesar  $\pm 780 \text{ W/m}^2$  nilai daya maksimum sebesar 12,32 Watt dengan beban sebesar 18  $\Omega$ . Dari pengujian tersebut, semakin besar iradiasi maka daya yang dihasilkan juga semakin besar, Dari hasil pengujian karakteristik panel surya dari pengaruh iradiasi sangat dipengaruhi dengan kondisi lingkungan seperti faktor cuaca. Semakin besar iradiasi maka arus dan tegangan akan semakin besar.

## 4.2 Pengujian Sensor Tegangan

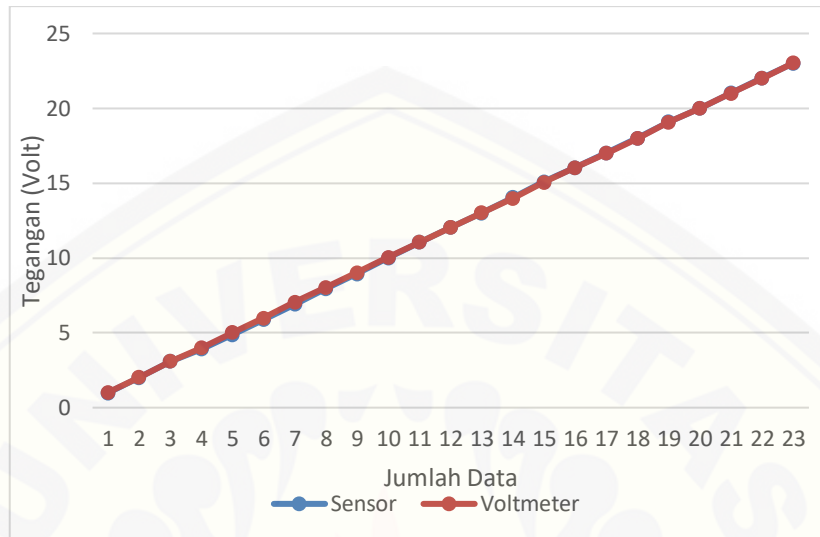
Pengambilan data sensor tegangan bertujuan untuk membandingkan hasil pengukuran antara pembacaan sensor tegangan dengan multimeter sanwa. Pengujian dilakukan dengan memberi variasi tegangan mulai dari 1 volt sampai batas maksimum sensor yaitu sebesar 23 volt. Berikut hasil data pengujian seperti pada tabel 4.2

Tabel 4. 2 Data Pengujian Sensor Tegangan

Sensor (V)	AVO (V)	E%
0.99	1.02	2.94
2.02	2.04	0.98
3.1	3.1	0
3.92	4	2
4.88	5.03	2.98
5.89	6	1.83
6.92	7.06	1.98
7.95	8.04	1.11
8.94	9.02	0.88
10.02	10.05	0.29
11.07	11.05	0.18
12.05	12.04	0.08
13	13.02	0.15
14.05	14	0.35
15.11	15.06	0.33
16.05	16.04	0.06
17.03	17	0.17
18.02	18	0.11
19.1	19.08	0.10
20.01	20	0.05
21.02	21	0.09
22.03	22.01	0.09
23.01	23.03	0.08

Berdasarkan data tersebut maka didapatkan hasil nilai *error* persen maksimal sebesar 2,98 % pada saat pengukuran tegangan 4,88 Volt, sedangkan

nilai *error* persen minimum sebesar 0 % pada saat pengukuran tegangan 3,1 Volt. Grafik hasil perbandingan pembacaan sensor tegangan dengan multimeter dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Grafik perbandingan Sensor Tegangan dan Multimeter

Pada gambar 4.4 merupakan grafik hasil pengujian sensor tegangan dengan multimeter. Pengujian dilakukan menggunakan 23 variasi tegangan dan didapatkan hasil nilai *error* persen yang minimum sehingga didapatkan pola grafik yang sejajar dan berhimpitan..

### 4.3 Pengujian Sensor Arus

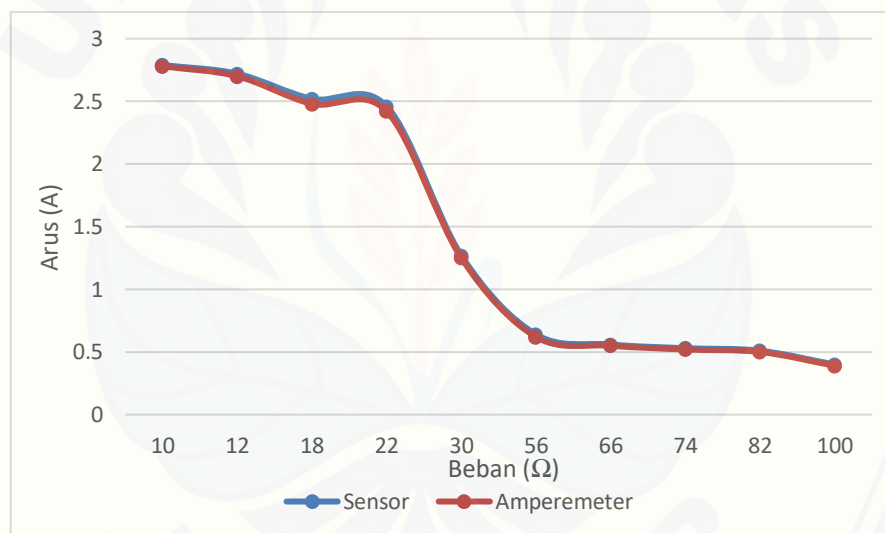
Pengambilan data pengujian sensor arus bertujuan untuk mendapatkan menghasilkan pembacaan sensor yang akurat. Sensor arus yang digunakan menggunakan sensor INA 219 dengan komunikasi I2C yang terhubung SDA dan SCL pada pin arduino. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil nilai pembacaan sensor dengan nilai pembacaan multimeter. Pengujian dilakukan menggunakan 10 beban resistif dengan nilai yang berbeda.

Tabel 4. 3 Data Pengujian Sensor Arus

Beban	Vin (V)	Sensor (A)	AVO (A)	E%
10	14.01	2.79	2.78	0.35
12	14.01	2.72	2.7	0.74
18	14.01	2.52	2.48	1.61

22	14.01	2.46	2.42	1.65
30	14.01	1.27	1.25	1.6
56	14.01	0.64	0.62	3.22
66	14.01	0.56	0.55	1.81
74	14.01	0.53	0.52	1.92
82	14.01	0.51	0.5	2
100	14.01	0.4	0.39	2.56

Pada pengujian ini dapat diketahui seberapa besar nilai *error* dari nilai pembacaan sensor arus dibandingkan dengan pengukuran menggunakan multimeter. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Untuk grafik perbandingan pengujian sensor dengan multimeter dapat dilihat seperti pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Grafik perbandingan Sensor Arus dan Multimeter

Berdasarkan pada gambar 4.5 didapatkan hasil nilai *error* persen antara pembacaan sensor arus dengan multimeter nilai *error* persen paling besar pada saat beban sebesar 56  $\Omega$  dengan nilai 3,22 %. Kemudian nilai *error* persen terendah terdapat pada beban 10  $\Omega$  yaitu sebesar 0,35%, dari data yang didapatkan *error* persen tidak lebih dari 10% maka dapat dikatakan pembacaan sensor mempunyai ketelitian yang tinggi.

Pada penerapan pada alat sensor arus digunakan untuk mengukur besar arus masukan dari panel surya dan sensor arus yang kedua untuk mengukur besar arus yang mengalir pada beban.

#### 4.4 Pengujian Baterai Aki VRLA

Pengujian baterai aki VRLA dimaksudkan untuk dapat mengetahui kondisi dan karakteristik baterai yang akan digunakan. Penelitian ini menggunakan baterai aki jenis VRLA dengan merk MOTOBATT yang memiliki kapasitas penyimpanan arus dalam baterai sebesar 4,2 Ampere hour. Dengan tegangan nominal baterai sebesar 12 Volt. Pengambilan data dilakukan setiap menit kemudian diambil sampel dirata-rata setiap 20 menit dengan menggunakan beban lampu DC 12 Volt yang memiliki daya sebesar 7 Watt. Berikut ini merupakan data hasil pengujian baterai.

Tabel 4. 4 Data Karakteristik Baterai VRLA

No	Waktu (menit)	V (V)	I (A)	P (Watt)	Joule	Wh	Ah	Kapasitas (Ah)
1	20	12.29	0.32	3.93	4719.36	1.311	0.109	3.643
2	40	12.28	0.32	3.93	4715.52	1.310	0.109	3.534
3	60	12.27	0.32	3.93	4711.68	1.309	0.109	3.425
4	80	12.26	0.31	3.80	4560.72	1.267	0.106	3.319
5	100	12.24	0.30	3.67	4406.40	1.224	0.102	3.217
6	120	12.21	0.30	3.66	4395.60	1.221	0.102	3.116
7	140	12.17	0.30	3.65	4381.20	1.217	0.101	3.014
8	160	12.14	0.30	3.64	4370.40	1.214	0.101	2.913
9	180	12.12	0.29	3.51	4217.76	1.172	0.098	2.815
10	200	12.07	0.29	3.50	4200.36	1.167	0.097	2.718
11	220	12.03	0.29	3.49	4186.44	1.163	0.097	2.621
12	240	11.99	0.28	3.36	4028.64	1.119	0.093	2.528
13	260	11.96	0.28	3.35	4018.56	1.116	0.093	2.435
14	280	11.92	0.27	3.22	3862.08	1.073	0.089	2.346
15	300	11.88	0.27	3.21	3849.12	1.069	0.089	2.256
16	320	11.84	0.27	3.20	3836.16	1.066	0.089	2.168
17	340	11.80	0.27	3.19	3823.20	1.062	0.089	2.079
18	360	11.76	0.26	3.06	3669.12	1.019	0.085	1.994
19	380	11.72	0.26	3.05	3656.64	1.016	0.085	1.910
20	400	11.68	0.26	3.04	3644.16	1.012	0.084	1.825
21	420	11.64	0.25	2.91	3492.00	0.970	0.081	1.744
22	440	11.59	0.24	2.78	3337.92	0.927	0.077	1.667
23	460	11.53	0.24	2.77	3320.64	0.922	0.077	1.590

24	480	11.47	0.24	2.75	3303.36	0.918	0.076	1.514
25	500	11.40	0.23	2.62	3146.40	0.874	0.073	1.441
26	520	11.34	0.23	2.61	3129.84	0.869	0.072	1.368
27	540	11.28	0.23	2.59	3113.28	0.865	0.072	1.296
28	560	11.21	0.22	2.47	2959.44	0.822	0.069	1.228
29	580	11.13	0.22	2.45	2938.32	0.816	0.068	1.160
30	600	11.05	0.22	2.43	2917.20	0.810	0.068	1.092
31	620	10.97	0.21	2.30	2764.44	0.768	0.064	1.028
32	640	10.87	0.21	2.28	2739.24	0.761	0.063	0.965
33	660	10.77	0.21	2.26	2714.04	0.754	0.063	0.902
34	680	10.65	0.21	2.24	2683.80	0.746	0.062	0.840
<b>Jumlah</b>					<b>125813.04</b>	<b>34.948</b>	<b>2.912</b>	

Berdasarkan data pengujian baterai dengan beban lampu DC 7 Watt pada tabel 4.4 maka dapat diketahui untuk dapat mengosongkan energy dalam baterai VRLA 4,2 Ah diperlukan waktu selama 11 jam 20 menit. Untuk dapat mengetahui besar energy yang terbuang saat pengujian *discharging* baterai dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E = P \times t$$

Dimana E merupakan jumlah energi baterai (joule), P merupakan daya pada baterai saat kondisi *discharging* (Watt), dan t merupakan waktu baterai dalam melakukan *discharging* (detik). Sebagai contoh dalam proses perhitungan pada saat daya sebesar 3,93 Watt didapatkan energi sebesar 4719,36 Joule.

$$E = 3,93 \text{ Watt} \times 1200 \text{ detik} = 4719,36 \text{ Joule.}$$

Setelah diketahui jumlah energi yang dikeluarkan oleh baterai dalam proses *discharging*, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan kembali untuk mencari nilai *Watt hour* (Wh) dari baterai VRLA dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$E(\text{Wh}) = \frac{E(\text{Joule})}{3600}$$

$$E(\text{Wh}) = \frac{4719,36 \text{ J}}{3600 \text{ detik}} = 1,311 \text{ Wh}$$

Energy dalam satuan *Watt hour* (Wh) digunakan untuk mencari nilai dari *Ampere hour* (Ah) yang dikeluarkan baterai. Untuk mencari energi dalam satuan



Ampere-hour (Ah) dapat dilakukan dengan perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$E(\text{Wh}) = \frac{E(\text{Wh})}{\text{Tegangan Nominal Batterai}}$$

$$E(\text{Wh}) = \frac{1,311 \text{ Wh}}{12 \text{ Volt}} = 0,109 \text{ Ah}$$

Berdasarkan data hasil pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan total energi yang dikeluarkan selama 680 menit dalam satuan Wh adalah sebesar 34,948 sedangkan total energi yang dikeluarkan dalam satuan Ah sebesar 2,912 Ah. Proses *discharging* baterai VRLA untuk mengetahui karakteristik baterai tidak dilakukan hingga baterai dalam kondisi kosong. Hal ini karena SOC atau *State of charge* dari baterai yang harus disisakan pada umumnya adalah 20-30% dari kapasitas baterai dan nilai dari *Depth of Discharge* adalah sebesar 70-80% dari kapasitas baterai. Untuk itu, agar baterai tidak cepat rusak, maka penggunaan baterai hanya dianjurkan sebesar 80% dari kapasitas baterai. Pada pengujian akhir sisa tegangan batterai sebesar 10,65 Volt. Penggunaan energi baterai tersebut diasumsikan sudah mencapai nilai 80% sehingga sisa dari kapasitas batterai sebesar 20%. Jadi jumlah dari batterai yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas Nominal} = \text{Total energi (Ah)} + (20 \% \times 4,2 \text{ Ah})$$

$$\text{Kapasitas Nominal} = 2,912 + 0,84$$

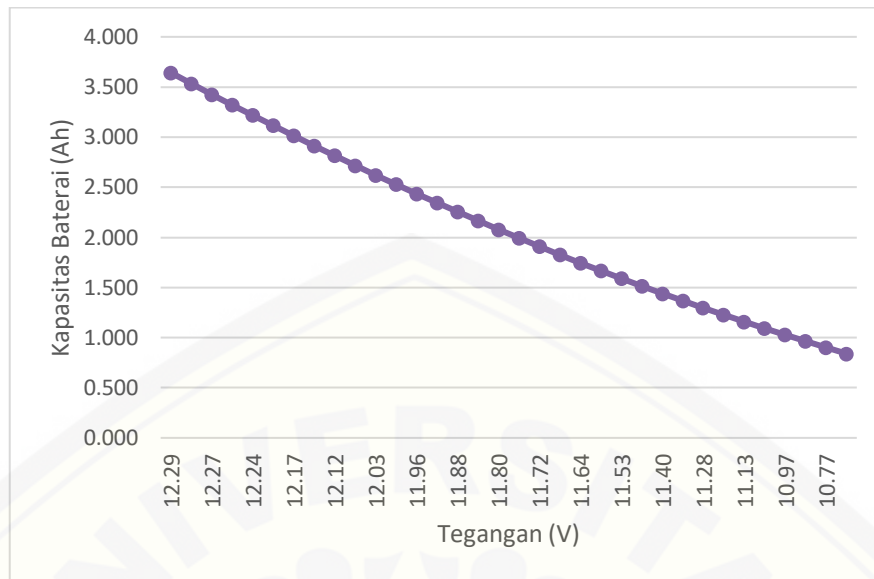
$$\text{Kapasitas Nominal} = 3,752 \text{ Ah}$$

Berdasarkan perhitungan kapasitas baterai VRLA yang digunakan telah mengalami penurunan kapasitas dari 4,2 Ah menjadi 3,752 Ah. Berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung sisa kapasitas baterai.

$$\text{Sisa kapasitas (Ah)} = \text{Kapasitas awal (Ah)} - \text{energy yang dikeluarkan (Ah)}$$

$$\begin{aligned} \text{Sisa kapasitas (Ah)} &= 3,752 \text{ Ah} - 0,109 \text{ Ah} \\ &= 3,643 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Sebagai contoh pada saat 20 menit pertama didapatkan sisa kapasitas baterai 3,643 Ah. Berikut ini merupakan grafik hubungan antara tegangan baterai dengan kapasitas baterai.



Gambar 4. 6 Perbandingan tegangan terhadap kapasitas baterai

Berdasarkan grafik pada gambar 4.6 dapat diketahui bahwa ketika tegangan semakin menurun maka kapasitas baterai juga akan ikut menurun, akan tetapi penurunan pada tegangan baterai tidak mengalami penurunan yang sangat drastis melainkan penurunan secara perlahan.

#### 4.5 Pengujian SEPIC Tanpa Beban

Pengujian SEPIC dilakukan dengan dua variasi yaitu berbeban dan tanpa beban. Dalam pengujian tanpa beban juga akan dibagi menjadi dua, yaitu pengujian dengan tegangan masukan yang lebih rendah dari *set point* dan dengan tegangan masukan yang lebih tinggi dari *set point*. Variasi tegangan masukan ditujukan agar dapat diketahui bagaimana kinerja SEPIC dalam menurunkan tegangan dan menaikkan tegangan. Pengujian SEPIC tanpa beban ini berfungsi untuk dapat mengetahui pengaruh *duty cycle* terhadap tegangan *output* dari SEPIC.

##### 4.5.1 SEPIC Tanpa Beban dengan *Input* 11 Volt

Pengujian SEPIC dengan tegangan masukan sebesar 11 volt bertujuan untuk mengetahui fungsi dari SEPIC dalam menaikkan tegangan keluaran untuk dapat mencapai *set point* yang telah ditentukan. Pada pengujian ini digunakan 5

variasi *duty cycle* yaitu mulai dari 30% hingga 70%. Berikut data hasil dari pengujian yang dilakukan.

Tabel 4. 5 Data hasil pengujian SEPIC tanpa beban dengan *input* 11 Volt

D (%)	V <sub>in</sub> (V)	V <sub>out</sub> (V)	V <sub>out</sub> (teori)	E%
30	11	3	2.61	14.75
40	11	5.9	5.23	12.73
50	11	9.53	8.9	7.07
60	11	14.53	14.4	0.90
70	11	23.15	23.56	1.76
<b>Rata-rata</b>				<b>7.442</b>

Berdasarkan tabel 4.5 maka dapat dilakukan perhitungan tegangan keluaran secara teori atau ( $V_{\text{teori}}$ ) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V_{\text{out}} = \frac{D}{(1 - D \times V_{\text{in}}) - V_D}$$

Keterangan  $V_{\text{out}}$  : Tegangan *Output* (V)

$D$  : Duty Cycle (%)

$V_{\text{in}}$  : Tegangan *Input* (V)

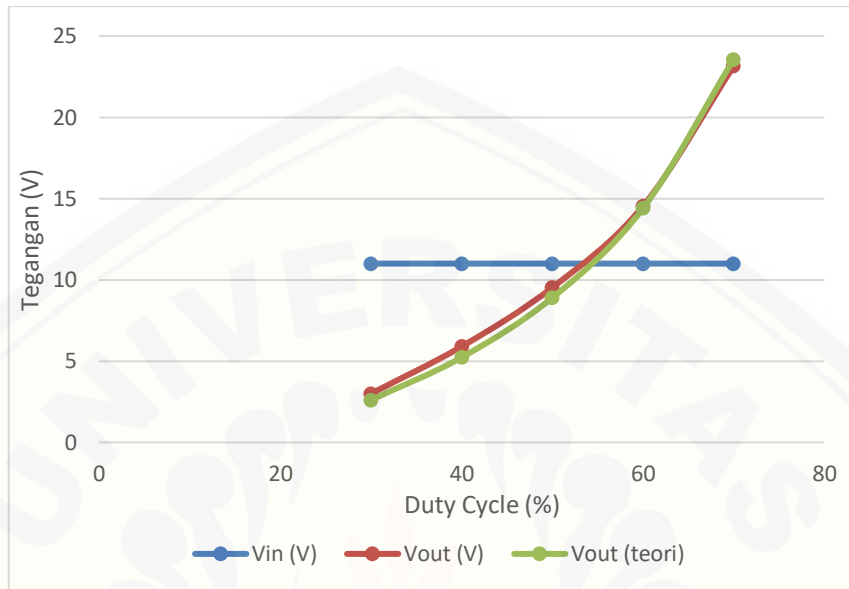
$V_D$  : Tegangan maju diode = 2,1 Volt

Misalnya pada saat *duty cycle* bernilai 40 % maka  $V_{\text{teori}}$  memiliki nilai sebesar 5,23 Volt dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{\text{out}} &= \frac{40\%}{(1 - 40\% \times 11 \text{ Volt}) - 2,1 \text{ Volt}} \\ &= 5,23 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Dari data yang diperoleh dapat diketahui bahwa semakin kecil *duty cycle* maka nilai *error persen* akan semakin besar. Selain itu, semakin besar *duty cycle* maka tegangan keluaran juga akan semakin besar. Hal ini dapat dilihat pada saat *duty cycle* sebesar 30% tegangan yang dikeluarkan SEPIC adalah sebesar 3V dan tegangan hasil dari perhitungan adalah 2,61 Volt dengan nilai *error persen* sebesar 14,75%. Sedangkan pada saat *duty cycle* bernilai 70% tegangan keluaran yang dihasilkan SEPIC adalah bernilai 23,15 Volt dan dari hasil perhitungan adalah 23,56 Volt dengan *error persen* yang didapat sebesar 1,76%. Hubungan antara

tegangan *output* dari hasil pengujian dan dari hasil perhitungan dapat dilihat pada grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Grafik perbandingan tegangan SEPIC tanpa beban dengan *input* 11 Volt

Berdasarkan grafik pada gambar 4.7 dapat diketahui perbandingan dari tegangan *output* yang dihasilkan SEPIC dengan tegangan *input* dan tegangan dari hasil perhitungan. Selain itu, juga dapat diketahui hubungan dari *duty cycle* dengan tegangan *output* yang dihasilkan. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar nilai *duty cycle* dengan nilai tegangan *input* dibawah *set point* atau 14 Volt maka tegangan *output* dari SEPIC akan semakin naik dengan nilai *error persen* rata-rata adalah 7,442%.

#### 4.5.2 SEPIC Tanpa Beban dengan *Input* 17 Volt

Pengujian untuk mengetahui performa atau kinerja dari SEPIC juga dilakukan dengan tegangan *input* yang bernilai lebih tinggi dari nilai *set point* yang ditentukan. Sebagai *converter* dengan prinsip kerja yang sama dengan *buck boost converter*, maka SEPIC memiliki fungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan. Dalam hal menurunkan tegangan, dilakukan pengujian dengan tegangan *input* 17 Volt yang bertujuan untuk dapat mengetahui karakteristik dari SEPIC

yang dibuat. Berikut ini merupakan data hasil pengujian SEPIC tanpa beban dengan tegangan *input* 17 Volt.

Tabel 4. 6 Data hasil pengujian SEPIC tanpa beban dengan *input* 17 Volt

D (%)	V <sub>in</sub> (V)	V <sub>out</sub> (V)	V <sub>out</sub> (teori)	E%
30	17	6.15	5.18	18.59
40	17	10.6	9.23	14.80
50	17	15.5	14.9	4.02
60	17	22.7	23.4	2.99
70	17	36.3	37.56	3.37
<b>Rata-rata</b>				<b>8.754</b>

Berdasarkan tabel 4.6 di atas maka dapat dilakukan perhitungan tegangan keluaran secara teori atau (V<sub>teori</sub>) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V_{out} = \frac{D}{(1 - D \times V_{in}) - V_D}$$

Keterangan V<sub>out</sub> : Tegangan *Output* (V)

D : Duty Cycle (%)

V<sub>in</sub> : Tegangan *Input* (V)

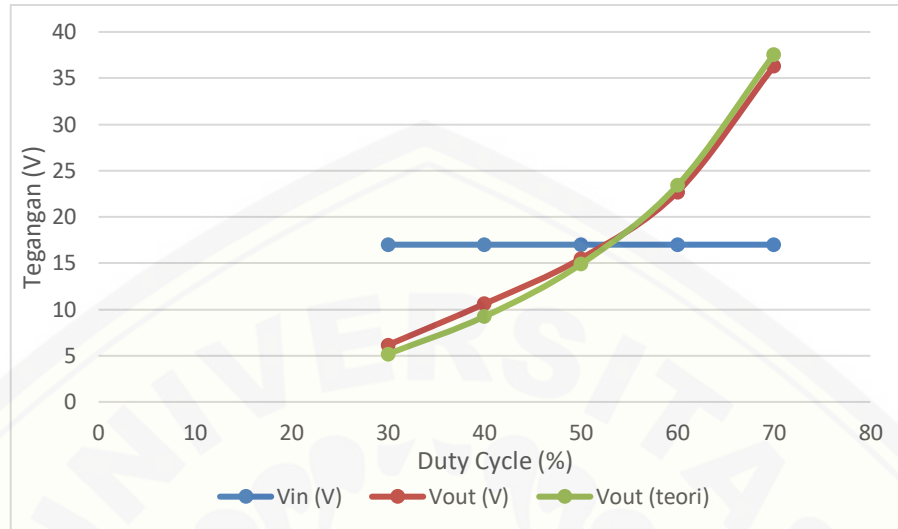
V<sub>D</sub> : Tegangan maju diode = 2,1 Volt

Misalnya pada saat *duty cycle* bernilai 50 % maka V<sub>teori</sub> memiliki nilai sebesar 14,9 Volt dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{out} &= \frac{50\%}{(1 - 50\% \times 17 \text{ Volt}) - 2,1 \text{ Volt}} \\ &= 14,9 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Dari data yang diperoleh dapat diketahui bahwa semakin kecil *duty cycle* maka nilai *error persen* akan semakin besar. Selain itu, semakin besar *duty cycle* maka tegangan keluaran juga akan semakin besar. Hal ini dapat dilihat pada saat *duty cycle* sebesar 30% tegangan yang dikeluarkan SEPIC adalah sebesar 6,15 Volt dan tegangan hasil dari perhitungan adalah 5,18 Volt dengan nilai *error persen* sebesar 18,59%. Sedangkan pada saat *duty cycle* bernilai 70% tegangan keluaran yang dihasilkan SEPIC adalah bernilai 36,3 Volt dan dari hasil perhitungan adalah 37,56 Volt dengan *error persen* yang didapat sebesar 3,37%.

Hubungan antara tegangan *output* dari hasil pengujian dan dari hasil perhitungan dapat dilihat pada grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 8 Grafik perbandingan tegangan SEPIC tanpa beban dengan *input* 17 Volt

Berdasarkan grafik pada gambar 4.8 dapat diketahui perbandingan dari tegangan *output* yang dihasilkan SEPIC dengan tegangan *input* dan tegangan dari hasil perhitungan. Selain itu, juga dapat diketahui hubungan dari *duty cycle* dengan tegangan *output* yang dihasilkan. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar nilai *duty cycle* dengan nilai tegangan *input* lebih tinggi dari tegangan *set point* atau 14 Volt maka tegangan *output* dari SEPIC akan semakin naik dengan nilai *error persen* rata-rata adalah 8,754%.

#### 4.6 Pengujian SEPIC Dengan Beban

Pengujian SEPIC dengan beban berfungsi untuk dapat mengetahui daya *input*, daya *output* serta efisiensi pada SEPIC yang telah dirancang. Pengujian SEPIC dengan beban ini dilakukan dengan menggunakan variasi beban resistif yaitu beban dengan resistor kapur sebanyak 8 variasi. Sama dengan pengujian tanpa beban, pada pengujian berbeban ini juga dilakukan dengan 2 variasi tegangan *input* yaitu 11 volt dan 17 volt yang bertujuan untuk dapat mengetahui kinerja dari SEPIC dalam menaikkan dan menurunkan tegangan *output*.

#### 4.6.1 SEPIC Berbeban dengan *Input* 11 Volt

Pengujian SEPIC dengan tegangan masukan sebesar 11 volt bertujuan untuk mengetahui fungsi dari SEPIC dalam menaikkan tegangan keluaran untuk dapat mencapai *set point* yang telah ditentukan. Pada pengujian ini digunakan 8 variasi beban. Berikut data hasil dari pengujian yang dilakukan.

Tabel 4. 7 Data hasil pengujian SEPIC berbeban dengan *input* 11 Volt

Beban ( $\Omega$ )	$I_{in}$ (A)	$V_{in}$ (V)	$P_{in}$ (Watt)	$I_{out}$ (A)	$V_{out}$ (V)	$P_{out}$ (Watt)	Efisiensi (%)	Duty (%)
30	1.53	11	16.83	0.43	13.02	5.59	33.26	57.88
42	1.2	11	13.2	0.33	13.1	4.32	32.75	58.01
56	0.73	11	8.03	0.24	13.3	3.19	39.75	58.33
66	0.68	11	7.48	0.2	13.54	2.70	36.20	58.70
74	0.64	11	7.04	0.19	14	2.66	37.78	59.40
82	0.62	11	6.82	0.17	14.37	2.44	35.81	59.95
94	0.52	11	5.72	0.15	14.49	2.17	37.99	60.13
100	0.48	11	5.28	0.14	14.71	2.05	39.00	60.44

Berdasarkan tabel 4.7 dapat diketahui bahwa semakin besar beban maka tegangan *output* juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin kecil beban yang digunakan maka arus akan semakin besar sehingga tegangan akan semakin kecil. Untuk memperoleh daya *input* dan daya *output* dari pengujian yang telah dilakukan dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

Keterangan :  $P_{in}$  = Daya *Input* (W)

$P_{out}$  = Daya *Output* (W)

$V_{in}$  = Tegangan *Input* (V)

$V_{out}$  = Tegangan *Output* (V)

$I_{in}$  = Arus *Output* (A)

$I_{out}$  = Arus *Output* (A)

Sebagai contoh pada saat beban 30  $\Omega$  tegangan *input* bernilai 11 Volt dan arus *input* bernilai 1,53 Ampere maka dengan menggunakan persamaan diatas diperoleh daya sebesar 16,83 Watt sedangkan saat tegangan *output* bernilai 13,02

Volt dan arus *output* bernilai 0,43 Ampere maka daya *output* bernilai 5,59 Watt. Setelah masing-masing daya *input* dan daya *output* diketahui, kemudian dilakukan perhitungan efisiensi daya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Keterangan :  $\eta$  = Efisiensi (%)

$P_{out}$  = Daya *Output* (W)

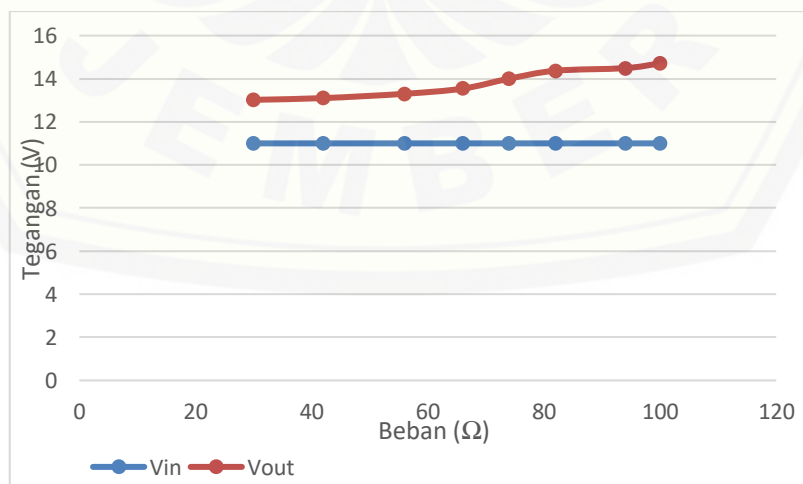
$P_{in}$  = Daya *Input* (W)

Sebagai contoh pada saat beban 30  $\Omega$  daya *input* bernilai 16,83 Watt dan daya *output* bernilai 5,59 Watt maka efisiensi yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{5,59 \text{ Watt}}{16,83 \text{ Watt}} \times 100\% = 33,26 \%$$

Dari hasil perhitungan efisiensi pada pengujian SEPIC berbeban dengan *input* 11 volt ini maka dapat diketahui bahwa nilai beban tidak berpengaruh signifikan terhadap efisiensi yang didapatkan. Efisiensi tertinggi yang didapatkan adalah bernilai 39,75% pada saat beban 56  $\Omega$  dan terendah pada saat beban 42  $\Omega$  dengan nilai efisiensi 32,75%.

Pengaruh beban terhadap tegangan *input* dan tegangan *output* pada pengujian SEPIC berbeban dengan *input* 11 volt ini dapat dilihat pada gambar 4.9 sebagai berikut:

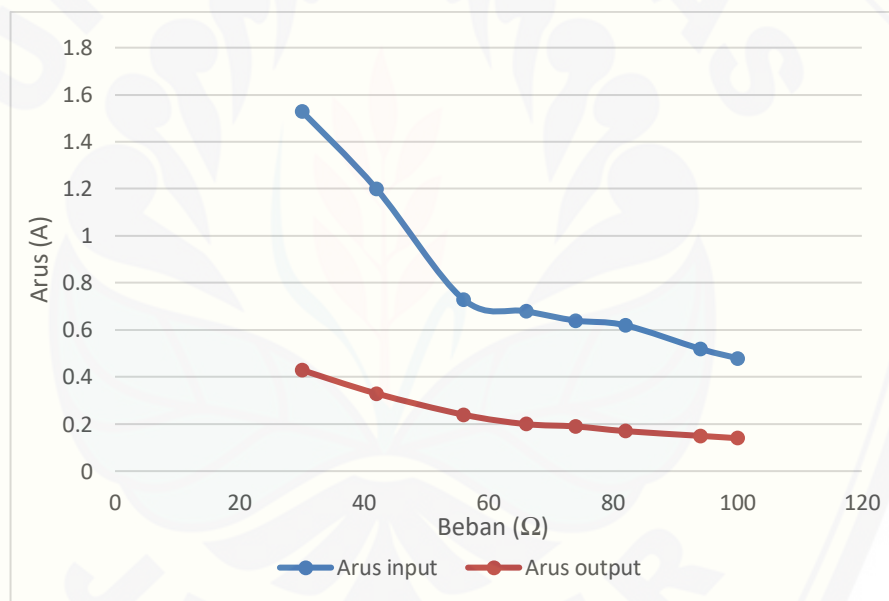


Gambar 4. 9 Grafik beban terhadap tegangan dengan *input* 11 Volt



Dari gambar 4.9 diatas dapat diketahui pengaruh variasi nilai beban terhadap tegangan *input* dan tegangan *output* pada SEPIC bebeb dengan *input* 11 Volt. Pada saat beban 30  $\Omega$  tegangan *input* bernilai 11 Volt dan tegangan *output* bernilai 13,02 Volt. Sedangkan saat beban 100  $\Omega$  tegangan *input* bernilai 11 Volt dan tegangan *output* bernilai 14,71 Volt. Berdasarkan grafik maka dapat diketahui semakin kecil beban maka tegangan akan semakin kecil juga. Hal ini karena dengan semakin kecil hambatan maka rangkaian akan menjadi seperti *short circuit* sehingga tegangan akan drop.

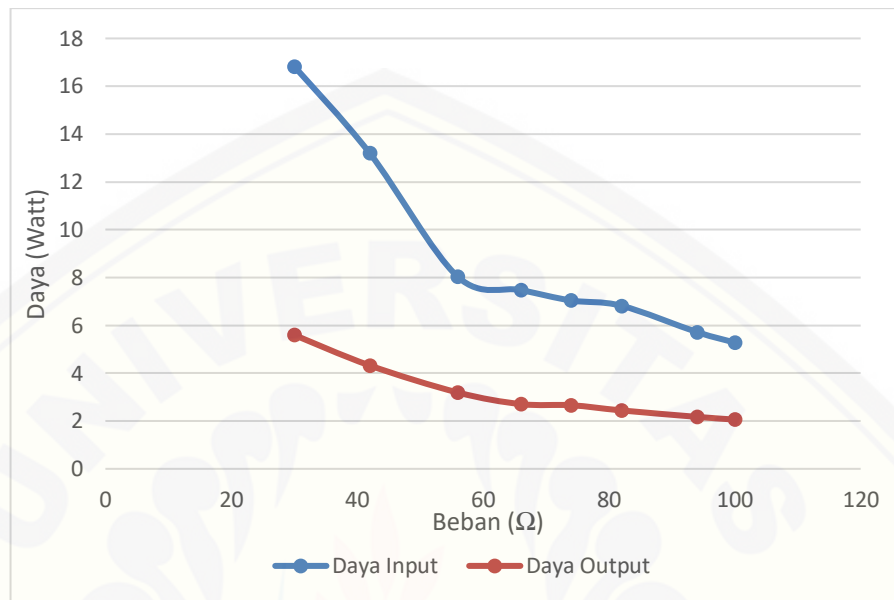
Perbandingan beban dengan arus *input* dan arus *output* pada pengujian SEPIC bebeb dengan tegangan *input* 11 Volt dapat dilihat pada gambar 4.10 sebagai berikut:



Gambar 4. 10 Grafik beban terhadap arus dengan *input* 11 Volt

Dari gambar 4.10 diatas dapat diketahui pengaruh variasi nilai beban terhadap arus *input* dan arus *output* pada SEPIC bebeb dengan *input* 11 Volt. Pada saat beban 30  $\Omega$  arus *input* bernilai 1,53 A dan arus *output* bernilai 0,43 A. Sedangkan saat beban 100  $\Omega$  arus *input* bernilai 0,48 A dan arus *output* bernilai 0,14 A Berdasarkan grafik maka dapat diketahui semakin besar beban maka arus akan semakin kecil, hal ini dikarenakan semakin kecil beban rangkaian akan seperti *short circuit*, sehingga nilai arus akan besar.

Perbandingan beban dengan daya *input* dan daya *output* pada pengujian SEPIC berbeban dengan tegangan *input* 11 Volt dapat dilihat pada gambar 4.11 sebagai berikut:



Gambar 4. 11 Grafik beban terhadap daya dengan *input* 11 Volt

Dari gambar 4.11 dapat diketahui pengaruh variasi nilai beban terhadap daya *input* dan daya *output* pada SEPIC berbeban dengan *input* 11 Volt. Pada saat beban 30  $\Omega$  daya *input* bernilai 16,83 Watt dan daya *output* bernilai 5,59 Watt. Sedangkan saat beban 100  $\Omega$  daya *input* bernilai 5,28 Watt dan daya *output* bernilai 2,05 Watt.

Berdasarkan grafik maka dapat diketahui semakin besar beban maka daya akan semakin kecil, hal ini dikarenakan semakin kecil beban rangkaian akan seperti *short circuit*, sehingga nilai arus akan besar.

#### 4.6.2 SEPIC Berbeban dengan *Input* 17 Volt

Pengujian SEPIC berbeban dengan tegangan *input* 17 Volt bertujuan untuk mengetahui performa atau kinerja dari SEPIC. Sebagai *converter* dengan prinsip kerja yang sama dengan *buck boost converter*, maka SEPIC memiliki fungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan. Dalam hal menurunkan tegangan, dilakukan pengujian dengan tegangan *input* 17 Volt yang bertujuan untuk dapat

mengetahui karakteristik dari SEPIC yang dibuat. Berikut ini merupakan data hasil pengujian SEPIC berbeban dengan tegangan *input* 17 Volt.

Tabel 4. 8 Data hasil pengujian SEPIC berbeban dengan *input* 17 Volt

Beban ( $\Omega$ )	$I_{in}$ (A)	$V_{in}$ (V)	$P_{in}$ (Watt)	$I_{out}$ (A)	$V_{out}$ (V)	$P_{out}$ (Watt)	Efisiensi (%)	Duty (%)
30	0.77	17	13.09	0.45	13.1	5.89	45.03	47.20
42	0.61	17	10.37	0.32	13.24	4.23	40.85	47.43
56	0.56	17	9.52	0.24	13.35	3.20	33.65	47.61
66	0.49	17	8.33	0.21	13.8	2.89	34.78	48.32
74	0.44	17	7.48	0.19	13.95	2.65	35.43	48.56
82	0.38	17	6.46	0.16	14	2.24	34.67	48.64
94	0.32	17	5.44	0.14	14.08	1.97	36.23	48.76
100	0.28	17	4.76	0.13	14.15	1.83	38.64	48.87

Berdasarkan tabel 4.8 dapat diketahui bahwa semakin besar beban maka tegangan *output* juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin kecil beban yang digunakan maka arus akan semakin besar sehingga tegangan akan semakin kecil. Untuk memperoleh daya *input* dan daya *output* dari pengujian yang telah dilakukan dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

Keterangan :  $P_{in}$  = Daya *Input* (W)

$P_{out}$  = Daya *Output* (W)

$V_{in}$  = Tegangan *Input* (V)

$V_{out}$  = Tegangan *Output* (V)

$I_{in}$  = Arus *Output* (A)

$I_{out}$  = Arus *Output* (A)

Sebagai contoh pada saat beban 30  $\Omega$  tegangan *input* bernilai 17 Volt dan arus *input* bernilai 0,77 Ampere maka dengan menggunakan persamaan diatas diperoleh daya sebesar 13,09 Watt sedangkan saat tegangan *output* bernilai 13,1 Volt dan arus *output* bernilai 0,45 Ampere maka daya *output* bernilai 5,89 Watt. Setelah masing-masing daya *input* dan daya *output* diketahui, kemudian dilakukan perhitungan efisiensi daya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Keterangan :  $\eta$  = Efisiensi (%)

$P_{out}$  = Daya Output (W)

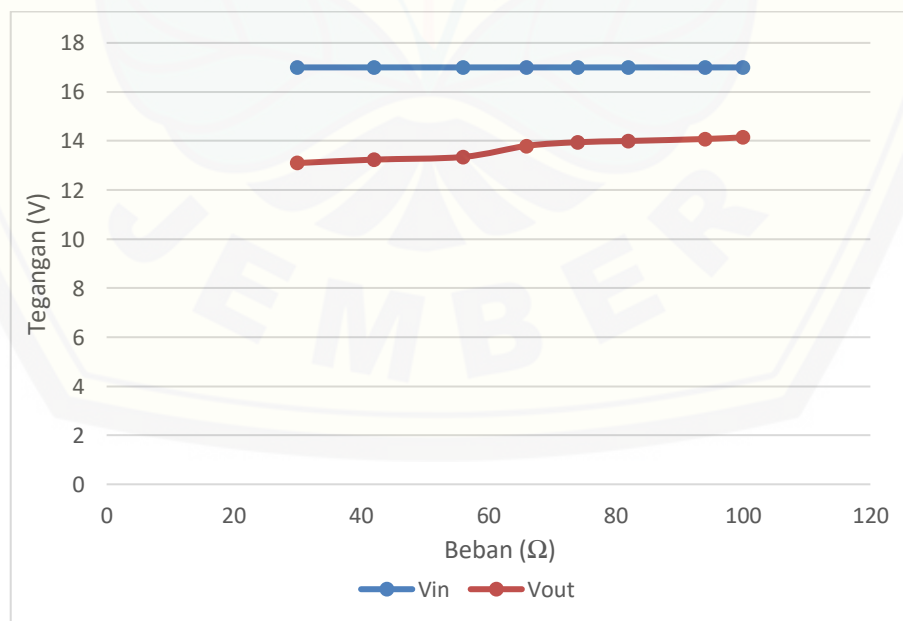
$P_{in}$  = Daya Input (W)

Sebagai contoh pada saat beban  $30 \Omega$  daya *input* bernilai 13,09 Watt dan daya *output* bernilai 5,89 Watt maka efisiensi yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{5,89 \text{ Watt}}{13,09 \text{ Watt}} \times 100\% = 45,03 \%$$

Dari hasil perhitungan efisiensi pada pengujian SEPIC berbeban dengan *input* 17 Volt ini maka dapat diketahui bahwa nilai beban tidak berpengaruh signifikan terhadap efisiensi yang didapatkan. Efisiensi tertinggi yang didapatkan adalah bernilai 45,03% pada saat beban  $30 \Omega$  dan efisiensi terendah pada saat beban  $56 \Omega$  dengan nilai efisiensi 33,65%.

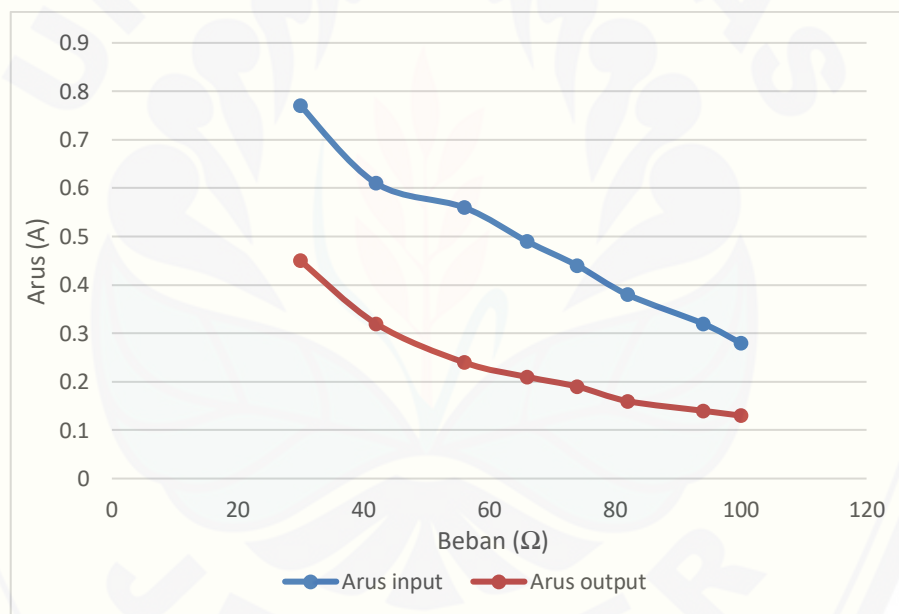
Pengaruh beban terhadap tegangan *input* dan tegangan *output* pada pengujian SEPIC berbeban dengan *input* 17 volt ini dapat dilihat pada gambar 4.12 sebagai berikut:



Gambar 4. 12 Grafik beban terhadap tegangan dengan *input* 17 Volt

Dari gambar 4.12 dapat diketahui pengaruh variasi nilai beban terhadap tegangan *input* dan tegangan *output* pada SEPIC bebeb dengan *input* 17 Volt. Pada saat beban 30  $\Omega$  tegangan *input* bernilai 17 Volt dan tegangan *output* bernilai 13,1 Volt. Sedangkan saat beban 100  $\Omega$  tegangan *input* bernilai 17 Volt dan tegangan *output* bernilai 14,15 Volt. Berdasarkan grafik maka dapat diketahui semakin kecil beban maka tegangan akan semakin kecil juga. Hal ini karena dengan semakin kecil hambatan maka rangkaian akan menjadi seperti *short circuit* sehingga tegangan akan drop.

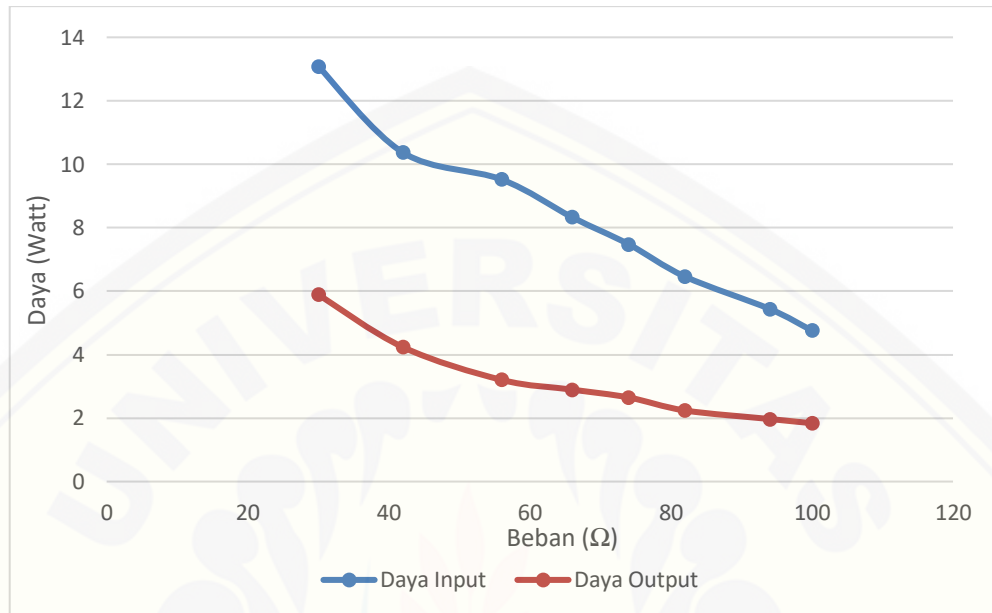
Perbandingan beban dengan arus *input* dan arus *output* pada pengujian SEPIC bebeb dengan tegangan *input* 17 Volt dapat dilihat pada gambar 4.13 sebagai berikut:



Gambar 4. 13 Grafik beban terhadap arus dengan *input* 17 Volt

Dari gambar 4.13 diatas dapat diketahui pengaruh variasi nilai beban terhadap arus *input* dan arus *output* pada SEPIC bebeb dengan *input* 17 Volt. Pada saat beban 30  $\Omega$  arus *input* bernilai 0,77 A dan arus *output* bernilai 0,45 A. Sedangkan saat beban 100  $\Omega$  arus *input* bernilai 0,28 A dan arus *output* bernilai 0,13 A Berdasarkan grafik maka dapat diketahui semakin besar beban maka arus akan semakin kecil, hal ini dikarenakan semakin kecil beban rangkaian akan seperti *short circuit*, sehingga nilai arus akan besar.

Perbandingan beban dengan daya *input* dan daya *output* pada pengujian SEPIC berbeban dengan tegangan *input* 17 Volt dapat dilihat pada gambar 4.14 sebagai berikut:



Gambar 4. 14 Grafik beban terhadap daya dengan *input* 17 Volt

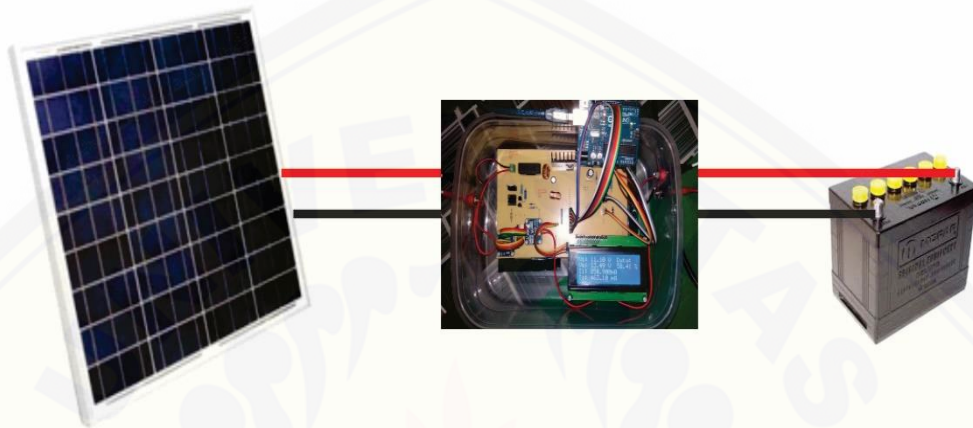
Dari gambar 4.14 dapat diketahui pengaruh variasi nilai beban terhadap daya *input* dan daya *output* pada SEPIC berbeban dengan *input* 17 Volt. Pada saat beban 30  $\Omega$  daya *input* bernilai 13,09 Watt dan daya *output* bernilai 5,89 Watt. Sedangkan saat beban 100  $\Omega$  daya *input* bernilai 4,76 Watt dan daya *output* bernilai 1,83 Watt.

Berdasarkan grafik maka dapat diketahui semakin besar beban maka daya akan semakin kecil, hal ini dikarenakan semakin kecil beban rangkaian akan seperti *short circuit*, sehingga nilai arus akan besar.

#### 4.7 Pengujian SEPIC Dengan Beban Baterai VRLA

Pengujian SEPIC dengan menggunakan beban baterai VRLA dilakukan pada hari Sabtu tanggal 28 Juli 2018 di laboratorium sistem kendali fakultas teknik universitas jember. Pengujian untuk *charge* baterai menggunakan metode *float charge* dimana menghubungkan batterai secara parallel dengan konverter. Pengujian *charge* baterai dimulai dari tegangan sebesar 12,14 Volt sampai tegangan 12,37 Volt. Pengujian dilaksanakan pada hari sabtu pukul 09.28 WIB –

12.28 WIB dengan kondisi cuaca cerah berawan. Pengujian sistem pengecasan baterai ini dilakukan dengan menggunakan baterai VRLA dengan merk Motobatt yang memiliki kapasitas 4,2 Ah. Skema pengujian SEPIC pada sistem panel surya ini ditunjukkan seperti pada gambar 4.15 berikut ini:



Gambar 4. 15 Skema pengujian SEPIC untuk *charging* baterai VRLA

Dari gambar skema dapat dilihat pada pengujian SEPIC dengan beban baterai VRLA ini dilakukan dengan menggunakan sumber tegangan berasal dari panel surya. Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya kemudian menjadi tegangan *input* pada SEPIC untuk kemudian tegangan distabilkan pada nilai *set point* yang telah ditentukan. *Output* dari SEPIC yang merupakan tegangan DC yang telah diatur pada nilai *set point* kemudian akan menjadi tegangan *charging* pada baterai VRLA yang digunakan. Berikut ini merupakan hasil data pengujian SEPIC dengan beban baterai VRLA :

Tabel 4. 9 Pengujian SEPIC dengan beban baterai VRLA.

Hari	Jam (WIB)	Vin (V)	Iin (A)	Pin (W)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	D (%)	$\eta$ (%)	Vbat (V)	I (A)	P (W)	E (Joule)	Wh	Ah
Sabtu 28/7/2018	9.38	19.03	0.501	9.53	13.43	0.491	6.59	44.94	69.18	12.14	0.491	5.96	3574.26	0.993	0.083
	9.48	20.04	0.495	9.92	13.44	0.483	6.48	43.68	65.36	12.15	0.483	5.86	3517.43	0.977	0.081
	9.58	18.67	0.548	10.24	13.44	0.530	7.13	45.43	69.61	12.16	0.530	6.45	3868.34	1.075	0.090
	10.08	19.71	0.548	10.80	13.46	0.527	7.09	44.12	65.72	12.18	0.527	6.42	3852.05	1.070	0.089
	10.18	20.06	0.541	10.85	13.46	0.524	7.05	43.68	64.96	12.19	0.524	6.38	3828.88	1.064	0.089
	10.28	18.32	0.599	10.97	13.48	0.566	7.63	45.96	69.55	12.21	0.566	6.91	4145.05	1.151	0.096
	10.38	19.71	0.587	11.57	13.48	0.554	7.47	44.15	64.56	12.22	0.554	6.77	4059.34	1.128	0.094
	10.48	17.41	0.649	11.30	13.48	0.592	7.98	47.23	70.65	12.24	0.592	7.24	4342.01	1.206	0.101
	10.58	16.33	0.636	10.39	13.49	0.545	7.36	48.84	70.80	12.26	0.545	6.68	4005.42	1.113	0.093
	11.08	19.99	0.473	9.46	13.5	0.454	6.13	43.83	64.82	12.27	0.454	5.57	3342.57	0.928	0.077
	11.18	19.75	0.532	10.51	13.51	0.508	6.86	44.15	65.28	12.29	0.508	6.23	3737.69	1.038	0.087
	11.28	19.21	0.531	10.20	13.52	0.507	6.85	44.85	67.13	12.3	0.507	6.23	3736.41	1.038	0.086
	11.38	18.96	0.468	8.87	13.55	0.449	6.08	45.22	68.55	12.32	0.449	5.52	3311.41	0.920	0.077
	11.48	20.22	0.405	8.19	13.56	0.386	5.23	43.65	63.88	12.33	0.386	4.76	2853.31	0.793	0.066
	11.58	20.32	0.457	9.29	13.58	0.438	5.95	43.56	63.98	12.34	0.438	5.40	3238.84	0.900	0.075
	12.08	20.57	0.395	8.13	13.61	0.377	5.14	43.30	63.22	12.36	0.377	4.66	2794.27	0.776	0.065
12.18	19.99	0.455	9.09	13.63	0.432	5.89	44.04	64.78	12.36	0.432	5.34	3203.71	0.890	0.074	
12.28	20.11	0.514	10.33	13.65	0.487	6.64	43.92	64.27	12.37	0.487	6.02	3611.55	1.003	0.084	
<b>Rata-rata</b>													65022.51	18.062	1.505

Keterangan : D = Duty Cycle (%)  
 $\eta$  = Efisiensi (%)  
 E = Energi (Joule)



Berdasarkan tabel 4.9 pengambilan data diambil persetiap 10 menit. Daya yang terdapat dalam baterai dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Prata-rata} &= V_{\text{rata-rata}} \times I_{\text{rata-rata}} \\ &= 12,27 \times 0,49 \\ &= 6,02 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kemudian setelah diketahui daya rata – rata selanjutnya mencari energi dalam satuan (joule) dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Energi} &= P \times t \\ &= 6,02 \times 10800 \text{ detik} \\ &= 65022,51 \text{ Joule} \end{aligned}$$

Selanjutnya merubah satuan energi menjadi Wh watt-hour dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Wh} &= \frac{E}{3600} \\ \text{Wh} &= \frac{65022,51}{3600} = 18,062 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Karena satuan pada batterai menggunakan Ah Ampere-hour maka dapat dirubah dengan persamaan sebagai berikut :

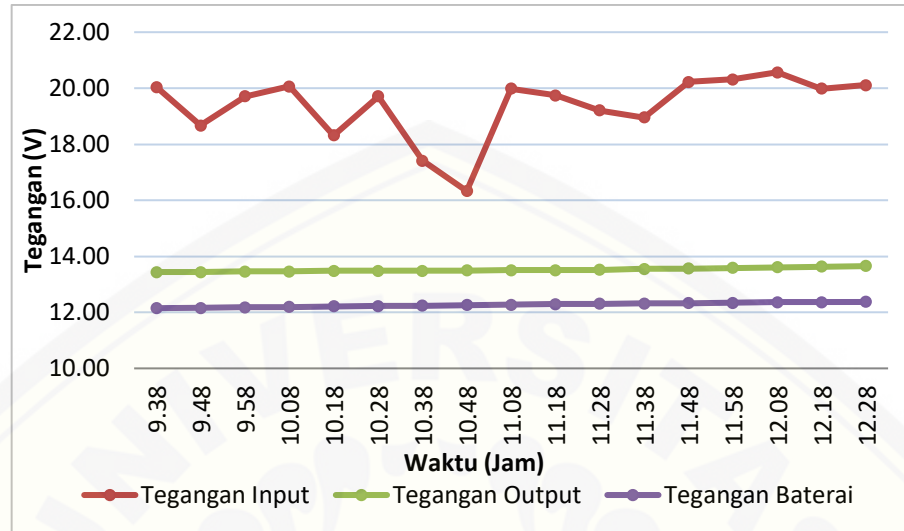
$$\begin{aligned} \text{Ah} &= \frac{\text{Wh}}{\text{Tegangan Nominal}} \\ &= \frac{18,062}{12} = 1,505 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui jumlah persentase baterai yang terisi saat pengujian dapat digunakan persamaa sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Persentase baterai terisi} &= \frac{\text{Ah setelah Charge}}{\text{Ah total baterai}} \\ &= \frac{1,505}{4,2} \times 100\% \\ &= 35,83 \% \end{aligned}$$

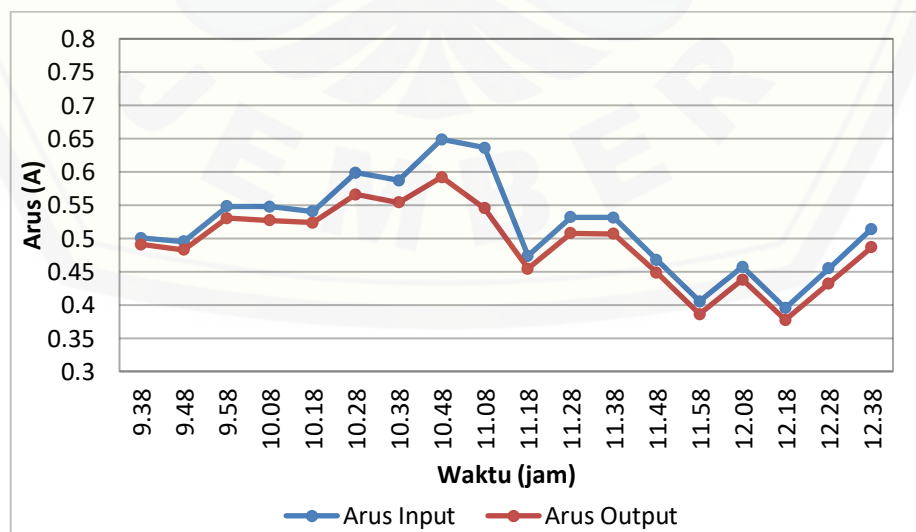
Total waktu yang dibutuhkan untuk *charge* baterai dari tegangan awal 12,14 Volt sampai tegangan 12,37 Volt memerlukan waktu 3 jam dengan pengambilan data tegangan baterai dengan cara melepas baterai dari system *charging* untuk kemudian diukur tegangannya. Dari hasil pengecasan diperoleh kapasitas nominal baterai terisi saat *charge* sebesar 1,505 Ah dengan persentase baterai terisi sebesar 35,83%. Pada saat pengecasan panel surya menghasilkan *output* tegangan dengan rata-rata 19,36 Volt dan efisiensi rata-rata dengan nilai

sebesar 66,46%. Berikut ini merupakan grafik perbandingan tegangan terhadap waktu saat pengujian *charging* baterai VRLA.



Gambar 4. 16 Grafik perbandingan tegangan dengan waktu saat beban baterai

Berdasarkan grafik pada gambar 4.16 dapat diketahui bahwa semakin lama pengecasan maka tegangan *output* SEPIC dan tegangan pada baterai akan mengalami peningkatan. Pada saat awal pengecasan tegangan baterai sebesar 12,14 Volt dan pada akhir pengecasan tegangan baterai sebesar 12,37 Volt. Selain itu, dapat diketahui juga tegangan *output* dari SEPIC berada pada nilai yang stabil yaitu pada kisaran nilai 13 Volt meskipun nilai tegangan *input* naik turun. Untuk grafik daya saat *charging* dapat dilihat pada gambar 4.17 sebagai berikut.



Gambar 4. 17 Grafik perbandingan arus dengan waktu saat beban baterai

Dari gambar 4.17 dapat diketahui bahwa nilai arus *output* dari SEPIC cenderung lebih rendah dari nilai arus *input*-nya. Hal ini dikarenakan terdapat rugi-rugi daya yang disebabkan oleh komponen-komponen pada SEPIC, sehingga nilai arus yang dihasilkan cenderung berkurang dari arus masuknya. Nilai arus *input* maksimum terdapat pada pukul 10.48 WIB dengan nilai 0,640 A dan nilai arus *output* maksimum terdapat pada pukul 10.48 WIB dengan nilai 0,592 A.

Pada pengujian ini tegangan *output* dari SEPIC tidak mampu mencapai tegangan nominal *charging* yaitu 13,8-14,7 Volt dan hanya mampu mengontrol tegangan pada nilai 13 Volt. Hal ini dikarenakan nilai tahanan baterai yang kecil sehingga nilai arus akan lebih besar dan terjadi drop tegangan yang signifikan pada *output* dari SEPIC.

#### 4.8 Pengujian SEPIC Dengan Beban Lampu DC 7 Watt

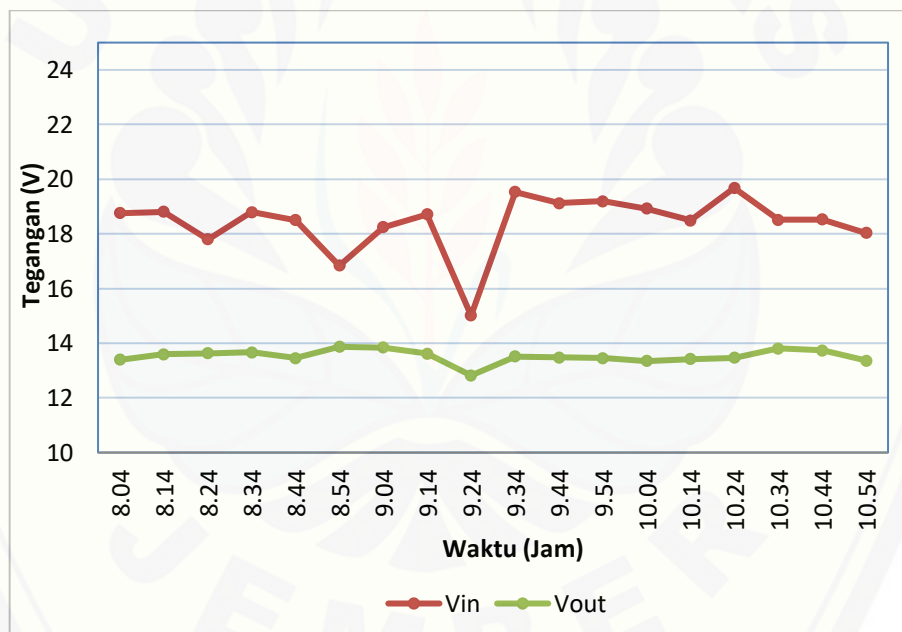
Pengujian SEPIC dengan menggunakan beban lampu DC ini dilakukan dengan menggunakan sumber tegangan dari panel surya. Pengujian dilakukan pada hari Minggu tanggal 29 Juli 2018 dengan menggunakan lampu DC 12 Volt dengan daya sebesar 7 Watt. Pengujian dengan beban lampu DC dilakukan selama 3 jam mulai pukul 07.54 WIB sampai dengan 10.54 WIB. Berikut ini merupakan data hasil dari pengujian SEPIC dengan beban lampu DC 7 Watt.

Tabel 4. 10 Pengujian SEPIC dengan beban lampu DC

Hari	Jam	V <sub>in</sub> (V)	I <sub>in</sub> (A)	P <sub>in</sub> (W)	V <sub>out</sub> (V)	I <sub>out</sub> (A)	P <sub>out</sub> (W)	η (%)	Irradiasi (W/m <sup>2</sup> )
Minggu 29/7/2018	8.04	18.76	0.533	10.00	13.4	0.493	6.61	66.07	743
	8.14	18.81	0.557	10.48	13.6	0.478	6.50	62.05	925
	8.24	17.8	0.591	10.52	13.63	0.498	6.79	64.52	802
	8.34	18.8	0.560	10.53	13.67	0.477	6.52	61.94	895
	8.44	18.5	0.503	9.31	13.45	0.479	6.44	69.23	600
	8.54	16.84	0.530	8.93	13.87	0.493	6.84	76.61	670
	9.04	18.25	0.537	9.80	13.84	0.49	6.78	69.20	680
	9.14	18.72	0.571	10.69	13.62	0.503	6.85	64.09	712
	9.24	15.01	0.312	4.68	12.82	0.267	3.42	73.09	470
	9.34	19.53	0.464	9.06	13.52	0.456	6.17	68.03	812
	9.44	19.12	0.491	9.39	13.48	0.486	6.55	69.78	830
	9.54	19.2	0.500	9.60	13.46	0.464	6.25	65.06	862
	10.04	18.93	0.531	10.05	13.35	0.512	6.84	68.00	760

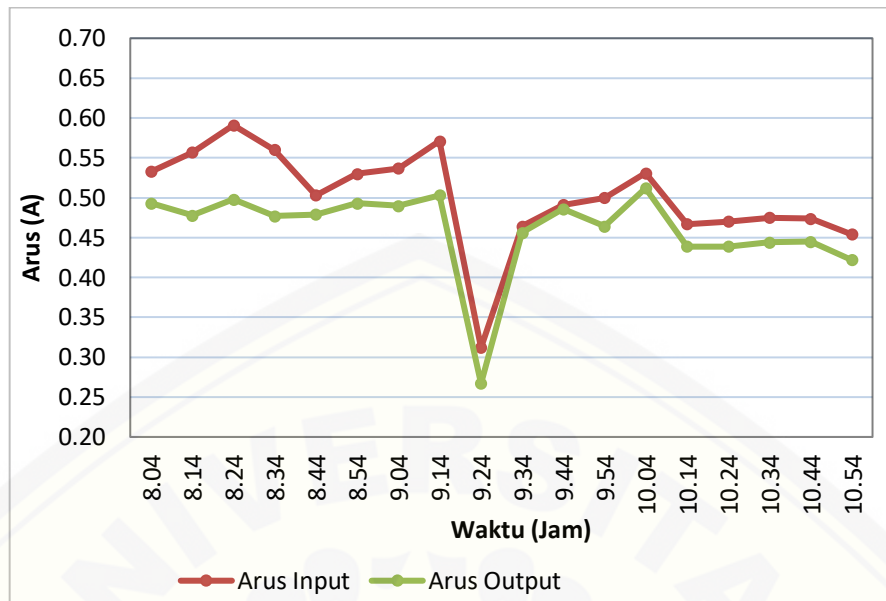
10.14	18.49	0.467	8.63	13.42	0.439	5.89	68.23	772
10.24	19.68	0.470	9.25	13.47	0.439	5.91	63.93	875
10.34	18.51	0.475	8.79	13.81	0.444	6.13	69.74	774
10.44	18.53	0.474	8.78	13.74	0.445	6.11	69.61	775
10.54	18.04	0.454	8.19	13.36	0.422	5.64	68.84	733

Berdasarkan pada tabel 4.10 dapat diketahui bahwa pada pengujian dengan menggunakan beban lampu DC didapatkan daya *input* maksimum sebesar 10,69 Watt pada pukul 09.14 WIB dan daya *ouput* maksimum sebesar 6,85 Watt pada waktu yang sama yaitu pukul 09.14 WIB. Pada tabel tersebut juga dapat diketahui efisiensi tertinggi dari SEPIC adalah sebesar 76,61% dengan efisiensi rata-rata sebesar 67,67%. Berikut ini merupakan grafik tegangan terhadap waktu pada pengujian SEPIC dengan beban lampu DC.



Gambar 4. 18 Grafik perbandingan tegangan dengan waktu saat beban lampu

Dari gambar 4.18 diatas, dapat diketahui bahwa tegangan panel surya berubah-ubah atau tidak stabil. Akan tetapi, tegangan yang dihasilkan oleh SEPIC relatif stabil pada kisaran tegangan 13 Volt hingga 14 Volt. tegangan maksimum yang dihasilkan panel surya saat pengujian ini yaitu sebesar 19,68 Volt pada pukul 10.24 WIB sedangkan tegangan maksimum dari SEPIC sebesar 13,87 Volt pada pukul 08.54 WIB. Hubungan arus dengan waktu saat menggunakan beban lampu dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Gambar 4. 19 Grafik perbandingan arus dengan waktu saat beban lampu

Dari gambar 4.19 dapat diketahui bahwa semakin besar arus *input* maka arus *output* juga akan semakin besar. Akan tetapi, arus *output* lebih kecil dari arus *input*, hal ini dikarenakan terjadinya rugi daya dari komponen dan proses *switching* mosfet. Arus *input* maksimum sebesar 0,591 A dan arus *output* maksimum sebesar 0,512 A.

Pada pengujian SEPIC dengan beban lampu DC ini, diketahui tegangan *output* dari SEPIC tidak mencapai *set point* yang ditentukan yaitu 14 Volt. hal ini dikarenakan dengan beban lampu DC ini arus *output* dari SEPIC relatif besar dengan rata-rata arus sebesar 0,46 A, dengan arus yang besar maka tegangan yang dihasilkan akan mengalami drop seperti pada pengujian karakteristik SEPIC dengan beban resistor pada pengujian sebelumnya.

#### 4.9 Pengujian SEPIC Dengan Beban Baterai dan Lampu DC 7 Watt

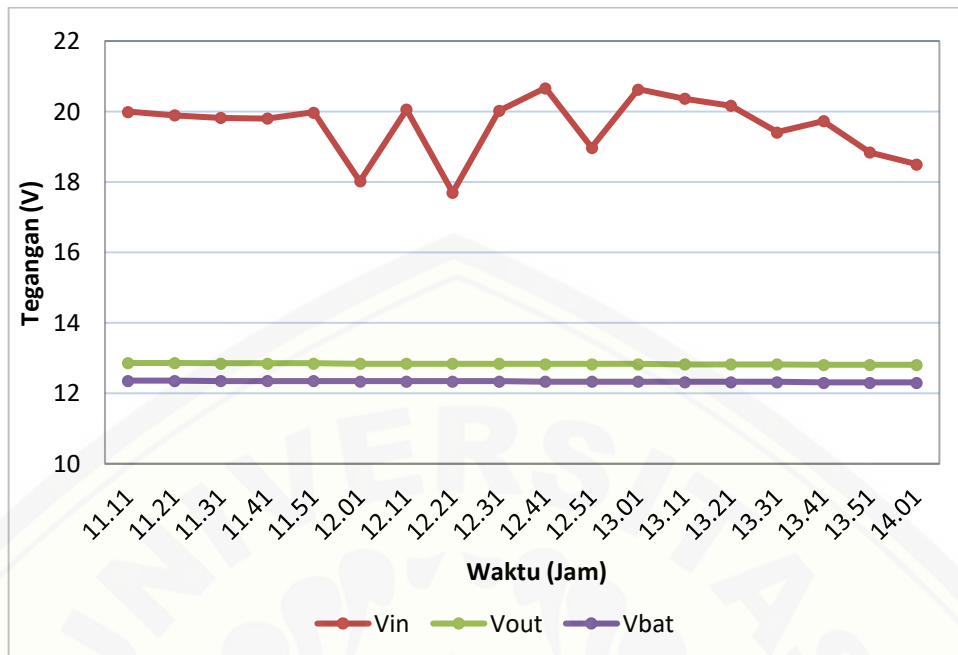
Pengujian SEPIC dengan menggunakan beban baterai VRLA dan lampu DC ini dilakukan dengan menggunakan sumber tegangan dari panel surya dengan cara menghubungkan secara parallel baterai dengan lampu dan kemudian di parallel dengan SEPIC. Pengujian ini dilakukan selama 3 jam mulai pukul 11.01 WIB sampai dengan 14.01 WIB pada hari Minggu tanggal 29 Juli 2018 dengan menggunakan baterai VRLA 4,2 Ah dan lampu DC 12 Volt dengan daya sebesar

7 Watt. Berikut ini merupakan data hasil dari pengujian SEPIC dengan beban baterai VRLA dan lampu DC 7 Watt.

Tabel 4. 11 Pengujian SEPIC dengan beban baterai VRLA dan lampu DC

Hari	Jam (WIB)	Vin (V)	Iin (mA)	Pin (W)	Vout (V)	Iout (mA)	Pout (W)	$\eta$ (%)	Vbat (V)	Irradiasi (W/m <sup>2</sup> )
Minggu 29/7/2018	11.11	19.99	94.7	1.89	12.86	75.2	0.97	51.09	12.36	797
	11.21	19.89	104	2.07	12.86	85.4	1.10	53.09	12.36	825
	11.31	19.82	102	2.02	12.85	84	1.08	53.39	12.35	812
	11.41	19.8	120	2.38	12.85	96	1.23	51.92	12.35	857
	11.51	19.98	110	2.20	12.85	91	1.17	53.21	12.35	843
	12.01	18.02	117	2.11	12.84	89	1.14	54.20	12.34	849
	12.11	20.06	108	2.17	12.84	88	1.13	52.15	12.34	830
	12.21	17.7	124	2.19	12.84	92	1.18	53.82	12.34	674
	12.31	20.02	104	2.08	12.84	91	1.17	56.12	12.34	870
	12.41	20.67	107	2.21	12.83	92	1.18	53.37	12.33	876
	12.51	18.98	110	2.09	12.83	88	1.13	54.08	12.33	575
	13.01	20.63	100	2.06	12.83	85	1.09	52.86	12.33	906
	13.11	20.37	115	2.34	12.82	99	1.27	54.18	12.32	917
	13.21	20.17	116	2.34	12.82	98	1.26	53.70	12.32	899
	13.31	19.41	118	2.29	12.82	100	1.28	55.97	12.32	830
	13.41	19.73	117	2.31	12.81	99	1.27	54.94	12.31	859
13.51	18.84	126	2.37	12.81	102	1.31	55.04	12.31	778	
14.01	18.5	124	2.29	12.81	99	1.27	55.28	12.31	747	

Berdasarkan pada tabel 4.11 dapat diketahui bahwa pada pengujian dengan menggunakan beban baterai dan lampu DC didapatkan daya *input* maksimum sebesar 2,38 Watt pada pukul 11.41 WIB dan daya *ouput* maksimum sebesar 1,31 Watt pada pukul 13.51 WIB. Pada tabel tersebut juga dapat diketahui efisiensi tertinggi dari SEPIC adalah sebesar 56,12% dengan efisiensi rata-rata sebesar 53,80%. Berikut ini merupakan grafik tegangan terhadap waktu pada pengujian SEPIC dengan beban lampu DC.

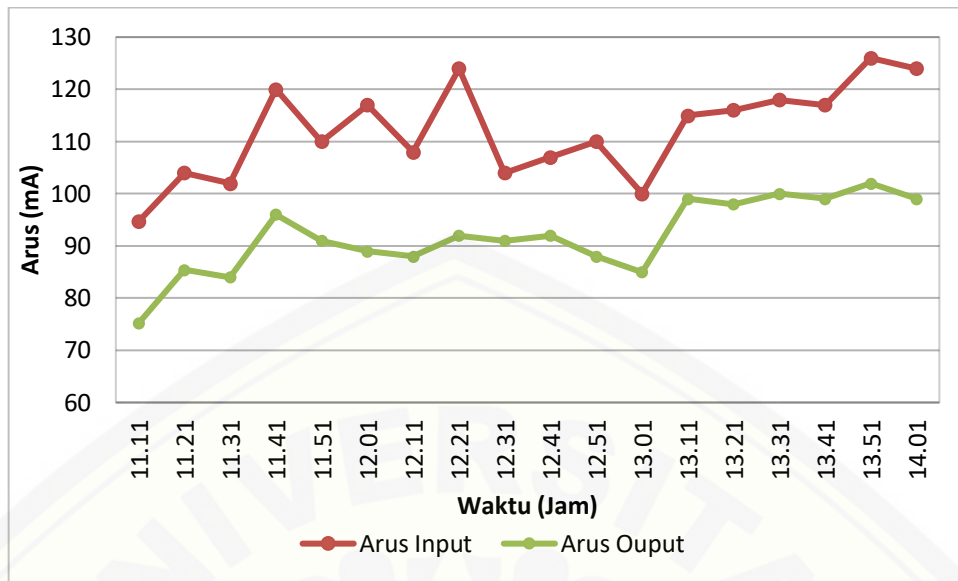


Gambar 4. 20 Grafik perbandingan tegangan dengan waktu saat beban baterai dan lampu

Dari gambar 4.20 dapat diketahui bahwa tegangan *input* atau tegangan dari panel mengalami perubahan pada setiap jam, sedangkan tegangan *output* atau tegangan dari SEPIC cenderung stabil sama dengan tegangan baterai. Dapat diketahui juga bahwa tegangan yang ada pada baterai berpengaruh terhadap tegangan SEPIC, semakin besar tegangan yang ada pada baterai maka tegangan SEPIC juga akan semakin besar.

Pada pengujian ini tegangan *output* SEPIC memiliki pergerakan yang sama dengan tegangan baterai. Hal ini karena beban tersusun secara paralel, sehingga tegangan baterai dan tegangan SEPIC sama, akan tetapi pada grafik mengalami perbedaan nominal hal ini karena tegangan baterai merupakan tegangan yang ada pada baterai dengan keadaan baterai terlepas dari rangkaian.

Tegangan SEPIC dan tegangan baterai mengalami pergerakan yang sama yaitu pada pukul 11.11 WIB tegangan SEPIC bernilai 12,86 Volt dan tegangan baterai bernilai 12,36 Volt. Sedangkan saat pukul 14,01 WIB tegangan SEPIC bernilai 12,81 Volt dan tegangan baterai bernilai 12,31 Volt. Untuk melihat perbandingan arus *input* dan *output* dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 4. 21 Grafik perbandingan arus dengan waktu saat beban baterai dan lampu

Dari gambar 4.21 dapat diketahui bahwa semakin besar arus *input* maka arus *output* juga akan semakin besar. Akan tetapi, arus *output* lebih kecil dari arus *input*, hal ini dikarenakan terjadinya rugi daya dari komponen dan proses *switching* mosfet. Arus *input* maksimum sebesar 126 mA dan arus *output* maksimum sebesar 102 mA.

Arus pada pengujian dengan beban baterai dan lampu ini relatif kecil apabila dibandingkan dengan pengujian dengan beban baterai ataupun dengan beban lampu. Hal ini dikarenakan pada pengujian dengan beban baterai dan lampu ini, baterai tidak hanya bertindak sebagai beban, akan tetapi juga sebagai sumber tegangan dan sumber arus untuk beban lampu, sehingga arus dari SEPIC tidak mengarah ke baterai melainkan langsung ke lampu dan arus dari baterai juga mengalir ke lampu, hal ini menyebabkan arus SEPIC kecil pada pengujian ini.

Dalam pengujian dengan menggunakan beban baterai dan lampu ini juga didapatkan nilai tegangan SEPIC yang kurang dari tegangan *set point* sehingga tegangan pada baterai tidak bertambah melainkan berkurang karena tidak terjadi proses charging. Hal ini disebabkan adanya dua beban sehingga tegangan terbagi ke dua beban dan menyebabkan SEPIC mengalami drop tegangan yang signifikan.



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari pengujian yang telah dilakukan pada penelitian dengan judul “Implementasi *Single Ended Primary Inductance Converter* (SEPIC) Pada Sistem Panel Surya” maka didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Hasil perancangan dan pembuatan SEPIC, mampu menghasilkan tegangan maksimum sebesar 36,3 Volt dan arus maksimum sebesar 0,45 A pada beban 30  $\Omega$ , serta memiliki efisiensi tertinggi sebesar 45,03% saat tegangan *input* 17 Volt dengan beban 30  $\Omega$ .
2. Penggunaan SEPIC pada sistem *solar cell* mampu mengontrol tegangan keluaran dari panel surya untuk tetap stabil namun tidak mencapai tegangan *set point* yang telah ditentukan. Saat menggunakan beban baterai, SEPIC menghasilkan tegangan rata-rata 13,52 Volt, sedangkan saat beban lampu DC SEPIC menghasilkan tegangan rata-rata 13,52 Volt, dengan efisiensi tertinggi sebesar 76,61% saat menggunakan beban lampu DC.
3. SEPIC tidak dapat melakukan *charging* baterai saat terdapat beban lampu DC pada baterai. Tegangan *output* dari SEPIC mengalami drop yang signifikan saat terdapat beban baterai dan lampu DC yaitu dengan rata-rata tegangan 12,83 Volt serta tegangan baterai mengalami penurunan dari 12,36 Volt menjadi 12,31 Volt akibat tidak adanya proses *charging* pada baterai.

### 5.2 Saran

Berdasarkan *hasil* penelitian yang telah dilakukan dianjurkan untuk penelitian selanjutnya

1. Menggunakan driver mosfet dan mosfet dengan spesifikasi yang lebih baik agar drop tegangan pada SEPIC dapat dikurangi.
2. Dapat ditambahkan metode kontrol PID, *Fuzzy*, *Neural Network*, dan metode *hybrid* agar tegangan yang dihasilkan lebih baik.
3. Dapat menambahkan beban induktif seperti motor DC untuk dapat mengetahui lebih detail karakteristik dari SEPIC.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Adikari, Neha., Singh, Bhim., Vyas. 2011. *Performance Evaluation of a Low Power Solar-PV Energy System with SEPIC*, IEEE PEDS 2011, Singapore, 5-8 December 2011.
- Falin, J. 2008. *Designing DC/DC Converters Based On SEPIC Topology*. Analog Application Journal. *Texas Instrument Incorporated*. 18-23
- Farizy, A. F., D. A. Asfani, dan Soedibjo. 2016. *Desain Sistem Monitoring State of Charge Baterai pada Charging Station Mobil Listrik Berbasis Fuzzy Logic Dengan Mempertimbangkan Temperature*. *Jurnal Teknik ITS*. 5(2): B278-B282.
- Hanafi, M. I. 2017. *Implementasi SEPIC Pada Tegangan Keluaran Menggunakan Metode Kontrol PID*. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Hasan, F. H. 2017. *Rancang Bangun MPPT Dengan DC-DC Buck Converter Pada Panel Surya Dengan Beban Pompa Air DC*. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Hayton, M., *et al.* 2010. *Energi Yang Terbarukan : PNPM Mandiri*.
- Mahardika, W. P. 2017. *Sistem Kontrol Konverter SEPIC Pada Solar Charger Berbasis Logika Fuzzy*. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember
- Meera, M., Muruganandam, M. 2015 *SEPIC Based Switched Mode Power Supply Design for Battery*
- Nugroho, A., dan E. Rijanto. 2014. *Simulasi Optimasi Pengukuran State of Charge Baterai Dengan Integral Observer*. *Widyariset*. 17(3). 323-332.
- Oudda, M., dan A. Hazzab. 2016. *Fuzzy Logic Control of a SEPIC for a Photovoltaic System*. *Journal of Fundamental of Renewable Energy and Applications*. 6(4):1-7
- Panasonic. 2005. *Methods of Charging the Valve-regulated lead-Acid Battery*.

Sidabutar, D. S., Musyafa, Hantoro. 2014. Rancang Bangun *Buck-Boost Converter* Pada Panel Surya Menggunakan Metode Kontrol PI Dan PID Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535

Ta-Tau, Chen., Ming-Ying., Shun-Hung, Che-Nan 2011. *Design Of Digital Battery Charger System Based on PV- Module*, IEEE International conference on Fuzzy System, June 27-30,2011, Taipei, Taiwan.

Ullah, Thuhid, Md., Helal, Muhammad 2016. *Design, Hardware Implementation and Performance analysis of conventional SEPIC for Photovoltaic System Application*.

Yusmiati, E. S. 2014. *Energi Supply Solar Cell* Pada Sistem Pengendali Portal Parkir Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S52. *Laporan Akhir*. Palembang : Politeknik Negeri Surabaya.

**LAMPIRAN****A. Program Arduino SEPIC**

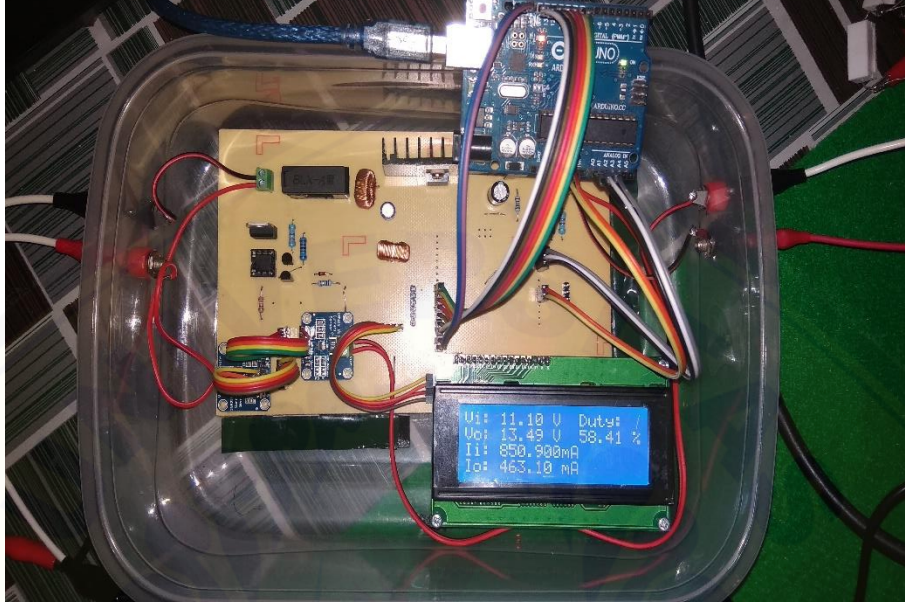
```
#include <TimerOne.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <Wire.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 20, 4);
Adafruit_INA219 arus_in;
Adafruit_INA219 arus_out(0x41);
//INA219 arus_out;
int pot;
int cc;
float a=0.00;
float current_mA = 0;
float current2_mA = 0;
float V_in;
float V_out;
float setPoin = 14.00;
void setup() {
  lcd.begin();
  Timer1.initialize(1000000);
  Timer1.start() ;
  Timer1.setPeriod(20) ;
  pinMode(9, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("PWM"); Serial.print("\t"); Serial.print("V_in");
  Serial.print("\t"); Serial.print("I_in");
  Serial.print("\t"); Serial.print("V_out"); Serial.print("\t");
  Serial.print("I_out"); Serial.print("\t"); Serial.println("Duty");
  LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 20, 4);
  arus_in.begin();
```

```
    arus_out.begin();
    uint32_t currentFrequency;
    lcd.clear();
}
void tampilan(){
    lcd.setCursor(13,0) ; lcd.print("Duty:");
    lcd.setCursor(13,1) ; lcd.print(a);
    lcd.setCursor(0,0) ; lcd.print("Vi:");
    lcd.setCursor(4,0) ; lcd.print(V_in);
    lcd.setCursor(0,2) ; lcd.print("Ii:");
    lcd.setCursor(4,2) ; lcd.print(abs(current2_mA));
    lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Vo:");
    lcd.setCursor(4,1) ; lcd.print(V_out);
    lcd.setCursor(0,3) ; lcd.print("Io:");
    lcd.setCursor(4,3) ; lcd.print(abs(current_mA));
    lcd.setCursor(10,0) ; lcd.print("V");
    lcd.setCursor(10,1) ; lcd.print("V");
    lcd.setCursor(19,1) ; lcd.print("%");
    lcd.setCursor(11,2) ; lcd.print("mA");
    lcd.setCursor(11,3) ; lcd.print("mA");
    //delay(1000);
}
void loop() {
    Teg_in();
    V_out = ((analogRead(A2) * 20) / 1024);
    V_out = (1.226 * V_out);
    pot = analogRead(A0);
    pot = map(pot, 0, 1023, 0, 600);
    current_mA = arus_in.getCurrent_mA();
    current2_mA = arus_out.getCurrent_mA();
```

```
//cc = pot ;
if (V_out < setPoin) {
    cc++;
}
else if (V_out > setPoin) {
    cc--;
}
else {
    cc = cc;
}
if (cc < 0) {
    cc = 0;
}
if (cc > 600) {
    cc = 600;
}
a=((V_out+2.1)/(V_in+V_out+2.1))*100; // Vfwd=2.1 Volt
Timer1.pwm(9, cc) ;
Serial.print(cc); Serial.print("\t"); Serial.print(V_in);
Serial.print("\t"); Serial.print(current2_mA);
Serial.print("\t"); Serial.print(V_out); Serial.print("\t");
Serial.print(current_mA); Serial.print("\t"); Serial.println(a);
delay(1000);
tampilan();
}
void Teg_in() {
    float teg = analogRead(A1);
    V_in = (teg / 1023) * 24;
}
```

## B. Dokumentasi Penelitian

### B1. DC-DC SEPIC



### B2. Pengujian SEPIC



B3. Pengujian Karakteristik Baterai



B4. Pemasangan Panel Surya

