

**PERANCANGAN *PORTABLE POWERBANK* BERBASIS PANEL  
SURYA SEBAGAI *MULTIPURPOSE RESERVE POWER*  
*GENERATION (MRPG)***

**SKRIPSI**

untuk memenuhi salah satu persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S1



**Disusun oleh:**

**Rizal Nurfajriansyah**

**14524024**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta**

**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERANCANGAN *PORTABLE POWERBANK* BERBASIS PANEL  
SURYA SEBAGAI *MULTIPURPOSE RESERVE POWER*  
*GENERATION (MRPG)***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia**

**Disusun oleh:**

**Rizal Nurfajriansyah  
14524024**

**Yogyakarta, 27 November 2018**

**Menyetujui,**

**Pembimbing 1**



**Husein Mubarak, ST., M.Eng  
155241305**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**PERANCANGAN *PORTABLE POWERBANK* BERBASIS PANEL**

**SURYA SEBAGAI *MULTIPURPOSE RESERVE POWER***

***GENERATION (MRPG)***

Dipersiapkan dan disusun oleh:

**Rizal Nurfajriansyah**

**14524024**

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 27 November 2018

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Husein Mubarak, ST., M.Eng.

Anggota Penguji 1: Wahyudi Budi Pramono S.T., M.Eng.

Anggota Penguji 2: R.M Sisdarmanto Adinandra S.T., M.Sc.

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 27 November 2018

Ketua Program Studi Teknik Elektro



**Musli Aziz Amrulloh S.T., M.Eng., Ph.d.**

045240101

## PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 27 November 2018



Rizal Nurfajriansyah

## KATA PENGANTAR



Assalamualaikum wr. Wb.

Segala puji hanya milik Allah SWT atas segala nikmat yang selalu diberikan pada hambanya. Rasa syukur tak lupa kita panjatkan atas karunia tak ada habisnya yang dianugerahkan sehingga pengerjaan tugas akhir ini dapat berjalan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta para keluarganya, para sahabatnya dan para pengikutnya hingga akhir zaman, amin. Tugas akhir yang berjudul “perancangan *Portable powerbank* berbasis panel surya sebagai *multipurpose reserve power generation (MRPG)*” disusun untuk memenuhi syarat memperoleh derajat Strata 1 Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan, motivasi, bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, dalam kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih setulus-tulusnya kepada:

1. Ibu, Bapak, Kakak, Adik, dan seluruh keluarga atas segala doa, nasihat, dukungan, saran, motivasi dan kasih sayang.
2. Bapak Dr. Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Husein Mubarak, ST., M.Eng. Selaku dosen pembimbing tugas akhir yang dengan sabar memberikan bimbingan, saran, masukan, serta pengarahan selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen dan staff Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat.
5. Teman-teman satu kos Usep, Faris, Annas, Hendra, Raden, Fajri yang telah membantu selama penyelesaian tugas akhir.
6. Segenap keluarga Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia yang telah menemani dan memberikan semangat dalam mengerjakan tugas akhir.
7. Seluruh pihak lainnya yang terlibat dalam pengerjaan tugas akhir ini

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis meminta kritik dan saran yang bersifat membangun dan positif untuk pengembangan lebih lanjut kedepannya. Dan semoga di waktu yang lain, akan ada pengembangan dari hasil tugas akhir saya untuk menjadikannya lebih baik. Dari cara penulisan, penulis sangat

menyadari masih banyak kekurangan dari hasil penelitian yang telah dilakukan selama masa pengerjaan tugas akhir ini. Maka dari itu, penulis juga berharap agar dapat lebih dikembangkan lagi terkait penelitian yang saya buat. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan bisa memperkaya ilmu pengetahuan bagi semua pihak terutama teman-teman Program Studi Teknik Elektro.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 27 November 2018



Rizal Nurfajriansyah



## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
MRPG	<i>Multipurpose reserve power generation</i>
AC	<i>Alternating current</i>
TV	Television
PLN	Perusahaan Listrik Negara
W	<i>Watt</i>
Wp	<i>Watt Peak</i>
VDC	<i>Voltage Direct Current</i>
DC	<i>Direct Current</i>
PWM	<i>pulse with modulation</i>
Amp	<i>ampere</i>
I	arus
V	<i>Voltage</i>
Ap	<i>Ampere peak</i>
Ah	<i>Ampere hour</i>
Wh	<i>Watt hour</i>
mAh	<i>Miliampere hour</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
P	daya
$\eta$	efisiensi
HP	<i>Handphone</i>



## ABSTRAK

Energi matahari adalah energi terkuat yang dapat dimanfaatkan khususnya Di Indonesia untuk dirubah menjadi energi listrik. Saat energi matahari sudah dirubah menjadi energi listrik, maka energi listrik dapat digunakan untuk menghidupkan peralatan listrik seperti TV, dispenser, kipas angin, *charging* HP/laptop dan lain-lain. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat perancangan *portable powerbank* berbasis panel surya sebagai *multipurpose reserve power generation* (MRPG). Perancangan digunakan untuk menghidupkan peralatan listrik sehingga dapat mengurangi penggunaan energi listrik yang bersumber dari PLN. Perancangan ini pun dapat menjadikan energi cadangan ketika listrik PLN sedang mengalami pemadaman. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan untuk mengecek rata-rata energi yang dihasilkan oleh panel surya 50 Wp untuk men *charge* Aki berkapasitas 12 V 45 Ah. Kemudian menguji setiap beban untuk diketahui apakah beban tersebut dapat disuplai oleh Aki. Hasil dari pengujian ini telah sesuai dengan indikator kinerja yang telah ditentukan. Rata-rata energi yang dihasilkan oleh panel surya per hari sebesar 179 Wh dalam keadaan kurang maksimal. Dan rata-rata energi yang dihasilkan oleh beban seperti TV,kipas angin, dispenser, *charging* HP/Laptop dapat dihidupkan oleh Aki dengan waktu yang sesuai dengan daya yang diberikan kepada kapasitas Aki.

Kata kunci : Energi, Panel surya, Aki.

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....	vii
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Studi Literatur .....	3
2.2 Tinjauan Teori.....	4
2.2.1 Panel Surya ( <i>solar cell</i> ).....	4
2.2.2 <i>Solar Charge Controller</i> .....	5
2.2.3 Baterai Aki.....	6
2.2.4 <i>Inverter</i> .....	7
2.2.5 <i>Watt Meter</i> .....	8
BAB 3 METODOLOGI.....	9
3.1 Alat dan Bahan.....	9
3.2 Alur Penelitian .....	10

3.3 Perancangan Alat .....	11
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>13</b>
4.1 Sebelum Percobaan.....	13
4.1.1 Indikator Kinerja.....	13
4.1.2 <i>Single Line Diagram</i> .....	13
4.1.3 Langkah Percobaan ketika Panel Surya Terpasang .....	14
4.1.4 Langkah Percobaan ketika Panel Surya Tidak Terpasang.....	14
4.2 Pengukuran yang Dihasilkan Dari Panel Surya Selama 12 Jam.....	15
4.3 Pengambilan Data ketika Panel Surya Tidak Terpasang .....	16
4.3.1 Pengukuran Kapasitas Aki dan Total Daya yang Dikeluarkan oleh TV LG .....	16
4.3.2 Pengukuran Total Daya yang Dikeluarkan oleh Kipas Angin Remote Miyako .....	17
4.3.3 Pengukuran Total Daya yang Dikeluarkan HP dan Laptop.....	17
4.3.4 Pengukuran Total Daya yang Dikeluarkan Dispenser Miyako .....	18
4.4 Pengambilan Data ketika Panel Surya Terpasang .....	18
4.5 Analisis Dan Pembahasan.....	19
4.5.1 Pengamatan Dari Hasil Panel Surya Selama 12 Jam.....	19
4.5.2 Analisis Untuk Daya yang Dikeluarkan Masing-Masing Beban.....	20
4.5.3 Pengamatan pada Beban ketika Panel Surya Terpasang .....	22
4.5.4 Pengamatan ketika Beberapa Beban Terpasang Bersamaan .....	22
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>25</b>
5.1 Kesimpulan .....	25
5.2 Saran .....	25
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>26</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>1</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Terjadinya Pengisian Pada Aki ( <i>charge</i> ) .....	7
Gambar 3.1 Alur Diagram Penelitian.....	10
Gambar 3.2 Blok Diagram <i>Solar Cell</i> .....	11
Gambar 4.1 <i>Single Line Diagram</i> .....	13

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat dan Bahan .....	9
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Terhadap Panel Surya dan Aki .....	15
Tabel 4.2 Pengukuran Daya Terhadap TV LG 32LD330 .....	16
Tabel 4.3 Pengukuran Daya Terhadap Kipas Angin Remote Miyako .....	17
Tabel 4.4 Pengukuran Kapasitas Pada Baterai HP dan Laptop.....	17
Tabel 4.5 Pengukuran Daya Dispenser Miyako .....	18
Tabel 4.6 Pengukuran ketika Panel Surya Terpasang Dengan Beban di Siang Hari .....	18
Tabel 4.7 Pengukuran Beban Secara Bersamaan .....	23
Tabel 4.8 Pengukuran Beban Dispenser dan HP Iphone7+ .....	23

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Energi listrik menjadi energi yang sangat penting bagi manusia. Semakin majunya zaman yang serba modern ini, energi listrik menjadi energi yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Karena hampir semua peralatan yang dapat membantu manusia membutuhkan listrik agar dapat digunakan. Energi listrik dapat di ubah kedalam bentuk energi lain. Energi listrik dapat dirubah menjadi energi cahaya (lampu), energi listrik menjadi energi panas, atau mengubah energi listrik menjadi energi kinetik seperti kipas angin [1].

Namun energi listrik yang sehari-hari digunakan berasal dari PLN (Perusahaan Listrik Negara). Di Indonesia, sebagian besar PLN masih menggunakan energi dari hasil pembakaran batu bara, panas bumi, atau reaksi nuklir. Penggunaan energi listrik dengan menggunakan energi tak terbarukan dalam jangka waktu panjang akan membuat cadangan energi tak terbarukan menjadi cepat berkurang. Terlebih lagi semakin banyaknya mesin industri yang menggunakan energi tak terbarukan akan membuat cadangan energi tak terbarukan menjadi lebih cepat berkurang. Oleh karena itu, untuk melindungi energi tak terbarukan tersebut dibuatlah pemanfaatan energi lain. Seperti menggantinya menjadi energi terbarukan dengan memanfaatkan energi matahari menjadi energi listrik [2].

Indonesia memiliki potensi yang sangat baik dan besar dalam memanfaatkan energi terbarukan tersebut seperti energi matahari. Energi matahari tersebut dapat dimanfaatkan dengan baik di Negara Indonesia ini. Indonesia sendiri berada pada daerah khatulistiwa yang dapat disinari matahari selama 10-12 jam dalam sehari. Negara Indonesia dapat disinari oleh matahari selama 2000 jam per tahun. Ini jelas potensi yang sangat baik yang dapat dimanfaatkan [3], [4].

Banyak cara untuk memanfaatkan energi matahari dengan menggunakan panel surya. Contoh penghematan energi listrik dengan mengganti lampu bersumber PLN menjadi lampu tenaga surya. Alat yang digunakan cukup panel surya, Aki dan *controller*. Jika ingin menjadi listrik AC agar dapat digunakan untuk peralatan lainnya, maka pemanfaatan energi matahari membutuhkan alat tambahan yaitu inverter. Sehingga listrik dapat digunakan untuk berbagai macam peralatan berarus AC.

Penggunaan peralatan lainnya seperti dispenser, TV, kipas angin dan lain sebagainya disetiap rumah pada umumnya masih menggunakan listrik PLN. Jika peralatan seperti itu dipakai dengan menggunakan energi matahari berbasis panel surya, maka dapat mengurangi ketergantungan kepada energi tak terbarukan. Dan perancangan *portable powerbank* berbasis

panel surya sebagai *multipurpose reserve power generation* dapat menjadi penyuplai listrik cadangan dengan memanfaatkan energi matahari[5].

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana cara merancang *portable powerbank* berbasis panel surya agar dapat mensuplai beban berlistrik AC dengan memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber listriknya?
2. Bagaimana caranya agar Aki dapat mensuplai beban setiap harinya?

## **1.3 Batasan Masalah**

1. Inverter yang digunakan adalah 300 W, dan Aki memiliki kapasitas sebesar 540 Wh.
2. Clamp meter yang digunakan hanya memunculkan 1 angka dibelakang koma.
3. Clamp meter yang digunakan hanya dapat mengukur arus AC.
4. Panel surya yang digunakan hanya menghasilkan output sebesar 50 Wp.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Membuat perancangan *portable powerbank* berbasis panel surya untuk menghidupkan peralatan berlistrik AC.
2. Menggunakan energi matahari agar mengurangi pemakaian langsung yang disuplai oleh PLN.
3. Untuk menganalisis kapasitas Aki yang dapat di suplai oleh beban.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Memanfaatkan energi matahari untuk menyimpan cadangan listrik yang telah dirubah dari energi matahari agar dapat digunakan sebagai pengganti listrik PLN.
2. Dapat mengurangi ketergantungan penggunaan energi yang berasal dari PLN.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Studi Literatur

Nora Aditiyan (2015) membahas karakteristik panel surya model SR-156P-100 yang berdasarkan intensitas matahari. Panjang kabel listrik yang terhubung dari panel surya ke beban akan mempengaruhi daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya. Jika kabel yang digunakan semakin panjang, maka daya maksimum akan mengalami penurunan atau daya tidak akan maksimum. Penurunan daya maksimum untuk pemasangan kabel sepanjang 5 Meter rata-rata adalah 5.61 W [6].

Kemiringan panel surya terhadap sudut sumber matahari juga mempengaruhi daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya. Ketika kemiringan bertambah sebesar  $5^\circ$  yaitu saat kemiringan panel surya dalam  $0^\circ$  sampai  $15^\circ$ , kenaikan tersebut rata-rata sebesar 1.05 W. Dan ketika kemiringan sebesar  $5^\circ$  yaitu dari kemiringan  $15^\circ$  hingga  $30^\circ$ , maka penurunan tersebut rata-rata sebesar 0.91 W.

Kemudian kondisi cuaca yang sangat mempengaruhi daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya. Kondisi cuaca saat cerah/mendung sangat berbeda. Saat kondisi sedang mendung, maka daya yang dihasilkan oleh panel surya yaitu 18.18 W. Dan 78.85 W saat kondisi cuaca cerah.

Pada penelitian Amit Kumar Singh (2017) membahas *Solar charge controller* adalah salah satu komponen yang sangat penting dalam pembangkit listrik tenaga surya ini. *Solar charge controller* juga memiliki fungsi yang sangat berguna yaitu sebagai *charging mode* dan *operation mode*. *Solar mode charging* ini berfungsi untuk pengisian Aki seperti kapan Aki diisi, menjaga pengisian jika Aki sudah penuh. Dan untuk *mode operation* adalah saat penggunaan Aki ke beban, *mode* ini terjadi saat pelayanan Aki ke beban akan diputus jika Aki sudah mulai kosong [7].

Muhammad Johan Setiawan (2010) membahas akumulator atau biasa disebut Aki adalah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang dapat berbalikan (*reversible*). Yang dimaksud disini adalah didalam sebuah Aki tersebut dapat berlangsung proses perubahan dari tenaga kimia menjadi tenaga listrik yang biasa disebut proses pengosongan. Kemudian proses perubahan energi kimia menjadi energi listrik yang disebut pengisian kembali. Cara meregenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai yaitu dengan cara melewatkan arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel.



Setelah Aki digunakan untuk melaksanakan penelitian, seberapa cepat proses pengosongan Aki itu tergantung dari beban yang dipakai. Jika beban semakin banyak, maka pengosongan semakin cepat. Ketika pengosongan, maka tegangan Aki akan mengalami penurunan. Jika tegangan Aki menunjukkan pada angka 10 VDC, maka Aki sudah harus dilakukan pengisian ulang [8]

## 2.2 Tinjauan Teori

### 2.2.1 Panel Surya ( *solar cell* )

Panel surya adalah alat yang didalamnya terdiri dari sel surya yang dapat mengubah cahaya dari matahari menjadi listrik. Kemudian nantinya dapat dikonversi menjadi listrik arus searah (DC). Matahari yang merupakan sumber cahaya terkuat yang energinya dapat dimanfaatkan sering disebut surya atau “*sol*”. Panel surya pun sering disebut sebagai *cell photovoltaic*, arti lain *photovoltaic* itu sendiri dapat diartikan sebagai “cahaya-listrik”.

Panel surya memiliki beberapa struktur secara umum, diantaranya adalah :

- Metal *backing* : Adalah material yang menopang seluruh komponen yang ada pada sel surya. Material ini juga harus memiliki konduktifitas listrik yang baik karena material ini pun berfungsi sebagai kontak terminal positif pada sel surya.
- Material semikonduktor : Material ini adalah material inti dari sel surya karena berfungsi sebagai penyerap cahaya dari sinar matahari.
- Kontak metal : Pada sel surya, sebagian material semikonduktor biasanya diberi lapisan material konduktif transparan sebagai kontak negatif.
- Lapisan anti reflektif : Material ini berfungsi untuk meminimalisir refleksi cahaya agar cahaya yang terserap oleh semikonduktor secara optimal. Material anti refleksi ini adalah lapisan tipis material yang menyebabkan cahaya dibelokan ke arah semikonduktor. Sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.
- *Cover glass* : Bagian yang berfungsi sebagai material yang melindungi modul surya dari kotoran atau hujan[9].

Adapun karakterisasi pada panel surya berdasarkan intensitas cahaya matahari adalah sebagai berikut :

- Panjang kabel mempengaruhi daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya. Panjang kabel yang dihubungkan dari panel surya dengan beban jika semakin panjang kabel yang digunakan, maka daya maksimum pada panel surya akan mengalami penurunan.

- Kemiringan tata letak panel surya terhadap sudut datangnya cahaya matahari pun mempengaruhi daya maksimum yang dihasilkan panel surya.
- Kondisi cuaca sangat berpengaruh terhadap daya maksimum yang dihasilkan panel surya. Ketika kondisi cerah, daya yang dihasilkan oleh panel surya akan maksimum. Dan jika kondisi cuaca mendung, maka daya yang dihasilkan akan menurun[10].

### 2.2.2 Solar Charge Controller

*Solar charge controller* adalah sebuah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah (DC) yang diisi ke sebuah Aki dan kemudian diambil dari Aki untuk dialirkan ke beban. *Solar charge controller* sangat penting karena fungsinya untuk mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian terhadap Aki yang sudah terisi penuh) dan kelebihan *voltage* dari panel surya/*solar cell*. Karena jika dibiarkan sebuah Aki yang kelebihan *voltage* itu akan mengurangi umur Aki lebih cepat.

Dalam *solar charge control* diterapkan teknologi bernama PWM (*pulse with modulation*) yang berfungsi untuk mengatur pengisian Aki dan pelepasan arus dari Aki ke beban. Mengingat dari pentingnya alat ini karena fungsinya yang akan sangat membantu jika dihubungkan dengan panel surya/*solar cell*. Tanpa alat ini jika panel surya langsung dihubungkan dengan Aki, maka Aki akan rusak oleh *overcharging* maupun ketidakstabilan tegangan [11],[12].

Selain memiliki fungsi untuk mengatur arus yang masuk kedalam Aki agar terhindar dari *overcharging* dan *overvoltage*. Beberapa fungsi dari alat ini juga sangat penting diantaranya:

- Dapat memonitoring temperatur yang ada pada Aki.
- Mengatur arus yang diambil/dilepaskan dari Aki agar Aki tidak mengalami *full discharge* dan *overloading* (biasanya terjadi karena pengisian daya pada Aki terus menerus (*overcharges*)).

Ketika membahas mengenai *solar charge controller* ada hal-hal yang harus diperhatikan juga diantaranya :

- *Voltage* 12/24 VDC.
- Kemampuan dari *controller* dalam arus searah misalnya 5 A, 10 A dan sebagainya.
- *Full charge* dan *low voltage cut*.

*Solar charge controller* yang baik biasanya mampu mendeteksi kapasitas pada Aki. Ketika Aki telah terisi penuh maka pengisian arus dari panel surya akan berhenti. Hal ini ditunjukkan dalam monitor level tegangan Aki yang terdapat pada *solar charge controller*. Pengisian tersebut akan terjadi jika level tegangan drop. Jika level tegangan drop maka Aki akan diisi kembali sampai level tegangan tertentu.

Seperti yang sudah dijelaskan, *solar charge controller* adalah komponen yang sangat penting dalam pembangkit listrik tenaga surya, *solar charge controller* juga memiliki 2 mode yaitu :

- *Charging mode* : Mengisi Aki yang didalamnya termasuk untuk mengecek kapan Aki diisi. Menjaga pengisian ketika Aki dalam keadaan *full*/penuh.
- *Operation mode* : Mode ini terkait dengan penggunaan Aki ke beban (pelayanan Aki ke beban diputus apabila Aki dalam keadaan kosong)[13].

*Solar charge controller* ada yang memiliki sensor temperatur Aki dan ada juga yang tidak ada. Jika *solar charge controller* memiliki sensor temperatur Aki maka tegangan *charging* akan disesuaikan dengan temperatur dari Aki. Dengan adanya sensor ini maka akan didapatkan optimum dari *charging* dan optimum dari usia pada Aki tersebut. Dan jika *solar charge controller* tidak memiliki sensor temperatur Aki, maka tegangan *charging* perlu diatur sesuai dengan temperatur lingkungan dan jenis Aki yang dipakai.

Dan untuk *mode operation solar charge controller*, Aki akan melayani beban. Apabila pada Aki ada *over discharge/ overloading* maka Aki akan dilepaskan dari beban. Hal ini berguna untuk mencegah kerusakan daripada Aki tersebut.

### 2.2.3 Baterai Aki

Akumulator atau biasa disebut Aki adalah sebuah sel listrik yang didalamnya terjadi proses elektrokimia yang dapat berbalikan (*reversible*) dengan efisiensi yang tinggi. Pengertian dari proses elektrokimia *reversible* tersebut adalah proses berlangsungnya perubahan kimia menjadi listrik yang disebut proses pengosongan. Dan sebaliknya dari listrik menjadi kimia yang disebut proses pengisian. Pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai yaitu dengan cara melewatkan arus listrik dalam arah yang berlawanan didalam sel (polaritas).

Jenis sel Aki biasa juga disebut dengan istilah *storage battery*. Di setiap sel pada Aki terdiri dari 2 macam elektroda yang berlainan, yaitu elektroda + (positif) dan elektroda - (negatif) yang dicelupkan dalam suatu larutan kimia.

Prinsip kerja Aki tergolong menjadi 2 proses, proses pengosongan Aki dan proses pengisian Aki. Proses pengosongan Aki atau biasa disebut *discharge* pada sel berlangsung. Ketika Aki mengalami *discharge*/pengosongan, tentunya aki tersebut membutuhkan waktu saat proses tersebut terjadi. Waktu ketika terjadi pengosongan (mem *backup* ke beban) itu tergantung oleh beban yang digunakan, semakin besarnya energi yang dikeluarkan oleh beban, maka semakin cepat juga waktu pengosongan Aki. Dalam Aki, spesifikasi yang tertera biasanya tegangan dan

arus per jam, jika Aki yang digunakan adalah 12 V 45 Ah , maka persamaan yang di gunakan untuk mengetahui daya Aki adalah :

$$P = V \times I \quad (2.1)$$

Dimana :  $P$  = daya (Watt)

$I$  = kuat arus (Ampere)

$V$  = tegangan (Volt)

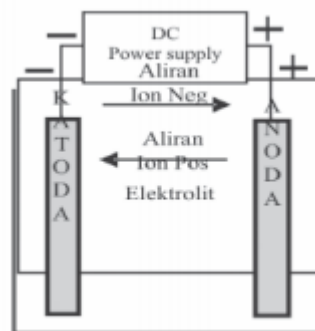
Kemudian untuk menghitung berapa lama kapasitas Aki dapat mensuplai beban dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$t_{aki} = \frac{P_{aki}}{P_{beban}} \quad (2.2)$$

Selanjutnya adalah prinsip kerja Aki ketika pengisian Aki sel menghubungkan dengan *power supply* maka elektroda positif akan menjadi anoda dan elektroda negatif akan menjadi katoda dan proses kimianya akan terjadi sebagai berikut :

- Aliran elektron akan menjadi terbalik ketika proses pengisian, yaitu mengalir dari anoda melalui *power supply* untuk menuju ke katoda.
- Ion-ion positif akan mengalir dari anoda ke katoda.
- Ion-ion negatif akan mengalir dari katoda menuju anoda[14].

Untuk gambar jelasnya dari proses pengisian Aki ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.1 Proses Terjadinya Pengisian Pada Aki (*charge*)

#### 2.2.4 Inverter

*Power inverter* atau sering disebut *inverter* adalah suatu perangkat elektronik atau suatu rangkaian yang dapat mengubah arus searah (DC) ke arus bolak balik (AC) pada frekuensi dan tegangan yang dibutuhkan. Sumber DC yang merupakan input dari *inverter* yang dapat diubah

menjadi arus AC bisa didapatkan dari baterai, Aki ataupun *solar cell*. Alat ini pun sangat bermanfaat karena dapat menjadikan arus AC yang bisa digunakan untuk peralatan-peralatan rumah tangga misalnya TV, Kulkas yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220 V [15].

### **2.2.5 Watt Meter**

*Watt meter* adalah alat untuk mengukur daya pada beban-beban yang sedang beroperasi. *Watt meter* dapat digunakan untuk mengukur panel surya agar diketahui berapa P, I, V,  $W_p$ ,  $A_p$ , Ah,Wh yang dihasilkan oleh panel surya pada saat itu. Konsep pemasangan pada *Watt meter* adalah dengan menghubungkan kabel positif dan negatif yang berada di sebelah kiri (*source*) dengan kabel positif dan negatif pada panel surya. Setelah itu kabel positif dan negatif yang berada di sebelah kanan (*load*) dihubungkan pada *solar charge controller*. Pemasangan *watt meter* setelah panel surya adalah untuk menampilkan hasil dari panel surya. Cara kerja *watt meter* ini adalah ketika *watt meter* terpasang dengan panel surya, maka *watt meter* akan menampilkan hasil pada layar LCD. Hasil yang di tampilkan adalah P, I, V,  $W_p$ ,  $A_p$ , Ah,Wh. Hasil akan di tampilkan secara teratur dari masing-masing parameter dengan delay waktu kurang lebih selama 3 detik. Ketika *watt meter* sedang menampilkan hasil dari P, maka hasil yang ditampilkan berikutnya akan muncul setelah delay waktu kurang lebih 3 detik. Dan setelah itu maka *watt meter* akan memunculkan hasil dari parameter selanjutnya.

*Watt meter* akan menampilkan hasil  $W_p$  dan  $A_p$  tertinggi pada hari itu. Ketika cuaca sedang terik dan panel surya menghasilkan  $W_p$  dan  $A_p$  yang tinggi. Maka hasil akan terus menampilkan nilai tertinggi sebelum keadaan cuaca lebih terik dari sebelumnya. Jika keadaan cuaca mengalami kenaikan panas yang lebih terik, maka *watt meter* akan menampilkan nilai  $W_p$  dan  $A_p$  terbaru dengan nilai yang lebih tinggi. Jika keadaan cuaca tidak mengalami kenaikan, maka *watt meter* akan terus menampilkan nilai yang sama [16].

## BAB 3

### METODOLOGI

#### 3.1 Alat dan Bahan

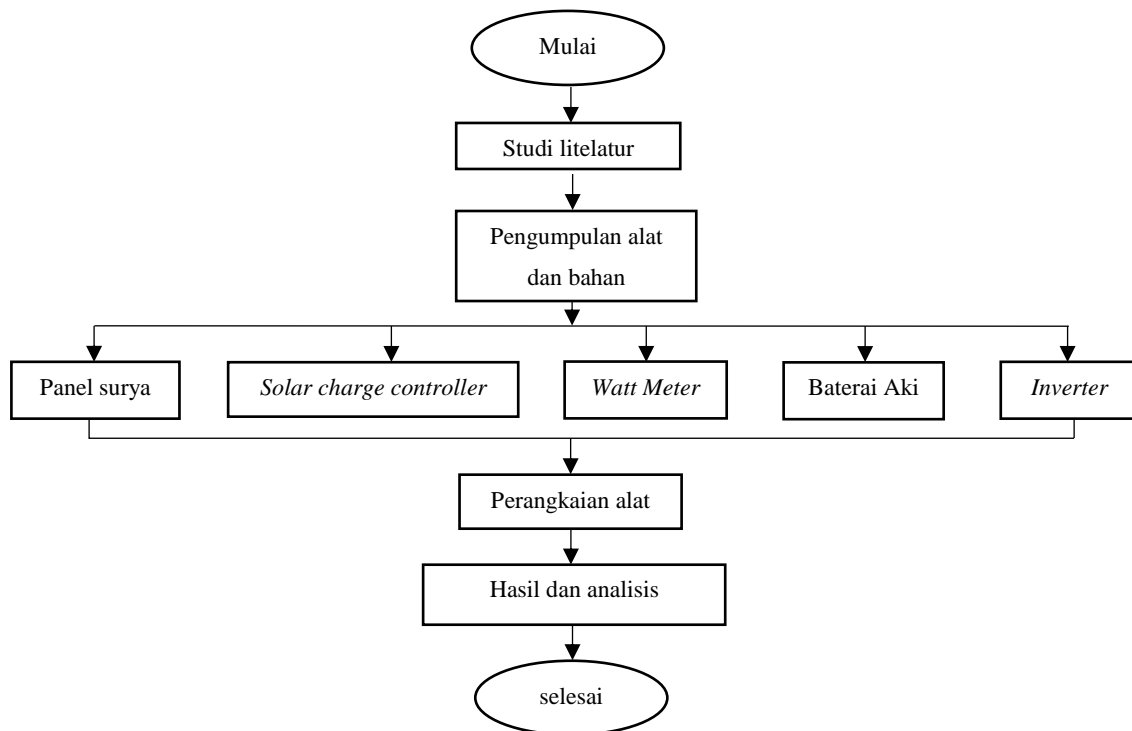
Dalam melakukan penelitian ini, dibutuhkan alat-alat yang akan dirancang dan alat untuk mengukur hasil yang nantinya diperoleh dari perancangan alat itu. Peralatan dan bahan yang dibutuhkan adalah :

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat dan Bahan

No	Alat dan bahan	Spesifikasi	
1	Panel surya ( <i>polycrystalline silicon solar cell</i> )	<i>a) Maximum power (Pmax)</i> <i>b) Voltage at Pmax (Vmp)</i> <i>c) Current at Pmax (Imp)</i> <i>d) Open circuit voltage (Voc)</i> <i>e) Short circuit current (Isc)</i> <i>f) Dimension</i>	50 W 17.6 V 2.86 A 22.0 V 3.03 A 670x530x30 mm
2	Watt meter	parameter	range resolution
		Current	0 ~ 100 A.P 0.01 A
		Power	0 ~ 6554 W 0.1 W
		Charge	0 ~ 65 Ah 0.0001 Ah
		Energy	0 ~ 6554 Wh 0.1 Wh
3	Solar Charge Controller	Spesifikasi	
		10 Ampere	
4	Baterai Aki	12 V 45 Ah	
5	Inverter	Parameter	
		Input voltage	Dc10-14.8 V 18 V-28 V
		Output voltage	Usb Dc5.5 V 1 A
		Output voltage	Ac 220 V 230 V 240 V 100 V 110 V 120 V
		Frequency	50 Hz /60 Hz ±4 Hz
6	Clamp meter		
7	Kabel	10 meter	
8	Beban		
9	Panel Box	20x30x40 cm	
10	Terminal potong		
11	Solasi bakar	5mm	
12	Box untuk panel surya	71x57 cm	

### 3.2 Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan dalam pengerjaannya, alur penelitian dapat dilihat didalam diagram alir dibawah ini.

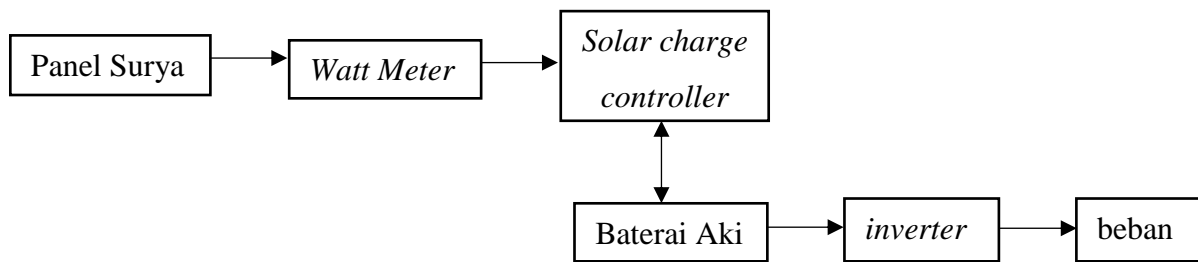


Gambar 3.1 Alur Diagram Penelitian

Langkah pertama adalah dengan mencari studi litelatur mengenai beberapa alat yang akan digunakan seperti panel surya, *solar charge controller*, *watt meter*, Aki dan *inverter*. Kemudian mengumpulkan alat yang akan digunakan dan bahan yang akan dipakai untuk melakukan perancangan alat ini. Alat-alat yang dibutuhkan antara lain seperti panel surya, *solar charge controller*, *watt meter*, Aki, *inverter*. Setelah alat terkumpul, kemudian perangkaian alat. Perangkaian dilakukan dengan cara meletakkan Aki, *solar charge controller*, *watt meter* dan *inverter* kedalam sebuah panel box. Alat-alat diatur agar kabel terhubung secara baik dan rapih. Kemudian panel box dilakukan modifikasi agar panel box dapat dengan mudah di angkat. Panel box dimodifikasi dengan diberikan handle pintu di atas panel box. Sehingga handle pintu akan berfungsi menjadi pegangan untuk mengangkat panel box agar lebih gampang dan praktis. Kemudian panel box diberikan kerangka dari besi yang menyerupai koper. Kerangka koper dari besi ini berfungsi sebagai wadah untuk panel box. Kerangka koper besi diberikan roda agar panel box dapat di tarik dengan mudah karena efek dari roda yang dipasang pada kerangka koper besi. Perangkaian alat ini bertujuan untuk mendesain panel box agar menjadi portable dan mudah di bawa kemana-mana.

### 3.3 Perancangan Alat

Perancangan alat pada penelitian ini akan digambarkan dalam blok diagram dibawah ini :



Gambar 3.2 Blok Diagram *Solar Cell*

Metode analisis untuk penelitian ini adalah dengan mengamati hasil  $V$ ,  $I$ ,  $P$ ,  $W_p$ ,  $Ah$ ,  $Ap$ ,  $Wh$  yang dihasilkan oleh panel surya yang diproses dengan beberapa alat hingga dapat menghasilkan listrik agar dapat digunakan. Pada blok pertama dipasang sebuah panel surya, yaitu alat yang menjadi titik utama penelitian ini. Panel surya diletakkan diruangan terbuka agar sinar matahari dapat masuk dan diserap oleh panel surya. Semakin besarnya sinar matahari yang diserap oleh panel surya, maka energi akan semakin besar untuk dihasilkan. Namun ada beberapa faktor yang mempengaruhi peningkatan atau penurunan daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya ini seperti kemiringan dari panel surya untuk menyerap dari sudut sumber cahaya matahari. Namun, tegangan yang dihasilkan tidak stabil karena tergantung oleh cuaca, maka dibutuhkan alat yang bernama *solar charge controller*.

Sebelum alat *solar charge controller*, dipasang *Watt meter* setelah panel surya. Fungsi dari *Watt meter* itu sendiri adalah untuk menampilkan hasil  $V$ ,  $I$ ,  $P$ ,  $W_p$ ,  $Ah$ ,  $Ap$ ,  $Wh$  oleh panel surya. Pengukuran dilakukan untuk pengujian seberapa besar hasil yang diperoleh panel surya 50  $W_p$  dalam berbagai kondisi cuaca. Ketika panel surya disinari oleh matahari, maka *Watt Meter* akan bekerja untuk menghitung beberapa parameter yang dihasilkan panel surya. Pengecekan dilakukan setiap 1 jam sekali selama 12 jam dalam sehari dengan melihat hasil yang ditangkap oleh panel surya melalui *Watt Meter*.

Di dalam *solar charge controller*, tegangan akan di atur sehingga tegangan yang dihasilkan oleh panel surya menjadi stabil ketika masuk pada Aki. Setelah tegangan masuk pada Aki, maka tegangan dapat langsung dipakai oleh beban  $DC$  lewat sumber Aki atau dapat digunakan lewat *solar charge controller*. Karena *solar charge controller* ini sudah disediakan *mode* otomatis, maka *solar charge controller* dapat di set waktunya sesuai keinginan. Pengesetan *solar charge controller* dapat di set misalnya beban yang dipakai adalah lampu dengan timer 12 jam. Jadi ketika *timer* diaktifkan jam 6 sore dan akan mati secara otomatis pada jam 6 pagi.



Saat tegangan telah ter *charge* didalam Aki dengan kapasitas Aki yaitu 12 V 45 Ah. Yang dimaksud angka ini adalah kapasitas Aki untuk mengetahui seberapa lama peralatan elektronik yang tersambung pada Aki ini. 12 V 45 Ah ini memiliki makna bahwa Aki dapat mensuplai listrik dengan tegangan sebesar 12 V dan arus sebesar 45 A dalam waktu per 1 jam.

Walaupun secara perhitungan seperti itu, namun *kenyataannya* ada faktor yang mempengaruhi kapasitas Aki ini seperti temperatur. Semakin dingin temperatur maka semakin kecil kapasitas Aki saat digunakan karena faktor reaksi kimia yang berada pada Aki ketika pada suhu dingin/rendah maka kapasitas pada Aki semakin kecil ketika digunakan. Intinya pemakaian Aki dengan pengukuran langsung tidak mutlak sama persis seperti pada hasil perhitungan menggunakan rumus tersebut.

Dalam kasus ini, rangkaian aki yang terhubung adalah untuk menjadi wadah tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dalam waktu tertentu yang nantinya dapat digunakan untuk menghidupkan beban ber arus searah (*DC*).

Selanjutnya setelah Aki terpasang dengan *solar charge controller*, maka Aki dipasang juga dengan *inverter*. Fungsi dari *inverter* itu sendiri adalah untuk mengkonversikan arus searah (*DC*) menjadi arus bolak balik (*AC*). *Inverter* juga berfungsi untuk mengatur arus listrik yang dihasilkan dari Aki, sehingga listrik dapat dipakai untuk keperluan alat elektronik bertegangan *AC*.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah perancangan dan perakitan alat *powerbank* berbasis panel surya. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian dan analisis terhadap hasil dari perancangan alat ini. Hal ini bertujuan untuk mengetahui hasil dengan cara pengukuran sehingga sistem yang telah dibuat sudah sesuai dengan hasil yang diperhitungkan dengan cara diukur berdasarkan indikator kinerja.

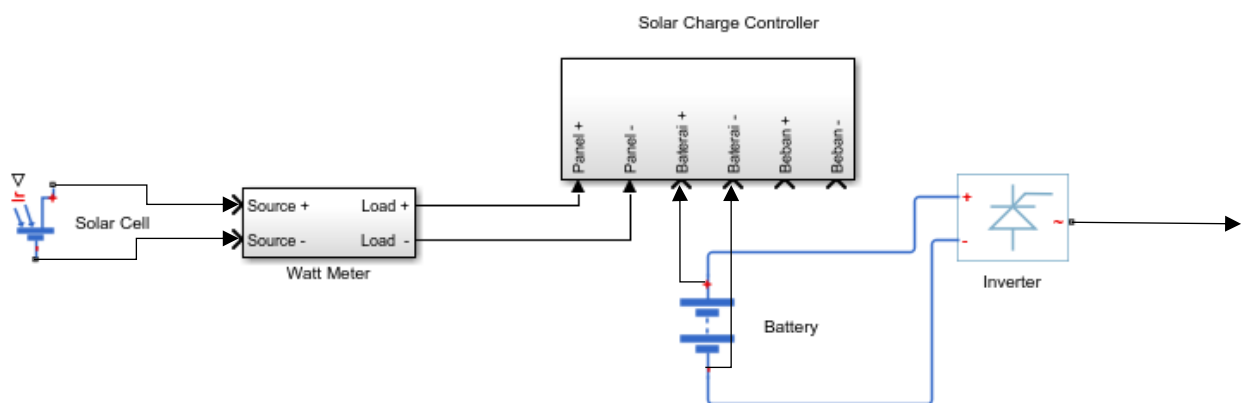
#### 4.1 Sebelum Percobaan

Sebelum percobaan, dilakukan penentuan indikator kinerja yang akan digunakan sebagai kriteria pengujian dan hal-hal yang akan diuji dalam penelitian ini.

##### 4.1.1 Indikator Kinerja

Indikator yang akan menjadi acuan untuk melakukan penelitian ini adalah energi yang dihasilkan panel surya yang tersimpan pada Aki. Untuk mampu menyuplai listrik agar dapat menghidupkan peralatan elektronik dengan cara melakukan pengujian kapasitas Aki terhadap beban-beban untuk mengetahui seberapa lama kapasitas Aki dapat mensuplai beban-beban yang telah ditentukan.

##### 4.1.2 Single Line Diagram



Gambar 4.1 Single Line Diagram

Pada single line diagram, panel surya dihubungkan dengan watt meter, kabel positif panel surya di hubungkan dengan kabel positif watt meter (*source*). Dan kabel negatif panel surya di hubungkan dengan kabel negatif watt meter (*source*). Kemudian kabel positif dan kabel negatif

pada watt meter (*load*) dihubungkan pada *solar charge controller*. Pada *solar charge controller* terdapat beberapa input yang sudah ditandai oleh gambar masing-masing alat. Pada *solar charge controller* ada input bergambar panel surya. Kemudian kabel positif dan negatif dari *watt meter* yang sudah terhubung dengan panel surya akan dihubungkan pada *solar charge controller* melalui input yang sudah di sediakan di *solar charge controller*. Kemudian ada input yang nantinya akan dihubungkan dengan Aki. Kabel positif dan negatif dari Aki akan dihubungkan pada input solar charge controller yang bergambar Aki. Setelah kabel positif dan negatif dari Aki terhubung dengan *solar charge controller*, maka Aki akan terhubung dengan inverter. Kabel positif dan negatif dari inverter akan terhubung dengan Aki. Setelah kabel terhubung, maka dari inverter dapat digunakan untuk beban berlistrik AC.

#### **4.1.3 Langkah Percobaan ketika Panel Surya Terpasang**

1. Mengamati energi yang dihasilkan dari panel surya dengan cara mengukur setiap 1 jam sekali selama kurang lebih 12 jam dari pukul 06.00 hingga 18.00.
2. Setelah mengamati hasil dari energi yang dihasilkan per jam dari panel surya, maka dilakukan pengujian terhadap Aki. Pengujian dilakukan dengan cara melakukan percobaan untuk men *charge* Aki ketika dalam keadaan kosong, apakah Aki dapat di *charge* secara penuh setiap 12 jam per hari dengan kondisi cuaca yang tidak stabil.
3. Mencatat dan mengamati hasil ukur yang telah dilakukan untuk mendapatkan rata-rata energi yang dikeluarkan per jam dari setiap beban.

#### **4.1.4 Langkah Percobaan ketika Panel Surya Tidak Terpasang**

1. Melakukan pengecekan terhadap Aki, apakah Aki telah terisi penuh/belum.
2. Setelah melakukan pengecekan pada Aki dengan cara mengamati spesifikasi pada Aki yang digunakan seperti berapa kapasitas yang dapat disuplai oleh Aki tersebut.
3. Setelah pengecekan terhadap Aki, maka dilakukan pengujian terhadap beban dengan cara mengukur dan mencatat hasil dari tegangan dan arus yang dihasilkan oleh beban terhadap Aki untuk mengetahui apakah kapasitas Aki yang telah di *charge* dengan panel surya selama 12 jam mampu menghidupkan beban dengan waktu pemakaian yang telah ditentukan.
4. Melakukan langkah ke 3 dengan beban yang berbeda, untuk mengetahui berapa daya yang dikeluarkan pada masing-masing beban.
5. Jika beban telah diukur dan diketahui dayanya. Maka dilakukan pengecekan terhadap kapasitas Aki.

6. Pengecekan Aki dilakukan terhadap beban dengan cara seberapa lama Aki dapat menghidupkan beban tersebut dengan mengukur dan mengamati energi yang dikeluarkan oleh beban terhadap Aki.

#### 4.2 Pengukuran yang Dihasilkan Dari Panel Surya Selama 12 Jam

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Terhadap Panel Surya dan Aki

Jam	Panel Surya							Aki
	V	I	P	Wp	Ah	Ap	Wh	Tegangan (V)
06.00	11.96	0.17	1.7	2.3	0.018	0.26	0.2	11.8
07.00	12.17	0.86	10.5	12	0.419	0.91	5.0	12.0
08.00	12.33	1.54	18.8	18.9	1.512	1.54	18.2	12.2
09.00	12.50	2.15	26.8	27.1	3.112	2.17	37.8	12.3
10.00	12.64	2.49	31.2	34.8	5.300	2.76	65.3	12.3
11.00	12.50	0.94	11.6	39.1	7.258	3.06	90.3	12.3
12.00	12.87	2.75	35.2	39.7	9.092	3.10	113.7	12.5
13.00	12.65	0.91	11.5	39.7	11.263	3.10	141.4	12.5
14.00	12.78	2.14	27.6	39.7	12.277	3.10	154.4	12.6
15.00	12.69	0.34	4.3	39.7	13.246	3.10	166.6	12.6
16.00	12.69	0.32	4.0	39.7	13.930	3.10	175.3	12.6
17.00	12.58	0.14	1.5	39.7	14.152	3.10	178.0	12.6
18.00	12.40	0.07	0.8	39.7	14.300	3.10	179.8	12.3

Hal-hal yang akan diamati dalam pengujian ini adalah besarnya I, V, P, Wp, Ah, Ap, Wh yang dihasilkan oleh panel surya selama 12 jam. Pengukuran dilakukan dari pukul 06.00 hingga pukul 18.00 . Wh tertinggi yang di tampilkan watt meter berapa pada pukul 11.00 – 12.00. Dalam pengujian, hal yang dilakukan adalah mengamati masing-masing parameter yang dihasilkan oleh panel surya per 1 jam selama 12 jam dalam sehari. Pengujian dilakukan di Daerah Yogyakarta Jalan Kaliurang Kilometer 14 pada tanggal 29 September 2018. Pengukuran akan dilakukan dengan melihat hasil yang akan tertera pada *Watt meter* yang telah dipasang setelah panel surya. Pengujian ini juga akan mengukur daya yang masuk ke Aki per 1 jam. Dengan melihat indikator yang sudah tersedia dalam *solar charge controller*. Pengujian terhadap Aki pun dilakukan untuk

melihat dan mengetahui apakah Aki dapat ter *charge* penuh oleh panel surya ketika Aki dalam keadaan kosong. Pengujian ini pun dilakukan untuk mengetahui seberapa lama Aki terisi penuh dari mulai matahari terbit hingga matahari terbenam. Dengan melakukan pengujian ini, dapat dilihat hasil mengenai waktu *charging* pada Aki dari mulai kosong hingga Aki penuh. Untuk melihat hasil dari pengukuran daya dari panel surya dan daya yang diterima oleh Aki dapat dilihat pada tabel 4.1.

### 4.3 Pengambilan Data ketika Panel Surya Tidak Terpasang

Proses pengambilan data pada penelitian ini diambil dari pengukuran dan pengamatan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Data dari hasil pengukuran beberapa beban terhadap Aki ketika panel surya sedang terpasang dan ketika panel surya tidak terpasang.

Ketika Aki sudah dalam keadaan terisi, maka pengambilan data pada Aki untuk dipasangkan pada beberapa beban agar mengetahui kapasitas Aki dapat bertahan berapa lama dengan beberapa pengujian terhadap beberapa beban yang memiliki spesifikasi yang berbeda-beda. Tujuan dari pengambilan data ini untuk mengetahui dan mengamati beban yang sudah terpasang melalui terminal yang terhubung melalui *inverter* 300 w yang bersumber pada Aki 12 V 45 Ah. Apakah Aki dapat mensuplai beban sesuai dengan indikator kinerja dan waktu yang diinginkan. Pada pengaplikasian dalam pengujian ini, pengujian dilakukan ketika sudah tidak terpasang panel surya atau tidak tersuplai langsung dari panel surya.

#### 4.3.1 Pengukuran Kapasitas Aki dan Total Daya yang Dikeluarkan oleh TV LG

Tabel 4.2 Pengukuran Daya Terhadap TV LG 32LD330

jam	Aki 12 V 45 Ah	TV LG “32LD330”		
	Tegangan (V)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)
20.48	12.2	214	0.3	63.6
21.48	12.0	210	0.3	63
22.48	11.8	215	0.3	64.5
23.48	11.6	219	0.3	65.7
09.25	11.3	220	0.3	66
10.25	11.1	217	0.3	65.1

Pada pengukuran yang dilakukan dalam percobaan ini. Pengukuran dilakukan disembarang waktu dengan berpacu pada rata-rata waktu yang digunakan untuk melihat TV dalam 1 hari. Aki yang digunakan adalah Aki 12 V 45 Ah, dan beban yang digunakan adalah TV LG 32LD330. Untuk spesifikasi pada TV LG 32LD330 setelah diukur menggunakan clamp meter, tegangan yang di ukur rata-rata 210-220 V dan arus yang terukur adalah 0.3 A. Jadi daya yang dikeluarkan oleh

TV ini adalah sekitar 63 – 66 W. Pengujian dilakukan dengan cara menghitung setiap 1 jam sekali selama 6 jam pemakaian dengan mengukur daya yang dihasilkan oleh TV tersebut dan kapasitas Aki yang dilepaskan oleh Aki terhadap beban. Hasil pengukuran TV LG 32LD330 terlihat pada tabel 4.2.

#### 4.3.2 Pengukuran Total Daya yang Dikeluarkan oleh Kipas Angin Remote Miyako

Tabel 4.3 Pengukuran Daya Terhadap Kipas Angin Remote Miyako

Jam		Aki 12V 45Ah		Kipas Angin Remote Miyako		
Mulai	Selesai	Tegangan (V)		Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)
		awal	akhir			
22.08	23.08	12.0	11.9	210	± 0.15	±31.5

Pengujian beban selanjutnya adalah kipas angin remote Miyako. Pengujian dilakukan untuk mengetahui daya yang dikeluarkan oleh beban, dan berapa lama kapasitas Aki dapat mensuplai beban ini. Untuk hasil dari pengukuran dan pengamatan penggunaan kipas angin remote Miyako dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

#### 4.3.3 Pengukuran Total Daya yang Dikeluarkan HP dan Laptop

Tabel 4.4 Pengukuran Kapasitas Pada Baterai HP dan Laptop

Merek HP & laptop	Kapasitas baterai (mAh)	Arus	tegangan	Lama pengisian dari kosong hingga penuh	Daya yang di hasilkan selama pengisian
Iphone 7+	2900	> 0.1	211	3 jam 38 menit	77.3
Iphone 3gs	1220	< 0.1	205	1 jam 49 menit	37.24
Laptop macbook 15 inch 2014	8640	0.4	216	1 jam 49 menit	156.96

Pengukuran yang dilakukan pada pengujian berikut ini adalah untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan masing-masing beban untuk men *charge* baterai yang disuplai oleh Aki dengan spesifikasi masing-masing beban.

Beban yang dipakai untuk pengujian ini adalah 1 laptop dan 2 HP yang masing-masing memiliki spesifikasi yang berbeda. Untuk spesifikasi beban dan hasil ukur pada pengujian ini dapat dilihat pada tabel 4.4.

#### 4.3.4 Pengukuran Total Daya yang Dikeluarkan Dispenser Miyako

Tabel 4.5 Pengukuran Daya Dispenser Miyako

Dispenser miyako						Waktu ketika pemanas menyala
Pemanas menyala			standby			
Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)	9 menit
220	1.1	242	205	< 0.1	20.5	

Pengujian selanjutnya adalah pada Dispenser Miyako. Pengukuran dilakukan dengan 2 kondisi, dimana kondisi saat Dispenser Miyako ketika pemanasnya menyala, dan dalam keadaan *standby*. Untuk daya yang dihasilkan oleh Dispenser dapat dilihat pada tabel 4.5.

#### 4.4 Pengambilan Data ketika Panel Surya Terpasang

Tabel 4.6 Pengukuran ketika Panel Surya Terpasang Dengan Beban di Siang Hari

Jenis beban	Rata-rata daya yang di hasilkan oleh panel surya	Daya/spesifikasi masing masing beban	Arus dari setiap beban	Daya yang dikeluarkan setiap beban	
TV LG	35 w	64 W	0.3	64 W	
Kipas angin miyako		31.5 W	± 0.15	31.5 W	
HP iphone 3gs		2900 mAh	0.1	22 W	
HP iphone 7+		1220 mAh	± 0.1	± 22 W	
Laptop macbook		8640 mah	0.3	66 W	
Dispenser Miyako		Pemanas ON	242 W	1.1	242 W
		Standby	20.5 W	< 0.1	20.5 W

Pengambilan data dilakukan ketika panel surya terpasang langsung yang dihubungkan dengan *solar charge controller* terhubung pada Aki kemudian terhubung pada *inverter* yang akhirnya pada beban. Proses pengambilan data pada pengujian ini dilakukan dengan mencoba dan mengamati setiap beban yang terhubung. Karena Aki dalam keadaan *charging* / sedang diisi oleh panel surya, maka beban yang diuji ketika terhubung akan mengurangi kapasitas Aki yang secara bersamaan sedang di *charging* melalui panel surya.

Beban yang digunakan dalam penelitian ini adalah TV, kipas angin remot, Dispenser, HP, laptop. Hasil dari pengujian ketika panel surya terpasang dapat dilihat pada tabel 4.6.

## 4.5 Analisis Dan Pembahasan

Analisa dan pembahasan akan dilakukan berdasar setiap data yang telah didapat dari hasil pengujian. Setiap hasil dan pengujian akan dilihat kesesuaian dengan indikator kinerja yang telah ditentukan.

### 4.5.1 Pengamatan Dari Hasil Panel Surya Selama 12 Jam

Pengamatan dilakukan pada tanggal 29 September 2018 yang berlokasi di Jalan Kaliurang Kilometer 14 Yogyakarta. Pengamatan dilakukan selama 12 jam dan dilakukan pengukuran 1 jam sekali mulai dari pukul 06.00 hingga pukul 18.00. Hasil pengamatan dalam sehari dapat dilihat pada tabel 4.1. Hasil pengamatan dilakukan dengan melihat nilai yang tertera pada *Watt meter* yang dipasangkan setelah panel surya. Dengan adanya *watt meter*, maka parameter yang muncul akan secara otomatis tertera dalam layar LCD pada *watt meter*.

Konsep pemasangan pada Watt meter adalah dengan menghubungkan kabel positif dan negatif yang berada di sebelah kiri (*source*) dengan kabel positif dan negatif pada panel surya. Setelah itu kabel positif dan negatif yang berada di sebelah kanan (*load*) dihubungkan pada *solar charge controller*. Cara kerja watt meter ini adalah ketika watt meter terpasang dengan panel surya, maka watt meter akan menampilkan hasil pada layar LCD. Hasil yang di tampilkan adalah P, I, V, Wp, Ap, Ah, Wh. Hasil akan di tampilkan secara teratur dari masing-masing parameter dengan delay waktu kurang lebih selama 3 detik. Ketika watt meter sedang menampilkan hasil dari P, maka hasil yang ditampilkan berikutnya akan muncul setelah delay waktu kurang lebih 3 detik. Dan setelah itu maka watt meter akan memunculkan hasil dari parameter selanjutnya.

Watt meter akan menampilkan hasil Wp dan Ap tertinggi pada hari itu. Ketika cuaca sedang terik dan panel surya menghasilkan Wp dan Ap yang tinggi. Maka hasil akan terus menampilkan nilai tertinggi sebelum keadaan cuaca lebih terik dari sebelumnya. Jika keadaan cuaca mengalami kenaikan panas yang lebih terik, maka watt meter akan menampilkan nilai Wp dan Ap terbaru dengan nilai yang lebih tinggi. Jika keadaan cuaca tidak mengalami kenaikan, maka watt meter akan terus menampilkan nilai yang sama.

Dapat dilihat pada tabel 4.1 tegangan pada setiap jam berbeda-beda, begitupun dengan parameter lainnya. Hal ini disebabkan karena parameter yang terukur oleh *Watt meter* tergantung oleh kondisi cuaca. Semakin terik sinar matahari akan semakin besar juga hasil yang didapat. Bisa dilihat tegangan tertinggi sebesar 12.87 V muncul pukul 12.00, maka arus tertinggi pun berada pada waktu yang sama sebesar 2.75 A dan dayanya sebesar 35.2 W. Kemudian Wp atau *Watt Peak* (daya puncak) terjadi ketika pukul 12.00. hal ini menunjukkan waktu daya tertinggi terukur pada pukul 12.00. Dari pukul 12.00 hingga cahaya matahari tidak terlihat lagi, angka menunjukkan pada



nilai 39.7 W. Maka, kondisi cuaca dari pukul 12.00 hingga pukul 18.00 tidak mengalami peningkatan/ kondisi cuaca terus meredup. Wp untuk panel surya yang digunakan pun adalah sebesar 50 Wp ketika dalam keadaan puncak/kondisi cuaca sedang terik sekali.

Kemudian Ap adalah arus puncak yang diterima oleh panel surya dari cahaya matahari. Ap tertinggi yang terukur oleh *watt meter* pada pukul 12.00 sebesar 3.10 A. Dari pukul 12.00 hingga pukul 18.00, panel surya tidak menangkap arus lebih tinggi lagi yang dikarenakan kondisi cuaca yang terus meredup.

Ah yang di tampilkan oleh *watt meter* adalah untuk menunjukkan total arus yang dihasilkan oleh panel surya yang tersimpan pada Aki. Dari pukul 06.00 hingga pukul 18.00, arus yang tersimpan sebanyak 14.85 Ah. Kemudian daya per jam atau energi yang disimpan dari pukul 06.00 hingga pukul 18.00 adalah sebanyak 179.0 Wh.

Dan untuk pengamatan pada Aki, pengamatan diuji pada Aki dari kondisi Aki dalam keadaan kosong. Pengamatan dapat dilihat pada tabel 4.1 dimana indikator tegangan yang dimunculkan oleh *solar charge controller* terus meningkat. Namun, pengujian terhadap Aki untuk mengetahui apakah Aki dapat terisi penuh dari kondisi Aki kosong tidak dapat mengisi Aki hingga penuh. Wh atau energi yang dihasilkan oleh panel surya pada saat pengujian selama kurang lebih 12 jam bernilai 179 Wh. Sedangkan kapasitas daya pada Aki adalah sebesar 540 Wh. Maka jika dipersenkan, Aki hanya ter *charge* sebesar 41.43 %. Tentunya hal ini disebabkan oleh faktor cuaca, karena pengujian di lakukan pada bulan September, dimana bulan September termasuk musim hujan di Indonesia. Ketika pengamatan dilakukan, kondisi cuaca sangat sering teduh/mendung. Maka hasil *charging* dari panel surya tidak maksimal.

#### **4.5.2 Analisis Untuk Daya yang Dikeluarkan Masing-Masing Beban**

Beban daya yang dikeluarkan oleh beban TV LG 32LD330 setiap 1 jam rata-rata sebesar 64 Wh. Arus yang dikeluarkan mengalami perbedaan ketika TV tidak tercolok dengan antena. Arus ketika tercolok antena saat diukur menunjukkan angka  $\pm 0.3$  A. Ketika pengujian dilakukan tanpa menggunakan antena dengan kondisi TV menyala, arus yang terukur menurun menjadi 0.2 A. Tegangan dan arus diukur menggunakan *clamp meter* per 1 jam. Kondisi ini mempengaruhi kapasitas pada Aki. Dapat dilihat pada tabel 4.1 setiap 1 jam indikator tegangan Aki mengalami penurunan sebesar 0.2 V. Aki digunakan dalam keadaan hampir penuh, karena Aki sempat digunakan untuk mengecek apakah alat dapat berjalan dengan baik atau tidak. Ketika pengujian terhadap TV dilakukan selama 6 jam, Aki habis ketika pengujian dilakukan di jam ke 6. Pada kasus ini, Aki yang digunakan adalah 12 V 45 Ah, maka daya yang didapat adalah sebesar 540 Wh. Namun, Aki memiliki efisiensi sebesar 80%. Maka kapasitas pada Aki yang

sesungguhnya adalah 432 Wh. Berdasarkan persamaan (2.2) maka lama waktu Aki dapat mensuplai beban TV LG 32LD330 dengan daya 64 W kurang lebih 6 jam 45 menit.

Beban selanjutnya adalah kipas angin. Setelah diukur, kipas angin mengeluarkan arus kurang lebih sebesar 0.15 A dengan tegangan sebesar 210 V. Daya yang dihasilkan oleh kipas angin Miyako ini sebesar 31.5 W. Berdasarkan persamaan (2.2) maka lama waktu Aki dapat mensuplai beban kipas angin Miyako dengan daya 31.5 W kurang lebih 13 jam 42 menit.

Kemudian beban selanjutnya adalah pengujian terhadap 2 HP dan 1 Laptop. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa kali kapasitas Aki dapat men *charge* masing-masing beban. Pada beban HP iphone 7+ dengan kapasitas baterai sebesar 2900 mAh dengan arus kurang lebih 0.1 A dan tegangan sebesar 211 V. Lama pengisian pada HP Iphone 7+ ini adalah selama 3 jam 38 menit dari kondisi HP kosong hingga baterai penuh. Total daya yang dihasilkan oleh HP Iphone 7+ adalah sebesar 76.66 W. Berdasarkan persamaan (2.2) maka kapasitas Aki dapat men *charge* HP Iphone 7+ kurang lebih sebanyak 5 sampai 6 kali *charging* dari kondisi 0% hingga 100%

Untuk HP Iphone 3gs dengan kapasitas baterai 1220 mAh dengan arus  $< 0.1 A$  dan tegangan sebesar 215 V yang di *charge* dari kondisi kosong hingga penuh selama 1 jam 49 menit. Total daya yang dihasilkan oleh HP Iphone 3gs adalah sebesar 37.24 W. Berdasarkan persamaan (2.2) maka kapasitas Aki dapat men *charge* HP Iphone 7+ kurang lebih sebanyak 11 sampai 12 kali *charging* dari kondisi 0% hingga 100%

Kemudian beban selanjutnya adalah laptop Macbook Pro 15 inch yang memiliki kapasitas baterai sebesar 8640 mAh. Laptop tersebut memiliki arus sebesar 0.4 A dan tegangan terukur sebesar 216 V. Lama pengisian pada laptop tersebut adalah 1 jam 49 menit. Berdasarkan persamaan (2.2) maka kapasitas Aki dapat men *charge* HP Iphone 7+ kurang lebih sebanyak 2 sampai 3 kali *charging* dari kondisi 0% hingga 100%

Untuk pengukuran terhadap Dispenser Miyako, ada 2 kondisi saat melakukan pengukuran. Pengukuran ketika Dispenser sedang dalam keadaan pemanasnya menyala. Pemanas pada dispenser miyako yang telah diuji membutuhkan waktu memanaskan selama 9 menit dari awal dispenser dinyalakan. Dan ketika sudah 9 menit, dispenser dalam keadaan *standby*. Tegangan terukur adalah 210 V, arus ketika pemanas On sebesar 1.1 A. Dan ketika dalam keadaan *standby* arus terukurnya kurang dari 0.1 A. Maka untuk beban Dispenser ini, daya yang dikeluarkan selama

per jam tergantung pemakaian. Tapi jika di asumsikan dalam sejam pemanasan air dalam dispenser selama 9 menit dan sisanya dalam keadaan *standby*. Total daya untuk dispenser selama 9 menit dan 51 menit dalam keadaan *standby* adalah sebesar 52.5 W. Berdasarkan persamaan (2.2) maka kapasitas Aki dapat mensuplai Dispenser dengan asumsi pemanasan air dalam dispenser menyala selama 9 menit dan 51 menit dalam keadaan *standby* kurang lebih selama 8 jam 13 menit,

#### **4.5.3 Pengamatan pada Beban ketika Panel Surya Terpasang**

Pada hasil pengujian ketika panel surya sedang terpasang dan tersinari oleh matahari kemudian diberikan beban dapat dilihat pada tabel 4.6. Pengukuran beban ketika panel surya sedang terpasang dilakukan oleh beberapa beban. Pengukuran terlihat dari rata-rata daya yang dihasilkan oleh panel surya. Setiap beban yang diuji telah diketahui berapa daya yang dapat dikeluarkan dalam 1 jam jika dilihat pada tabel 4.6. Daya pada beban yang dapat digunakan ketika panel surya terpasang adalah untuk penggunaan *charging* terhadap HP Iphone 7+ dan HP Iphone 3gs. Hal ini disebabkan karena rata-rata daya yang dihasilkan oleh panel surya ketika siang hari sebesar 35 W. Tentu kondisi dimana panel surya dapat mengimbangi daya yang dikeluarkan oleh beban adalah daya beban yang lebih kecil dari rata-rata daya yang dihasilkan oleh panel surya. Jika kondisi Aki baru mulai di *charge*, maka beban yang dapat tersuplai langsung dari panel surya adalah daya pada beban yang lebih rendah dari rata-rata daya yang dihasilkan oleh panel surya. Tetapi jika kondisi Aki terisi, maka beban yang lain masih akan tetap bisa digunakan. Hanya perbedaan dari pengujian ketika panel surya terlepas adalah dari pengurangan kapasitas Aki. Ketika panel surya tidak terpasang, maka Aki menjadi sumber untuk beban yang terpasang. Dan ketika panel surya terpasang, maka pengurangan daya pada Aki yang disebabkan oleh beban akan sedikit berkurang tergantung cuaca, ketika cuaca sedang terik maka kapasitas pada Aki berkurang lebih lambat daripada ketika kondisi cuaca sedang mendung.

#### **4.5.4 Pengamatan ketika Beberapa Beban Terpasang Bersamaan**

Ketika beberapa beban terpasang bersamaan, maka hasil dari pengukuran daya yang dihasilkan oleh masing-masing beban yang terhubung bersamaan adalah bermacam-macam. Jika pengukuran dilakukan tanpa melewati batas maksimum daya yang dapat dihasilkan oleh inverter, maka beban akan tetap tersuplai oleh Aki. Inverter yang digunakan adalah 300 W dengan efisiensi sebesar 90 %. Maka daya inverter sesungguhnya adalah 270 W. Dengan demikian, jika beberapa beban dijalankan secara bersamaan melebihi kapasitas inverter, maka inverter akan terbakar. Oleh karena itu, untuk memastikan apakah beban dapat dijalankan bersama-sama diperlukan pengecekan spesifikasi terlebih dahulu. Jika jumlah daya yang dihasilkan oleh beberapa beban

tersebut masih di bawah batas maksimal inverter, maka beban akan tetap berjalan. Karena pemasangan beban menggunakan rangkaian paralel, maka arus dari beberapa beban akan dijumlahkan kemudian dikalikan dengan tegangan 220 V. Seperti contoh charging HP Iphone 7+ dengan arus terukur sebesar 0.1 A dan charging Laptop dengan arus terukur sebesar 0.4 A. Maka jika dijumlahkan daya yang dihasilkan oleh kedua beban tersebut sebesar 110 W. Jadi beban akan tetap berjalan seperti biasa.

Pengujian dilakukan dengan mengukur beberapa beban lain nya secara bersamaan. Beban yang di jalankan secara bersamaan adalah TV, Kipas angin, Dispenser, charge HP dan charge laptop. Seperti pada pengujian di atas, pengukuran hanya perlu mengukur masing-masing arus dan tegangan pada setiap beban. Setelah beban di jalankan secara bersamaan, keadaan TV sedang menyala. Kemudian keadaan Dispenser sedang dalam keadaan *standby*. Kipas angin dinyalakan, kemudian HP dan Laptop dilakukan charging secara bersamaan. Setelah di ukur menggunakan clamp meter, arus dan tegangan pada masing-masing beban adalah

Tabel 4.7 Pengukuran Beban Secara Bersamaan

Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
TV LG	220	0.3	66
Kipas angin Miyako	220	0.15	33
HP Iphone 3gs	220	0.1	22
HP Iphone 7+	220	0.1	22
Laptop Macbook	220	0.3	66
Dispenser Miyako (Off)	220	0.1	22

Seperti pada pengukuran di atas, nilai arus terukur di jumlahkan. Total arus pada beban yang di uji di atas adalah sebesar 1.05 A. kemudian didapatkan hasil daya sebesar 231 W. Berdasarkan persamaan (2.2) maka kapasitas Aki dapat mensuplai beban dengan daya sebesar 231 W kurang lebih selama 1 jam 52 menit.

Pengujian selanjutnya dilakukan untuk mencoba menguji beban dengan hampir mendekati kemampuan maksimum pada inverter. Daya maksimum inverter ini sebesar 270 W dan arus maksimum inverter ini sebesar 1.22 A. Sehingga percobaan dilakukan dengan menguji Dispenser sedang dalam keadaan ON (pemanasnya menyala) dan charging HP Iphone 7+. Setelah diukur menggunakan clamp meter, arus dan tegangan pada masing-masing beban adalah

Tabel 4.8 Pengukuran Beban Dispenser dan HP Iphone7+

Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Dispenser Miyako (ON)	220 V	1.1	242
Charging HP Iphone 7+	220 V	0.1	22

Seperti pada pengukuran di atas, nilai arus terukur di jumlahkan. Total arus pada beban yang di uji di atas adalah sebesar 1.2 A. Kemudian didapatkan hasil daya sebesar 264 W. Tetapi daya yang terukur hanya bertahan selama 9 menit karena pemanas Dispenser hanya membutuhkan waktu kurang lebih selama 9 menit untuk memanaskan airnya. Setelah air sudah panas, maka dispenser akan dalam keadaan *standby*. Dispenser dalam keadaan stanby memiliki arus 0.1 A, sehingga jika di asumsikan pemanas menyala selama 1 jam penuh. Maka berdasarkan persamaan (2.2) kapasitas Aki dapat mensuplai beban secara bersamaan dengan total daya sebesar 264 W adalah kurang lebih selama 1 jam 38 menit.

Dari 2 pengujian di atas, percobaan pertama adalah dengan mencoba semua alat yang telah di uji untuk dijalankan secara bersamaan. Dan ketika di uji, semua beban dapat tersuplai oleh inverter dan kapasitas Aki dapat mensuplai listrik selama kurang lebih 1 jam 52 menit. Untuk percobaan pertama, keadaan Dispenser dalam keadaan off karena jika dalam keadaan ON, maka total arus beban akan melebihi nilai arus maksimal dari Inverter.

Untuk pengujian kedua dilakukan dengan menguji beban Dispenser dengan keadaan ON (pemanasnya menyala) dan charging HP Iphone 7+. Total arus yang terukur sebesar 1.22 A dan daya terukurnya sebesar 264 W. Pada percobaan ini, pemanas Dispenser hanya menyala selama kurang lebih 9 menit. Maka dari itu jika di asumsikan Dispenser menyala selama 1 jam, maka Aki dapat mensuplai beban selama 1 jam 38 menit. Pada percobaan kedua ini, nilai arus dan daya yang terukur sudah sangat mendekati nilai maksimum dari Inverter.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Hasil pengujian dan pengukuran yang telah dibuat telah sesuai dengan indikator kinerja yang telah ditentukan. Pengukuran terhadap panel surya dalam pengisian Aki yang dilakukan di bulan September pada tanggal 29-30 kurang maksimal karena kondisi cuaca yang cenderung selalu mendung.
2. Rata-rata daya yang dihasilkan panel surya selama 12 jam dalam sehari adalah sebesar 179 Wh. Sedangkan kapasitas pada Aki yang digunakan sebesar 432 Wh atau hanya terisi 41.43 % saja.
3. Kemudian pengukuran setiap beban untuk mengetahui berapa daya yang dikeluarkan beban per jam dan berapa kali kapasitas Aki mampu menyuplai beban telah sesuai dengan indikator kinerja yang telah ditentukan.

#### **5.2 Saran**

1. Perancangan yang digunakan masih menggunakan spesifikasi yang kurang, seperti ketika melakukan pengukuran arus AC sehingga dalam melakukan pengujian cukup sulit dalam menentukan arus terukur secara akurat untuk beban yang biasa digunakan seperti Dispenser, kipas angin, TV dan lain-lain.
2. Pengukuran dilakukan dengan alat yang kurang spesifik, seperti clamp meter yang hanya memunculkan 1 angka di belakang koma.
3. Perancangan hanya menggunakan masing masing 1 buah alat untuk dilakukan perangkaiannya. Sehingga diharapkan untuk melakukan perancangan dengan menggunakan sistem pemasangan secara seri seperti pada panel surya dan pada Aki.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. T. Mesin, F. T. Industri, and U. Trisakti, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti," pp. 1–11, 2016.
- [2] T. T. Gultom, "Pemanfaatan Photovoltaic sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Immanuel Medan*, vol. 2, no. 5, pp. 33–42, 2015.
- [3] B. Angriawan, F. Teknik, J. Teknik, and U. Muhammadiyah, "PEMBASMI HAMA MENGGUNAKAN GELOMBANG ULTRASONIC DENGAN MEMANFAATKAN PANEL SURYA ( SOLAR CELL )." pp. 6–7, 2015.
- [4] R. Swami, "Solar Cell," vol. 2, no. 7, pp. 1–5, 2012.
- [5] J. Heri, "Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Cell Kapasitas 50 WP," *Engineering*, vol. 4, No 1, pp. 47–55, 2012.
- [6] N. ADITIYAN, "KARAKTERISASI PANEL SURYA MODEL SR-156P-100 BERDASARKAN INTENSITAS CAHAYA MATAHARI Oleh NORA ADITIYAN Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar SARJANA TEKNIK Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung FAKULTAS TEKNIK ABS." p. 120, 2015.
- [7] A. K. Singh, A. K. Agrawal, S. Vohra, S. S. Thakur, and G. Patel, "Solar charge controller," *Int. J. Acad. Res. Dev.*, vol. 2, no. 6, pp. 994–1001, 2017.
- [8] M. J. Setiawan, "baterai," *Univ. Malikussaleh Lhokseumawe*, vol. 4, no. 8, pp. 4–20, 2010.
- [9] D. S. Mintorogo, "Strategi Aplikasi Sel Surya ( Photovoltaic Cells ) Pada Perumahan Dan Bangunan Komersial," *Dimens. Tek. Arsit.*, vol. 28, no. 2, pp. 129–141, 2000.
- [10] A. Hasyim Asy'ari, Jatmiko, "Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya," *Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluar. Panel Sel Surya*, vol. 3, no. 4, pp. 52–57, 2012.
- [11] F. Z. Ardhi, "Rancang Bangun Charge Controller Pembangkit Listrik Tenaga Surya." pp. 21–22, 2011.
- [12] I. Setiono, "Akumulator, pemakaian dan perawatannya," *UNDIP E-Jurnal*, vol. 11, no. 01, pp. 31–36, 2015.
- [13] R. M. Hamid *et al.*, "Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhanan," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 4, no. 2, pp. 130–136, 2016.
- [14] M. T. Afif, I. Ayu, and P. Pratiwi, "Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion , Lithium-Polymer , Lead Acid Dan Nickel-Metal Hydride Pada Penggunaan Mobil Listrik - Review," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 95–99, 2015.
- [15] U. Indonesia, F. Teknik, P. Studi, and T. Elektro, "Rancang bangun inverter 12v dc ke 220v ac dengan frekwensi 50hz dan gelombang keluaran sinusoidal skripsi." p. 14, 2010.
- [16] A. Pidaksa, "Wattmeter Digital Ac Berbasis Mikrokontroler Atmega8," 2013.

## LAMPIRAN

Data pengamatan panel surya yang di ambil tanggal 30 september 2018

Jam	Panel Surya								Aki
	V	I	P	Wp	Ah	Ap	Wh	Vm	Tegangan (V)
06.00	12.07	0.31	3.4	3.8	0.026	0.32	0.3	10.53	11.8
07.00	12.26	0.88	10.7	12	0.390	0.92	4.7	12.12	12.1
08.00	12.44	1.54	19.1	19.1	1.493	1.54	18.1	12.12	12.2
09.00	12.61	2.15	27	27.1	3.223	2.15	40.0	12.12	22.4
10.00	12.77	2.44	31.4	35	5.545	2.74	69.4	12.12	12.6
11.00	12.87	2.87	37.4	41.3	7.163	3.20	89.9	12.12	12.5
12.00	12.92	2.70	35.7	42.4	9.393	3.28	118.7	12.12	12.8
13.00	13.00	2.65	34.9	42.4	11.534	3.28	146.8	12.12	12.8
14.00	12.93	0.93	11.9	42.4	13.041	3.28	156.7	12.12	12.8
15.00	12.73	0.25	3.5	42.4	13.780	3.28	175.1	12.12	12.5
16.00	12.72	0.25	3.3	42.4	14.006	3.28	177.9	12.12	12.5
17.00	12.72	0.18	1.5	42.4	14.282	3.28	181.4	12.12	12.5
18.00	0	0	0	42.4	14.330	3.28	181.91	12.12	12.4