

# PEMBUATAN MODUL PRATIKUM SOLAR CELL



## PROPOSAL TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat Guna Menyelesaikan Studi Pada Program

Pendidikan Diploma Tiga Teknik Listrik

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang

Oleh

**MUH. IRFAN HARTOYO**      **ARDHIANSYAH HAFID**

321 11 012

321 10 046

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2014**

## LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul “PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM SOLAR CELL” oleh Muh. Irfan Hartoyo (321 11 012) dan Ardhiyansyah Hafid (321 10 046) telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga pada Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 08 November 2014

Mengesahkan,

Pembimbing I,



**H. Ruslan L, S.T., M.T.**  
NIP 19640918 199003 1 002

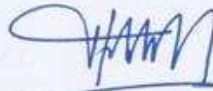
Pembimbing II,



**Bakhtiar, S.T., M.T.**  
NIP 19700323 199603 1 002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



**Ibrahim Abduh, S.ST., M.T.**  
NIP 19680514 199303 1 001

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI  
PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

Judul Proyek Akhir : PEMBUATAN MODUL PRAKTIKUM SOLAR  
CELL

Nama Mahasiswa : Muh. Irfan Hartoyo (321 11 012)  
Ardhiyansyah Hafid (321 10 046)

Program Studi : Teknik Listrik

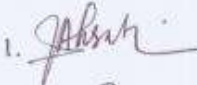




Jurusan : Teknik Elektro

Proyek Akhir ini telah dipertanggung jawabkan di depan tim penguji pada:

Hari/Tanggal : Jum'at, 07 November 2014

Pukul : 10.00 - Selesai

Tempat : Lab. Pengaman dan Mesin-Mesin

<b>Susunan Tim Penguji</b>	<b>Jabatan</b>	<b>Tanda Tangan</b>
1. Ir. Satriani Said, S.T., M.T.	Ketua	1. 
2. Nirwan A. Noor, S.ST.	Sekretaris	2. 
3. Andi Wawan Indrawan, S.ST., M.Eng.	Anggota	3. 
4. Hamdani S.T., M.T.	Anggota	4. 
5. H. Ruslan L, S.T., M.T.	Pembimbing I	5. 
6. Bakhtiar, S.T., M.T.	Pembimbing II	6. 

## ABSTRAK

**Muh. Irfan Hartoyo dan Ardhiyansyah Hafid, Pembuatan Modul Praktikum Solar Cell, H. Ruslan L, S.T., M.T. dan Bakhtiar, S.T., M.T.**

Penggunaan energi fosil sebagai bahan bakar pembangkit listrik tidak lagi efektif melihat ketersediannya makin sedikit. Solar cell adalah alat untuk mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik merupakan tren masa kini untuk digunakan. Pembuatan modul ini agar dapat diketahui apa saja yang mempengaruhi hasil keluaran dari solar cell.

Metode pengambilan data dilakukan dengan menempatkan panel surya langsung mengenai cahaya matahari lalu mengukur keluaran dari panel surya yaitu tegangan dan arus, serta suhu lingkungan, radiasi cahaya matahari dan intensitas cahaya matahari (lux). Kemudian mengukur tegangan dan arus pada kondisi suhu panel surya dingin dan setelah 10 menit terkena sinar matahari. Pengukuran selanjutnya menggunakan cahaya lampu sorot untuk menyinari panel surya, mengukur tegangan, arus, radiasi dan intensitas cahaya lampu sorot. Tak lupa pula mengukur arus dan tegangan setelah dirangkai ke beban yang terhubung menggunakan batteray control unit (BCU), baterai, inverter, beban AC dan DC.

Dari data yang didapat menunjukkan bahwa tegangan dan arus maksimum 20,39 volt dan 0,56 ampere akan dihasilkan pada siang hari sekitar pukul 11.00-13.00. Kemudian pada kondisi suhu dingin didapati tegangan dan arus 21,54 volt dan 0,57 ampere. Setelah 10 menit tegangan dan arusnya menjadi 19,87 volt dan 0,45 ampere. Hasil lain menggunakan lampu sorot yaitu 20,13 volt dan 0,17 ampere dengan radiasi dan intensitas cahaya lampu sorot yaitu 1.000 Watt/m<sup>2</sup> dan 10.200 Lux. Ini membuktikan tegangan keluaran dipengaruhi oleh suhu dan arus keluaran dipengaruhi oleh intensitas cahaya.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Swt. berkat rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga Tugas Akhir dengan judul **“Pembuatan Modul Praktikum Solar Cell”** ini dapat diselesaikan. Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan pendidikan D3 pada Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Penulis menyadari bahwa dalam proses awal hingga selesainya Tugas Akhir ini, banyak sekali hambatan atau kendala yang dihadapi. Namun kesemuanya itu dapat diatasi dengan berbagai upaya berkat bantuan serta dukungan moral maupun material dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tak langsung. Oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada:

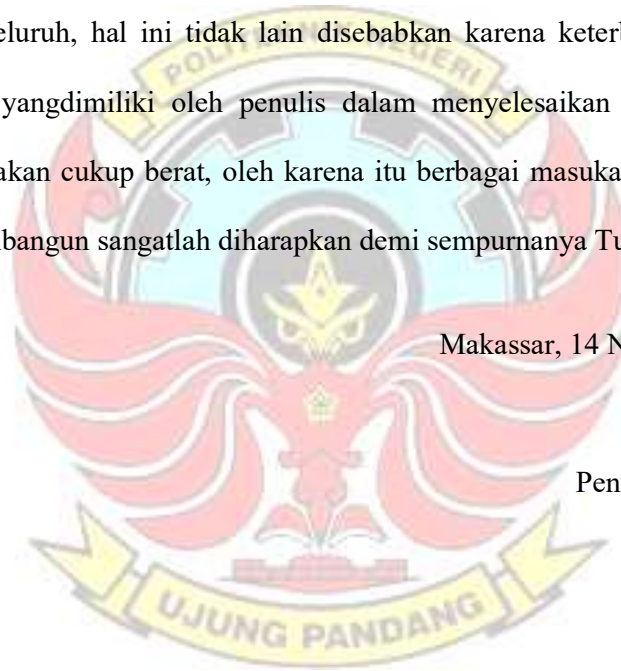
1. Bapak Dr. Ir. Hamzah Yusuf, M.s selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Bapak Ibrahim Abduh, S.ST., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Hamdani S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak H. Ruslan L, S.T., M.T. dan Bapak Bakhtiar, S.T., M.T. selaku pembimbing dalam Tugas Akhir ini.
5. Para Dosen dan Staf pengajar Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah membagi ilmunya selama kami melaksanakan pendidikan.

6. Orang tua dan seluruh anggota keluarga atas doa dan dukungannya selama ini.
7. Teman-teman seperjuangan dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Sebagai manusia biasa penulis sangat menyadari bahwa Tugas Akhir yang sederhana ini masih banyak terdapat kekeliruan dan masih memerlukan perbaikan secara menyeluruh, hal ini tidak lain disebabkan karena keterbatasan ilmu dan kemampuan yang dimiliki oleh penulis dalam menyelesaikan tugas yang bagi penulis dirasakan cukup berat, oleh karena itu berbagai masukan dan saran yang sifatnya membangun sangatlah diharapkan demi sempurnanya Tugas Akhir ini.

Makassar, 14 November 2014

Penulis





## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Batasan Masalah .....	2
D. Tujuan .....	2
E. Manfaat .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
A. Sel Surya .....	4
1. Karakteristik Sel Surya .....	5
B. Battery (Aki) .....	7
1. Proses Aki Mengeluarkan Arus .....	8
2. Proses Aki Menerima Arus .....	8
C. Inverter .....	9
D. BCU berbasis MPPT (Maximum Power Point Tracking) .....	11
E. Panel Kontrol Listrik .....	14

F. MCB (Miniatur Circuit Breaker) .....	15
G. Terminal Blok .....	16
H. Kabel .....	17
1. Kabel NYM .....	17
2. Kabel NYA .....	18
I. Alat Ukur .....	19
1. Lux Meter .....	20
2. Irradiance Meter .....	21
3. AVO Meter .....	22
J. Saklar Dimmer .....	22
K. Beban .....	23
1. Lampu LED .....	24
2. Lampu Pijar .....	24
3. Lampu Sorot .....	25
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
A. Tempat dan Waktu Pelaksanaan .....	26
B. Metode Perancangan .....	26
1. Tahap Persiapan .....	26
2. Tahap Perancangan .....	26
3. Tahap Pengujian .....	27
C. Desain Alat .....	28
D. Alat Dan Bahan Yang Digunakan .....	31
1. Alat yang digunakan .....	31
E. Prosedur Perancangan .....	33
1. Persiapan alat dan penyediaan bahan .....	33
2. Perancangan dan pembuatan alat .....	34
F. Teknnik Pengolahan Atau Analisis Data .....	35
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
A. Hasil .....	36
1. Prinsip kerja alat .....	36
2. Hasil pengujian alat .....	37



a. Pengujian Panel Surya .....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	50
A. Kesimpulan .....	55
B. Saran .....	56
DAFTAR PUSTAKA .....	57



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sel Surya .....	4
Gambar 2.2 simbol Sel Surya .....	5
Gambar 2.3 karakteristik I-V .....	6
Gambar 2.4 titik operasi sel surya ke beban .....	7
Gambar 2.5 Aki .....	7
Gambar 2.6 inverter .....	9
Gambar 2.7 symbol inverter .....	9
Gambar 2.8 prinsip kerja inverter 1 phasa .....	10
Gambar 2.9 bentuk gelombang tegangan .....	11
Gambar 2.10 BCU MPPT .....	12
Gambar 2.11 panel listrik .....	14
Gambar 2.12 MCB .....	16
Gambar 2.13 simbol MCB .....	16
Gambar 2.14 Line Up Terminal .....	17
Gambar 2.15 kabel NYM .....	18
Gambar 2.16 kabel NYA .....	19
Gambar 2.17 Lux Meter .....	21
Gambar 2.18 Irradiance Meter .....	21
Gambar 2.19 AVO Meter .....	22
Gambar 2.20 Saklar Dimmer .....	23
Gambar 2.21 Simbol Saklar Dimmer .....	23
Gambar 2.22 lampu LED .....	24

Gambar 2.23 Lampu Pijar . . . . .	24
Gambar 2.24 Lampu Sorot . . . . .	25
Gambar 3.1 Desain Alat Tampak Depan . . . . .	28
Gambar 3.2 Desain Alat Tampak Belakang . . . . .	29
Gambar 3.3 Desain Alat Tampak Samping . . . . .	30
Gambar 3.4 Prosedur Perancangan . . . . .	33
Gambar 3.5 <i>flowchart</i> Pelaksanaan Perancangan . . . . .	34
Gambar 4.1 Ilustrasi Pengujian Panel Surya . . . . .	38
Gambar 4.2 Rangkaian Pengukuran Panel Surya . . . . .	38
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan . . . . .	44
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengukuran Arus . . . . .	44
Gambar 4.5 Ilustrasi Pengujian Panel Surya Dengan Beban . . . . .	46
Gambar 4.6 Rangkaian Pengukuran Panel Surya Dengan Beban . . . . .	46
Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Suhu Terhadap Tegangan . . . . .	50
Gambar 4.8 Grafik Pengukuran Radiasi Terhadap Arus . . . . .	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Daftar Alat .....	31
Tabel 4.1 Data Spesifikasi Panel Surya . .....	37
Tabel 4.1 Pengukuran Arus Dan Tegangan .....	39
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Daya . .....	42
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Daya . .....	42
Tabel 4.4 Pengukuran I,P,V, Dengan Beban .....	47
Tabel 4.5 Suhu Terhadap Tegangan Dan Arus Terhadap Arus .....	49
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Daya Dengan Lampu Sorot . ....	51
Tabel 4.7 pengukuran dengan radiasi 200,400,600,800,1000 .....	53



## DAFTAR LAMPIRAN

- Gambar Alat Tampak Depan
- Gambar Alat Tampak Samping
- Gambar Alat Tampak Belakang
- Data Sheet Sel Surya Polycrystalline
- Inverter
- Aki
- Battery Control Unit ( BCU ) MPPT
- Pengukuran arus (I),tegangan (V),Radiasi ( $W/m^2$ ), Intensitas cahaya, Suhu ( $^{\circ}C$ )
- Job Sheet Modul Praktikum Solar Cell



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Energi listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan, di mana energi listrik merupakan kebutuhan primer pada era globalisasi ini. Hampir semua aktivitas manusia berhubungan dengan listrik. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan peningkatan populasi penduduk Indonesia maka permintaan akan listrik juga meningkat. Namun ketersediaan energi fosil sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik di Indonesia kian menipis yang apabila menunggu proses terbentuknya kembali di alam membutuhkan waktu yang sangat lama, disamping itu saat ini masih ada wilayah yang belum tersentuh aliran listrik. Oleh karena itu penggunaan energi non-fosil atau energi terbarukan perlu diperkenalkan ke masyarakat.

Cahaya matahari merupakan salah satu energi non-fosil yang tidak terbatas yang sejauh ini pemanfaatannya masih belum optimal khususnya di Indonesia sendiri. Padahal Indonesia merupakan Negara tropis karena dilalui garis khatulistiwa sehingga kita dapat memanfaatkan sinar matahari secara maksimal dengan menggunakan perangkat yaitu solar cell yang dapat mengkonversi energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik.

Berdasarkan latar belakang inilah penulis mengambil solar cell sebagai pembahasan dalam tugas akhir dengan judul **“Pembuatan Modul Praktikum Solar Cell.”**



## **B. Rumusan Masalah**

1. Apa saja yang mempengaruhi hasil keluaran dari solar cell?
2. Bagaimana perancangan solar cell sebagai modul praktikum?

## **C. Batasan Masalah**

Pembatasan masalah dalam pembuatan tugas akhir ini adalah pada perancangan solar cell sebagai modul praktikum, serta peralatan-peralatan pendukung lainnya yaitu battery control unit (BCU), inverter, baterai, beban AC & DC.

## **D. Tujuan**

Tujuan proyek akhir ini yaitu :

1. Untuk mengetahui hal apa saja yang mempengaruhi besar-kecil keluaran dari solar cell.
2. Untuk merancang sebuah modul praktikum solar cell beserta peralatan pendukungnya.

## **E. Manfaat**

Manfaat dari proyek akhir ini agar dapat membantu mahasiswa untuk memahami teori yang dipelajari dikelas melalui praktikum di laboratorium. Dan juga memahami karakteristik solar cell sehingga bisa menentukan solar cell yang akan digunakan disesuaikan dengan kondisi cuaca dan jumlah yang dibutuhkan

disesuaikan seberapa besar daya yang terpakai, begitu pula peralatan-peralatan pendukungnya.



## BAB II

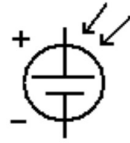
### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Sel Surya

Sel surya adalah sebuah alat yang tersusun dari material semikonduktor yang dapat mengubah sinar matahari menjadi tenaga listrik secara langsung. Sering juga dipakai istilah photovoltaic atau fotovoltaik. Sel surya pada dasarnya terdiri atas sambungan p-n yang sama fungsinya dengan sebuah dioda. Sederhananya, ketika sinar matahari mengenai permukaan sel surya, energi yang dibawa oleh sinar matahari ini akan diserap oleh elektron pada sambungan p-n untuk berpindah dari bagian dioda p ke n dan untuk selanjutnya mengalir ke luar melalui kabel yang terpasang ke sel. Contoh sel surya dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Sel surya

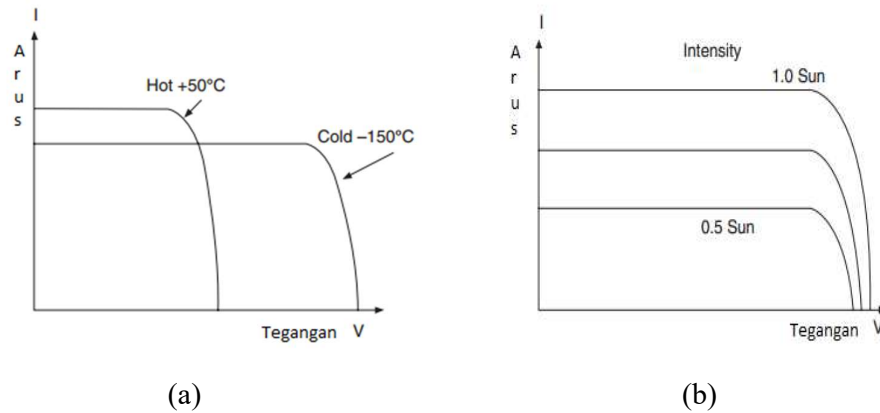


Gambar 2.2 Simbol sel surya

Cara kerja sel surya yaitu bila dikenakan pada sinar matahari, maka timbul yang dinamakan electron dan hole. Electron – electron dan hole – hole yang timbul disekitar p-n junction bergerak berturut – turut kearah lapisan n dan kearah lapisan p. Sehingga pada saat electron – electron dan hole – hole itu melintasi p-n junction, timbul beda potensial pada kedua ujung sel surya. Jika pada kedua ujung sel surya diberi beban maka akan timbul arus listrik yang mengalir melalui beban. Bahan dan cara kerja yang aman terhadap lingkungan mejadikan sel surya sebagai hasil salah satu teknologi pembangkit listrik yang efisien bagi sumber energi alternatif masyarakat di masa depan.

### 1. Karakteristik Sel Surya

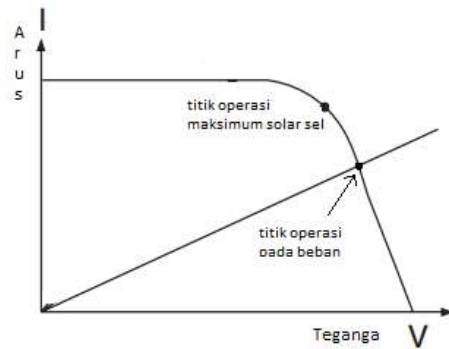
Sel surya / photovoltaic merupakan perangkat semikonduktor yang memiliki karakteristik arus (I) dan tegangan (V) output yang tidak linear. Ketika cahaya diterima pada permukaan sel surya, arus akan dibangkitkan sebanding dengan tingkat intensitas cahaya yang diterima dan disaat yang sama tegangan DC pun akan muncul. Oleh sebab itu sel surya disebut sebagai sumber arus. Jika tegangan yang dibangkitkan terlalu besar maka arusnya akan menurun, mirip dengan karakteristik dioda.



Gambar 2.3 Karakteristik I-V pada radiasi yang konstan, suhu yang berubah-ubah (a), dan radiasi yang berubah-ubah, suhu yang konstan (b)

Arus yang dihasilkan sel surya sangat bergantung pada iradiasi yang diterima, dimana semakin tinggi iradiasi yang diterima semakin tinggi arus yang dihasilkan. Sedangkan tegangannya dipengaruhi oleh suhu, dimana semakin tinggi suhunya semakin rendah tegangan pada terminal sel surya.

Selain karakteristik I-V yang dimiliki, sel surya juga memiliki karakteristik unik dimana ketika sel surya dihubungkan langsung ke beban, titik operasi dari sistem akan jatuh pada titik perpotongan antara kurW karakteristik I-V pada sel surya dan kurW karakteristik pada beban. Seperti yang terlihat pada gambar 2.4. Umumnya ini bukanlah titik daya maksimum atau *maximum power point* (MPP) dari yang dihasilkan sel surya. Akhirnya untuk memecahkan masalah ini dibutuhkan kapasitas sel surya array yang lebih besar agar dapat memenuhi kebutuhan daya beban yang berujung dana yang dikeluarkan lebih besar.



Gambar 2.4 Titik dari operasi sel surya yang terhubung langsung ke beban

Oleh sebab itu MMPT sangat diperlukan pada sistem sel surya untuk mengatasi karakteristik sel surya tersebut.

## B. Battery (aki)

Battery adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi (umumnya energi listrik) dalam bentuk energi kimia. Contoh-contoh baterai adalah aki dan kapasitor. Aki termasuk dalam sel sekunder, artinya sel ini dapat dimuati ulang ketika muatannya habis. Ini karena reaksi kimia dalam sel dapat dibalikkan arahnya. Jadi sewaktu sel dimuati, energi listrik diubah menjadi energi kimia, dan sewaktu sel bekerja, energi kimia diubah menjadi energi listrik.



Gambar 2.5 Aki ( Dokumentasi Peralatan )



Jenis aki yang digunakan adalah aki kering seperti yang terlihat pada gambar 2.5, adapun cara kerja aki kering sebagai berikut :

### **1. Proses aki mengeluarkan arus**

Pada saat baterai dalam keadaan *discharge* maka hampir semua asam melekat pada pelat-pelat dalam sel sehingga cairan elektrolit konsentrasinya sangat rendah dan hampir melulu hanya terdiri dari air ( $H_2O$ ), akibatnya berat jenis cairan menurun menjadi sekitar  $1,1 \text{ kg/dm}^3$  dan ini mendekati berat jenis air yaitu  $1 \text{ kg/dm}^3$ . Sedangkan baterai yang masih berkapasitas penuh berat jenisnya sekitar  $1,285 \text{ kg/dm}^3$ . Dengan perbedaan berat jenis inilah kapasitas isi baterai bisa diketahui apakah masih penuh atau sudah berkurang yaitu dengan menggunakan alat hydrometer. Hidrometer ini merupakan salah satu alat yang wajib ada dibengkel aki (bengkel yang menyediakan jasa setrum / cas aki). Selain itu pada saat baterai dalam keadaan discharge maka 85% cairan elektrolit terdiri dari air ( $H_2O$ ) dimana air ini bisa membeku, bak baterai pecah dan pelat-pelat menjadi rusak.

### **2. Proses aki menerima arus**

Baterai menerima arus adalah pada saat disetrum (charge) atau sedang diisi dengan cara dialirkan aliran listrik DC, kutub positif baterai dihubungkan dengan arus listrik positif dan negatif dihubungkan dengan arus listrik negatif. Tegangan yang diberikan biasanya sama dengan tegangan total yang dimiliki baterai, artinya baterai 12V diberi tegangan 12V DC, baterai 6V diberi tegangan 6V DC, dan dua baterai 12 V yang dihubungkan secara seri diberi tegangan 24V DC

(baterai yang dihubungkan seri total teganganya adalah jumlah dari masing-masing tegangan baterai).

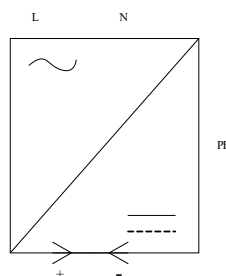
Hal ini bisa ditemukan dibengkel aki dimana ada beberapa baterai yang dihubungkan secara seri dan semuanya diestrum sekaligus. Berapa kuat arus (ampere) yang harus dialiri harus bergantung juga dari kapasitas yang dimiliki baterai tersebut.

### C. Inverter

Inverter adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC). Gambar 2.6 merupakan contoh inverter.



Gambar 2.6 Inverter ( Dokumentasi Peralatan )



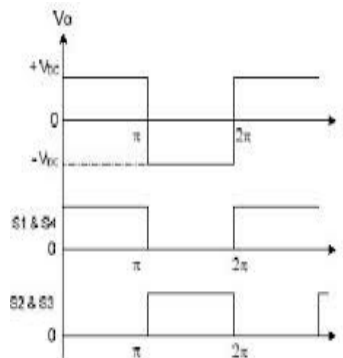
Gambar 2.7 Simbol Inverter

Pada dasarnya inverter ini merupakan sebuah alat yang membuat tegangan bolak-balik dari tegangan searah dengan cara pembentukan gelombang tegangan. Namun gelombang tegangan yang terbentuk dari inverter tidak berbentuk sinusoidal melainkan berbentuk gelombang dengan persegi. Pembentukan tegangan AC tersebut dilakukan dengan menggunakan dua pasang saklar. Gambar 2.8 merupakan gambar yang akan menerangkan prinsip kerja inverter dalam pembentukan gelombang tegangan persegi.



Gambar 2.8 Prinsip kerja inverter 1 phasa

Dari gambar 2.8 dapat dilihat bahwa untuk menghasilkan arus bolak-balik, maka kerja saklar S1 sampai S4 yang disuplai oleh tegangan DC harus bergantian. Ketika saklar S1 dan S4 on maka arus akan mengalir dari titik A ke titik B sehingga terbentuklah tegangan positif. Setelah itu gantian saklar S2 dan S3 yang on dan arus akan mengalir dari titik B ke titik A sehingga terbentuklah tegangan negatif. Pembentukan gelombang hasil ON – OFF keempat saklar tersebut dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Bentuk gelombang tegangan

Dengan mengubah arah arus yang mengalir ke beban (pada  $\frac{1}{2}$  periode pertama arus yang mengalir dari titik A ke titik B pada  $\frac{1}{2}$  periode kedua arus mengalir dari B ke A) maka akan didapatkan bentuk gelombang arus bolak-balik. Inverter mengatur frekuensi keluarnya dengan cara mengatur waktu ON – OFF saklar-saklarnya. Sebagai contoh apabila S1 dan S4 ON selama 0,5 detik begitu juga dengan S2 dan S3 secara berganti-gantian maka akan dihasilkan gelombang bolak-balik dengan frekuensi 1 Hz. Pada dasarnya saklar S1-S4 dan S2-S3 diON-kan dengan jangka waktu yang sama. Jadi apabila dalam satu periode  $T_o = 20$  mili detik, maka S1-S4 ON selama 10 mili detik dan S2-S3 ON selama 10 mili detik dan didapatkan frekuensi sebesar 50 Hz.

#### D. BCU berbasis MPPT (*Maximum Power Point Tracking*)

BCU adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* untuk mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian baterai sudah penuh) dan

kelebihan voltase dari panel surya. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai, alat dapat dilihat pada gambar 2.10

Maximum Power Point Tracking atau sering disingkat dengan MPPT merupakan sebuah sistem elektronik yang dioperasikan pada sebuah panel surya sehingga panel surya bisa menghasilkan daya maksimum. Perlu diperhatikan, MPPT bukanlah sebuah sistem tracking mekanik yang digunakan untuk mengubah posisi modul terhadap posisi matahari sehingga mendapatkan energi maksimum matahari. MPPT benar-benar sebuah sistem elektronik yang bisa menelusuri titik daya maksimum power yang bisa dikeluarkan oleh sebuah panel PV.

Sistem MPPT bekerja dengan cara memaksa panel surya agar bekerja pada titik daya maksimumnya, sehingga daya yang mengalir ke beban adalah daya maksimal. Pada umumnya digunakan DC-DC *converter* dalam sebuah sistem MPPT untuk menggeser daya operasi dari panel surya menjadi titik daya maksimalnya.



Gambar 2.10 Battery Control Unit( BCU ) MPPT ( Dokumentasi Peralatan )

Beberapa fungsi detail dari *solar charge controller* adalah sebagai berikut:

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging* dan *overvoltage*.
2. Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharged* dan *overloading*.
3. Monitoring temperatur baterai.

Untuk membeli *solar charge controller* yang harus diperhatikan adalah:

1. Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC
2. Kemampuan (dalam arus searah) dari *controller*. Misalnya 5 Ampere, 10 Ampere, dsb.
3. *Full charged* dan *low voltage cut*.

Seperti yang telah disebutkan di atas *solar charge controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya berhenti.

Cara deteksi adalah melalui memonitor level tegangan baterai. *Solar charge controller* akan mengisi baterai sampai ke level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

*Solar charge controller* biasanya terdiri dari: 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel sel surya, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai / aki dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada *diode protection* yang melewatkan arus listrik DC dari panel sel surya ke baterai, bukan sebaliknya.



*Charge controller* bahkan ada yang mempunyai lebih dari 1 sumber daya, yaitu bukan hanya berasal dari sumber matahari, tapi juga berasal dari tenaga angin ataupun mikrohidro. Dipasaran sudah banyak ditemui *charge controller* ‘tandem’ yang mempunyai 2 input yang berasal dari matahari dan angin. Untuk ini energi yang dihasilkan menjadi berlipat ganda karena angin bisa bertiup kapan saja, sehingga keterbatasan waktu yang tidak bisa disuplai energi matahari, dapat dibantu oleh tenaga angin. Bila kecepatan rata-rata angin terpenuhi maka daya listrik perbulanya bisa jauh lebih besar dari energi matahari.

#### **E. Panel Kontrol Listrik**

Panel listrik electrical switchboard atau lebih kita kenal dengan panel listrik adalah sebuah papan hubung bagi yang berisi komponen-komponen listrik, yang disesuaikan dengan fungsi panel tersebut. Dalam pembuatan proyek akhir ini panel listrik digunakan sebagai tempat peralatan pendukung panel surya seperti inverter, baterai, BCU , dan lain-lain.



Gambar 2.11 Panel Listrik ( Dokumentasi Peralatan )

## F. MCB (Miniatur Circuit Breaker)

MCB adalah suatu rangkaian pengaman yang dilengkapi dengan komponen thermis (bimetal) untuk pengaman beban lebih dan juga dilengkapi relay elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat. MCB banyak digunakan untuk pengaman sirkit satu fasa dan tiga fasa. Keuntungan menggunakan MCB, yaitu:

1. Dapat memutuskan rangkaian tiga fasa walaupun terjadi hubung singkat pada salah satu fasanya.
2. Dapat digunakan kembali setelah rangkaian diperbaiki akibat hubung singkat atau beban lebih.
3. Mempunyai respon yang baik apabila terjadi hubung singkat atau beban lebih.

Pada MCB terdapat dua jenis pengaman yaitu secara thermis dan elektromagnetis, pengaman termis berfungsi untuk mengamankan arus beban lebih sedangkan pengaman elektromagnetis berfungsi untuk mengamankan jika terjadi hubung singkat. Pengaman thermis pada MCB memiliki prinsip yang sama dengan thermal overload yaitu menggunakan dua buah logam yang digabungkan (bimetal). MCB dibuat hanya memiliki satu kutub untuk pengaman satu fasa, sedangkan untuk pengaman tiga fasa biasanya memiliki tiga kutub dengan tuas yang disatukan, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu kutub maka kutub yang lainnya juga akan ikut terputus.

Prinsip kerja dari miniatur circuit breaker ini adalah jika arus atau tegangan yang melewati bimetal yaitu campuran dua logam yang berbeda koefisien

muainya terlalu besar, maka miniatur circuit breaker pada bimetal tersebut akan menjadi panas yang selanjutnya akan melengkung memutuskan rangkaian. Jika temperatur dimana bimetal itu belum turun, maka rangkaian akan tetap terputus atau terbuka, walaupun miniatur circuit breaker dinaikkan.



Gambar 2.12 MCB ( Dokumentasi Peralatan )



Gambar 2.13 Simbol MCB

### G. Line Up Terminal

Terminal adalah tempat penyambungan kabel dari satu peralatan ke peralatan-peralatan lainnya terminal block dimaksudkan untuk mempermudah pemasangan pengawatan instalasi listrik untuk kontrol serta mempermudah mencari gangguan yang terjadi dalam suatu rangkaian.



Gambar 2.14 Line Up Terminal ( Dokumentasi Peralatan )

## H. Kabel

Adapun jenis-jenis kabel yang digunakan pembuatan proyek akhir ini antara lain:

### 1. Kabel NYM

NYM memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna putih atau abu-abu), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA (harganya lebih mahal dari NYA). Kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh ditanam.

Dalam pembuatan proyek akhir ini kabel NYM digunakan untuk menghubungkan panel surya dengan peralatan pendukungnya didalam panel listrik dengan panjang kabel yang digunakan dalam pembuatan proyek akhir ini 20 meter.



Gambar 2.15 Kabel NYM ( Dokumentasi Peralatan )

## 2. Kabel NYA

Kabel NYA adalah kabel penghantar yang terdiri dari satu kabel dengan inti tembaga dan berisolasi PVC. Pemakaian NYA yaitu dapat dimasukkan dalam pipa pada ruang tertutup.

Kabel NYA paling banyak digunakan sebagai kabel rumah karena susunan NYA sangat sederhana yaitu hanya terdiri dari penghantar tembaga polos dengan isolasi plastik.

Penggunaan kabel NYA:

1. Untuk pemasangan tetap dalam jangkauan tangan kabel NYA harus dilindungi dengan pipa instalasi.

2. Apabila dipasang diluar jangkauan tangan kabel NYA boleh dipasang terbuka dengan menggunakan rol isolator.
3. Kabel NYA hanya boleh dipasang didalam ruangan lembab bila ia dipasang didalam pipa (pasal 742 A9).
4. Kabel NYA tidak boleh dipasang langsung menempel pada plesteran, kayu, atau ditanam langsung didalam pipa plesteran. Tetapi harus dilindungi dengan pipa instalasi (pasal 742 A1).
5. Kabel NYA tidak boleh digunakan diruang basah, dialam terbuka atau ditempat kerja, gedung dengan bahaya kebakaran atau ledakan yang tinggi.



Gambar 2.16 Kabel NYA

#### **I. Alat Ukur**

Alat ukur adalah suatu benda yang digunakan untuk mengukur besaran, panjang, berat, jumlah, digital, analog dsbg. Suatu benda yang digunakan untuk mengukur nilai kualitatif ataupun kuantitatif secara analog maupun digital.

Adapun jenis-jenis kabel yang digunakan pembuatan proyek akhir ini antara lain:



## 1. Lux meter

Alat ukur cahaya (lux meter) adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya intensitas cahaya di suatu tempat. Besarnya intensitas cahaya ini perlu untuk diketahui karena pada dasarnya manusia juga memerlukan penerangan yang cukup. Untuk mengetahui besarnya intensitas cahaya ini maka diperlukan sebuah sensor yang cukup peka dan linier terhadap cahaya. Semakin jauh jarak antara sumber cahaya ke sensor maka akan semakin kecil nilai yang ditunjukkan lux meter. Ini membuktikan bahwa semakin jauh jaraknya maka intensitas cahaya akan semakin berkurang. Alat ini didalam memperlihatkan hasil pengukurannya menggunakan format digital yang terdiri dari rangka, sebuah sensor. Sensor tersebut diletakan pada sumber cahaya yang akan diukur intensitasnya.

Prinsip kerja dari lux meter adalah mengubah energi dari foton menjadi elektron. Idealnya satu foton dapat membangkitkan satu elektron. Cahaya akan menyinari sel foto yang kemudian akan ditangkap oleh sensor sebagai energi yang diteruskan oleh sel foto menjadi arus listrik. Makin banyak cahaya yang diserap oleh sel, arus yang dihasilkan pun semakin besar. Di dalam perangkat lux meter ini terdapat suatu penguat yang berfungsi memperkuat arus yang masuk sehingga arus dapat terbaca. Tanpa penguat arus ini arus yang dihasilkan oleh cahaya tidak mungkin terbaca karena arus yang dihasilkan sangat kecil. Untuk lux meter digital hasilnya akan ditampilkan pada layar panel sedangkan untuk lux meter analog arus akan menggerakkan jarum penunjuk skala.



(a)



(b)

Gambar 2.17 Lux meter analog (a), Lux meter digital (b) (Dokumentasi Peralatan)

## 2. Irradiance meter

*Solar irradiance meter* adalah sebuah alat ukur yang digunakan untuk mengukur radiasi matahari, serta dilengkapi sensor yang berfungsi untuk mengukur kerapatan *fluks* matahari (dalam watt per meter persegi).



Gambar 2.18 Irradiance Meter

### 3. AVO Meter

AVO Meter atau Ampere Volt Ohm meter adalah alat untuk mengukur nilai arus, tegangan dan tahanan/resistansi. Berikut alat yang kami gunakan:



Gambar 2.18 AVO Meter ( Dokumentasi Peralatan )

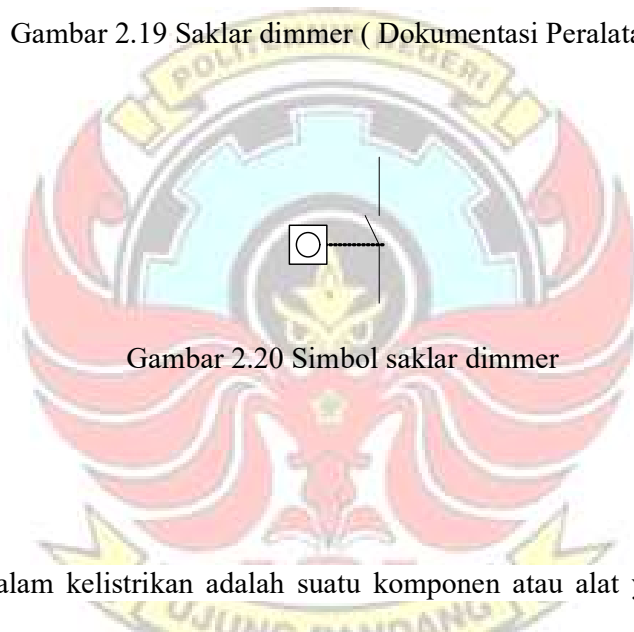
### J. Saklar Dimmer

Saklar adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk memutuskan jaringan listrik, atau untuk menghubungkannya. Jadi saklar pada dasarnya adalah alat penyambung atau pemutus aliran listrik. Selain untuk jaringan listrik arus kuat, saklar berbentuk kecil juga dipakai untuk alat komponen elektronika arus lemah.

Sakelar dimmer ini berfungsi menyalakan lampu dan dilengkapi dengan pengatur cahaya lampu penggunaannya dengan cara diputar. Pada pembuatan proyek akhir ini saklar dimmer digunakan sebagai pengatur terang redup lampu pada lampu sorot.



Gambar 2.19 Saklar dimmer ( Dokumentasi Peralatan )



Gambar 2.20 Simbol saklar dimmer

### **K. Beban**

Beban dalam kelistrikan adalah suatu komponen atau alat yang tidak dapat menghasilkan melainkan membutuhkan suplai listrik agar dapat bekerja/beroperasi. Beban yang digunakan terdiri dari 2 jenis terdiri dari jenis arus yang dibutuhkan, arus bolak-balik (AC) dan arus searah (DC). Kami menggunakan 2 jenis lampu sebagai bebannya, lampu pijar sebagai beban arus AC dan lampu LED sebagai beban arus DC.

## 1. Lampu LED

Lampu tipe LED ini kami gunakan sebagai simulasi beban arus DC dengan merk “Total” dan daya konsumsi sebesar 3 watt.



Gambar 2.21 Lampu LED ( Dokumentasi Peralatan )

## 2. Lampu Pijar

Kebalikan dari beban DC diatas, lampu pijar ini kami gunakan sebagai simulasi beban AC dengan merk “Chiyoda” dengan konsumsi daya sebesar 5 watt.



Gambar 2.22 Lampu Pijar ( Dokumentasi Peralatan )

### 3. Lampu Sorot

Beban lampu yang satu ini juga termasuk lampu pijar namun biasa disebut lampu sorot halogen karena didalam lampu dicampur gas halogen, cahaya yang dihasilkan difokuskan pada satu arah dengan intensitas cahaya yang besar dengan konsumsi daya maksimal 1.000 watt.

Beban ini kami gunakan sebagai simulasi pengganti cahaya matahari yang menyinari ke panel surya, radiasi dan intensitas cahaya lampu sorot diukur dan disesuaikan dengan hasil pengukuran pada matahari.



Gambar 2.23 Lampu Sorot ( Dokumentasi Peralatan )

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Tempat dan Waktu Pelaksanaan**

Dalam melakukan proses perencanaan sampai tahap penyelesaian dari tugas akhir ini, kami melakukan aktivitas didalam kampus dan diluar kampus yang bertempat di pondok Griya Nuraeda. Adapun waktu pelaksanaanya dari dari Maret sampai Oktober 2014.

#### **B. Metode Perancangan**

Proses perancangan alat modul pratikum solar cell ini di bagi dalam beberapa tahap, yaitu :

##### **1. Tahap Persiapan**

Melakukan pengumpulan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan alat, menghitung perkiraan jumlah biaya yang dibutuhkan, menggambar desain kerangka alat yang akan dibuat.

##### **2. Tahap Perancangan**

Melakukan pengelasan kerangka besi sebagai penempatan panel surya, besi penopang lampu sorot dan dudukan panel hubung bagi. Mengelas besi sebagai tempat penopang pemasangan lampu sorot. Memasang peralatan pendukung panel surya seperti inverter, BCU, baterai, serta menghubungkan dengan kabel.

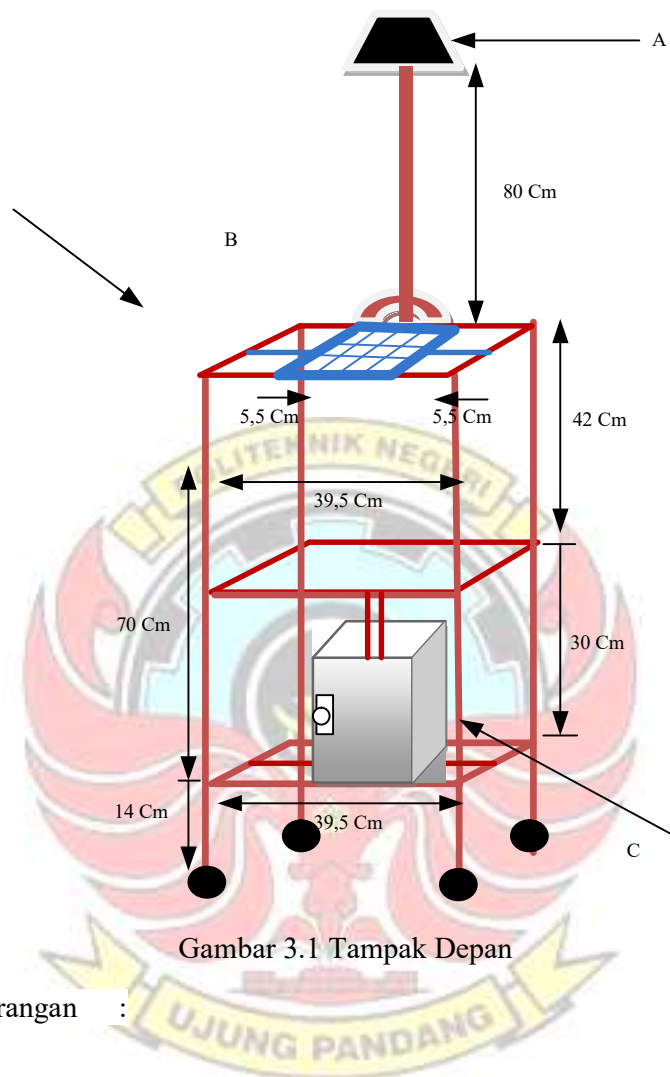
### 3. Tahap Pengujian

Adapun tahap pengujian alat dilakukan dengan dua tahap yaitu :

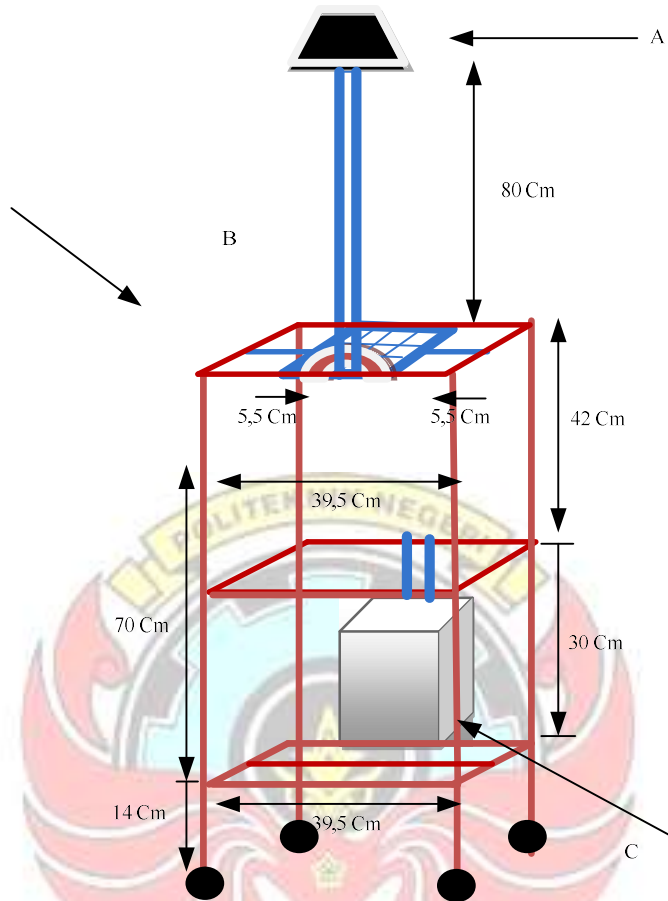
- a. Pengujian panel surya pada posisi menghadap matahari.
  - 1) Menempatkan panel surya pada posisi menghadap matahari.
  - 2) Mengukur tegangan dan arus keluaran dari panel surya.
  - 3) Mengukur radiasi matahari dan suhu lingkungan.
  - 4) Menghubungkan keluaran panel surya, baterai, inverter ke BCU.
  - 5) Menyalakan BCU dan beban ( AC & DC ).
  - 6) Mengukur arus dan tegangan menggunakan beban.
- b. Pengujian panel surya dibawah cahaya lampu sorot.
  - 1) Menyalakan lampu sorot, mengatur intensitas lampu sorot menggunakan dimmer lampu.
  - 2) Mengukur radiasi dan intensitas cahaya pada lampu sorot.
  - 3) Mengukur tegangan dan arus panel surya tanpa menggunakan beban.
  - 4) Menyalakan BCU dan beban ( AC & DC ).
  - 5) Mengukur tegangan dan arus panel surya setelah terhubung ke beban.



### C. Desain Alat



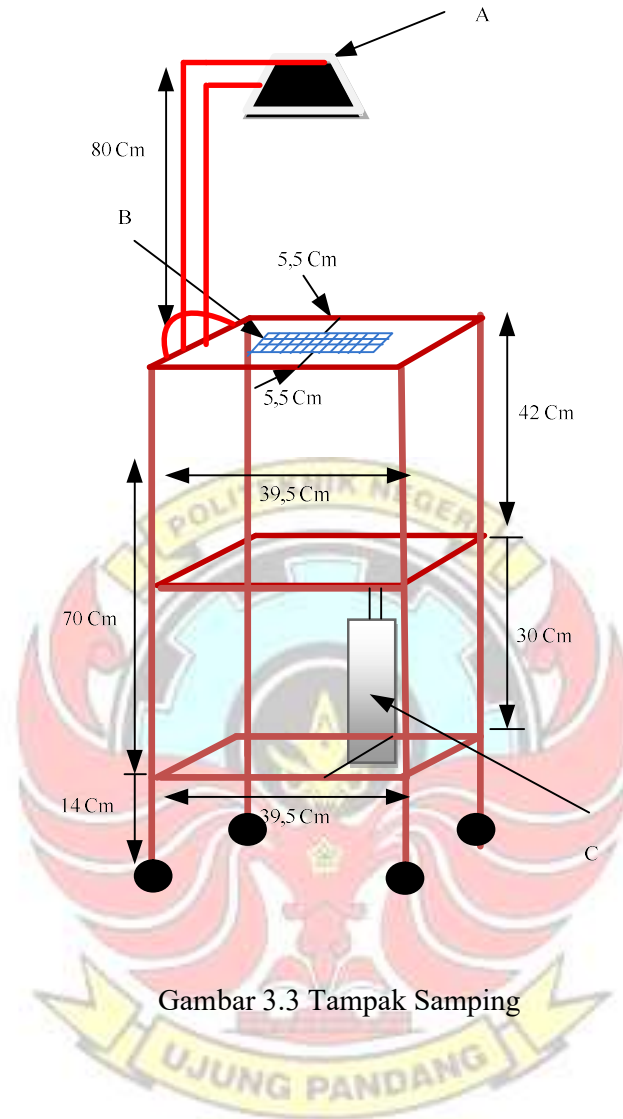
- A : Lampu Sorot Halogen
- B : Solar Cell *Polycrystalline*
- C : Panel Kontrol



Gambar 3.2 Tampak Belakang

Keterangan :

- A : Lampu Sorot Halogen
- B : Solar Cell *Polycrystalline*
- C : Panel Kontrol



Gambar 3.3 Tampak Samping

Keterangan :

- A : Lampu Sorot Halogen
- B : Solar Cell *Polycrystalline*
- C : Panel Kontrol

#### D. Alat Dan Bahan Yang Digunakan

Dalam metode perancangan dan pembuatan modul ini diperlukan sejumlah alat dan bahan sehingga tercipta sesuai dengan apa yang penulis inginkan. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

##### 1. Alat Yang Digunakan

Tabel 3.1 Daftar alat

No	Nama Peralatan	Spesifikasi	Jumlah	Satuan	Keterangan
1	Tang Potong	PROHEX	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup
2	Tang kombinasi	PROHEX	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup
3	Tang kupas kabel	SKT Tool	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup
4	Kunci pas	MTM	3	Buah	Bengkel Listrik Pnup
5	Kunci inggris	Krisbow	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup
6	Mesin Las	TNW	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup
7	Obeng tes (tespen)	Philips	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup
8	Obeng ( - )	MASUCOVO	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup

No	Nama Peralatan	Spesifikasi	Jumlah	Satuan	Keterangan
9	Obeng ( + )	Wera	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup
10	Mesin Gurinda	-	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup
11	Kikir	12"	2	Buah	Bengkel Listrik Pnup
12	Palu kerak	-	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup
13	Bor tangan	BOYE	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup
14	Mesin bor	BOYE	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup
15	Ragun	Krisbow	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup
16	Solder	FOX	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup
17	Timah	LTF 01 lotfet	1	Roll	Bengkel Listrik Pnup
18	AVO meter (digital)	SANWA	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup
19	Topeng las	TNW	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup

No	Nama Peralatan	Spesifikasi	Jumlah	Satuan	Keterangan
20	Mata Bor	Double thunders	4	Buah	Bengkel Listrik Pnup
21	Meteran	SINUT	1	Buah	Bengkel Listrik Pnup

### E. Prosedur Perancangan

Dalam melakukan proses pembuatan modul praktikum solar cell ini dilakukan dalam beberapa tahap :

#### 1. Persiapan Alat Dan Penyediaan Bahan

1. Menentukan pemilihan alat yang baik untuk digunakan pada modul praktikum solar cell ini.
2. Menyediakan bahan yang akan digunakan sebelum melakukan perancangan.



Gambar 3.4 Prosedur Perancangan.

## 2. Perancangan Dan Pembuatan Alat

### 1. Berikut Flowchart perancangan dan pembuatan alat



Gambar 3.5 *flowchart* pelaksanaan perancangan

## F. Teknik Pengolahan Atau Analisis Data

Dalam proyek akhir ini sifatnya penelitian dan praktikan alat. Dimana tahap awal dari perancangan dan prakitan dimulai dari pengumpulan bahan sampai pada tahap akhir dari perancangan dan perakitan yaitu pengetesan atau pengujian alat. Metode perancangan yang digunakan adalah metode desain berupa gambar visualisasi kondisi objek perancangan sebagaimana adanya.

Sedikit mengenai teknis analisis yang digunakan. Teknik analisis data dalam perancangan ini adalah dengan menggunakan alat alur diagram pengawatan. Kelebihan dari alur diagram ini adalah karena mampu menampilkan sebuah cara kerja bahan elektrikal pada alat dan sejalan dengan kemampuan alat yang dirakit.

Setelah alat ini jadi nantinya dan siap digunakan sesuai *Pembuatan Modul Praktikum Solar Cell*, maka akan ada pengujian dan penelitian terhadap alat ini, yaitu :

1. Pengujian terhadap alat, apakah bahan atau komponen yang digunakan pada alat bekerja dengan baik atau tidak.
2. Penelitian terhadap panel surya, BCU, Inverter dengan mengukur tegangan dan arus keluaranya.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. HASIL

Berikut ini adalah hasil pembuatan modul pratikum Solar Cell. Solar cell di tempatkan tepat berada di bawah lampu sorot halogen yang berkapasitas 1000 Watt agar arus maksimal yang dihasilkan dari panel surya sesuai dengan yang diharapkan, dengan jarak antara lampu dengan panel surya  $\pm 10$  cm.

Sedangkan alat pendukung seperti BCU, Inverter dan Aki ditempatkan dalam satu tempat, yang aman dan terlindung dari panas dan hujan yaitu didalam panel Box yang berada di bawah panel surya.

Pada panel surya yang digunakan dalam pembuatan modul praktikum solar cell adalah **Sel Surya Polycrilline**.

#### 1. Prinsip Kerja Alat

Sumber utama alat ini yaitu solar cell yang mana fungsinya untuk mengubah energi panas matahari menjadi energi listrik, energi listrik yang dihasilkan mempunyai tegangan ketika open circuit 21,6 V dan optimum operating voltage 17,2 V tergantung dari panas matahari yang diserap oleh solar cell.

Karena tegangan yang dihasilkan oleh solar cell tidak stabil, maka perlu digunakan Battery Control Unit atau BCU untuk membuat stabil tegangan yang

dikeluarkan solar cell sehingga tidak membuat battery cepat rusak yang diakibatkan tegangan yang tidak stabil..

Setelah dari BCU kemudian energi tersebut disimpan pada aki, besarnya aki tergantung kebutuhan. Pada percobaan kali ini kami menggunakan aki 7,2 ah karena mengingat kebutuhan daya yang besar. Karena beban yang dilayani bertegangan AC sedangkan energy yang dihasilkan solar cell bertegangan DC maka perlu digunakan inverter untuk mengubah tegangan tersebut. Kapasitas inverter juga tergantung kebutuhan, pada alat ini kami menggunakan inverter 80 Watt. Arus AC yang dihasilkan inverter kemudian digunakan untuk melayani beban yaitu lampu pijar yang berkapasitas 5 Watt pada panel box.

## 2. Hasil Pengujian Alat

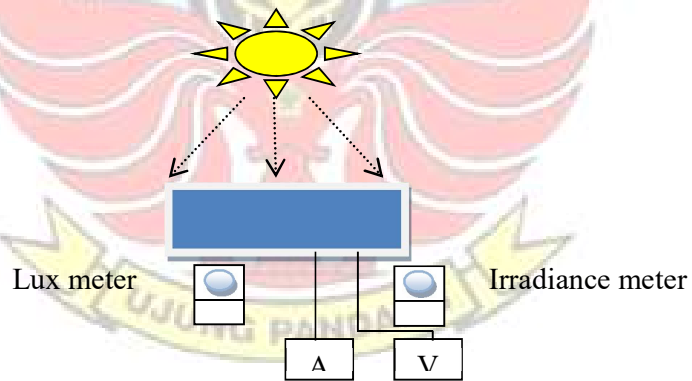
### 2.a Pengujian Panel Surya

Pengambilan data yang dilakukan pertama kali adalah data spesifikasi dari panel surya yang digunakan pada waktu penelitian. Kemudian dilanjutkan dengan pengambilan data arus dan tegangan panel surya untuk mendapatkan kurva karakteristik I-V dan P-V. Adapun spesifikasi panel surya yang digunakan pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

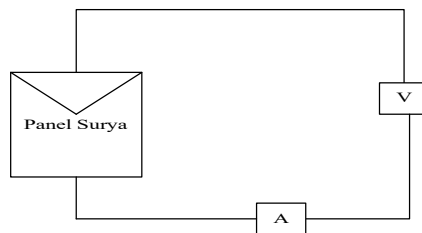
Tabel 4.1 Data Spesifikasi Panel Surya

Open Circuit Voltage ( Voc )	21,6 V
Optimum Operating Voltage ( Vmp )	17,2 V
Short Circuit Current ( Isc )	0,68 A
Optimum operating current ( Imp )	0,58 A
Maximum power at STC ( Pm )	10 Wp
Standart test condition (	1000 W/M <sup>2</sup> , AM1.5 and 25 <sup>0</sup> C

Pada pengambilan data arus dan tegangan pada panel surya tanpa dihubungkan dengan beban. Kemudian diukur dengan menggunakan voltmeter dan amperemeter untuk mendapatkan nilai arus dan tegangan dari panel surya. Pengambilan data arus dan tegangan dilakukan selama dua hari yang bertempat di pondok Griya Nuraeda pada tanggal 25 Oktober 2014 hingga 26 Oktober 2014 mulai pukul 08.00 sampai dengan 17.00 WITA dengan selang waktu setiap satu jam. Dimana setiap bumi berotasi sebesar  $15^{\circ}$  bujur akan ditempuh dalam waktu 1 jam. Pada pukul 08.00 posisi matahari  $160^{\circ}$ , pukul 09.00 posisi matahari  $150^{\circ}$ , pukul 10.00 posisi matahari  $140^{\circ}$ , pukul 11.00 posisi matahari  $130^{\circ}$  dan pada pukul 12.00 posisi matahari  $90^{\circ}$ . Adapun cara pengukuran sel surya diilustrasikan pada gambar 4.1 dengan hasil yang dapat dilihat pada table 4.1



Gambar 4.1 Ilustrasi Pengujian Panel Surya dengan matahari tanpa beban



Gambar 4.2 Rangkaian Pengukuran Panel Surya dengan matahari tanpa beban.

Langkah percobaan :

1. Pada pukul 08.00 tanpa menggunakan beban , mencatat penunjukan arus, tegangan, intensitas cahaya,radiasi matahari dan suhu pada tabel pengamatan.
2. Meletakkan Volt meter,Ampere meter, Lux meter serta irradiance meter pada rangkaian sesuai gambar.
3. Mencatat penunjukan arus, tegangan, intensitas,radiasi matahari dan suhu pada tabel pengamatan.
4. Mengulangi langkah (1) sampai (3) setiap 1 jam berikutnya sampai pukul 17.00 WITA.

Tabel 4.1 Pengukuran Arus,Tegangan,intensitas cahaya,suhu,radiasi matahari Panel Surya tanggal 25 Oktober 2014 dengan menggunakan sinar matahari tanpa beban di pondok griya Nuraeda

<b>Waktu pengukuran</b>	<b>Tegangan OC (V)</b>	<b>Arus IC (A)</b>	<b>Radiasi (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Lux</b>	<b>Suhu <sup>0</sup> C</b>
08.00	19,79 V	0,34 A	878 W/m <sup>2</sup>	18000	31,7 <sup>0</sup> C
09.00	19,65 V	0,45A	947 W/m <sup>2</sup>	18500	33,7 <sup>0</sup> C
10.00	19,63 V	0,53 A	970 W/m <sup>2</sup>	19900	36,2 <sup>0</sup> C
11.00	19,69 V	0,56 A	981 W/m <sup>2</sup>	19900	37,7 <sup>0</sup> C
12.00	19,78 V	0,56 A	958 W/m <sup>2</sup>	19900	37,9 <sup>0</sup> C
13.00	20,39 V	0,54 A	941 W/m <sup>2</sup>	19900	38,0 <sup>0</sup> C
14.00	20,35 V	0,45 A	900 W/m <sup>2</sup>	19500	37,3 <sup>0</sup> C
<b>Waktu</b>	<b>Tegangan</b>	<b>Arus IC</b>	<b>Radiasi (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Lux</b>	<b>Suhu <sup>0</sup> C</b>

<b>pengukuran</b>	<b>OC (V)</b>	<b>(A)</b>			
15.00	20,07 V	0,34 A	889 W/m <sup>2</sup>	18000	38,4 <sup>0</sup> C
16.00	19,77 V	0,20 A	693 W/m <sup>2</sup>	14800	37,2 <sup>0</sup> C
17.00	17,79 V	0,04 A	303 W/m <sup>2</sup>	7900	34,6 <sup>0</sup> C

Berdasarkan tabel 4.1 diatas untuk mendapatkan daya yang dihasilkan maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$P = V \times I$$

Keterangan :

P = Daya (W)

V = Tegangan ( V )

I = Arus ( A )

pengukuran pukul 08.00 : P = V x I

$$= 19,79 \text{ V} \times 0,34 \text{ A}$$

$$= 6,72 \text{ W}$$

Selain itu, berdasarkan tabel diatas pengisian secara langsung dari panel surya ke baterai didapat arus pengisian ke aki 0,56 ampere, sehingga lama waktu

$$\text{pengisian adalah : } Ta = \frac{Ah}{A}$$

$$= \frac{7,2}{0,56}$$

$$= 12,85 \text{ Jam}$$

Dengan menggunakan beban lampu DC 3 watt dan AC 5 watt sehingga total beban yang dipakai adalah 8 watt maka kapasitas baterai yang harus dipenuhi sebesar :

$$I = 8 \text{ Watt} : 20 \text{ V}$$

$$I = 0,4 \text{ Ampere}$$

Jadi dalam satu hari ( 12 jam ) energy listrik yang digunakan sebesar :

$$\text{Energi} = \text{daya beban} \times \text{lama bekerja}$$

$$\text{Energi} = 8 \text{ Watt} \times 12 \text{ jam}$$

$$\text{Energi} = 96 \text{ Wh ( Watt hour )}$$

Kapasitas baterai yang digunakan dalam 1 hari sebesar

$$\text{Kapasitas baterai} = \text{energy yang digunakan} : \text{tegangan}$$

$$\text{Kapasitas baterai} = 96 \text{ Wh} : 20 \text{ V}$$

$$\text{Kapasitas baterai} = 4,8 \text{ Ah}$$

Agar baterai tetap berada dalam kondisi baik, maka kapasitas yang digunakan hanya 70 % dari kapasitas total sehingga kapasitas totalnya adalah :

$$\text{Kapasitas yang digunakan} = 70\% \text{ kapasitas total}$$

$$4,8 \text{ Ah} = 70\% \text{ kapasitas total}$$

$$\text{Kapasitas total} = 4,8 : 70\%$$

$$\text{Kapasitas total} = 4,8 \times 100 : 70$$

$$\text{Kapasitas total} = 6,85 \text{ Ah}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan maka kita dapat menggunakan BCU dengan kapasitas 10 A dengan melihat daya maksimum yang dihasilkan dari modul surya yang ada pada tabe pengukuran sebelumnya.

Untuk pengukuran pukul 09.00 – 17.00 / 25 Oktober 2014 dengan menggunakan perhitungan yang sama didapatkan hasil daya pada tabel 4.2

Tabel 4.2 hasil perhitungan daya dengan pengukuran tanggal 25 Oktober 2014

Yang dilakukan dibawah sinar matahari tanpa beban.

<b>Waktu pengukuran</b>	<b>Tegangan (V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Daya (P) (W)</b>	<b>Radiasi (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Lux</b>	<b>Suhu °C</b>
08.00	19,79 V	0,34 A	6,72 W	878 W/m <sup>2</sup>	18000	31,7 °C
09.00	19,65 V	0,45A	8,84 W	947 W/m <sup>2</sup>	18500	33,7 °C
10.00	19,63 V	0,53 A	10,40 W	970 W/m <sup>2</sup>	19900	36,2 °C
11.00	19,69 V	0,56 A	11,02 W	981 W/m <sup>2</sup>	19900	37,7 °C
12.00	19,78 V	0,56 A	11,07 W	958 W/m <sup>2</sup>	19900	37,9 °C
13.00	20,39 V	0,54 A	11,01 W	941 W/m <sup>2</sup>	19900	38,0 °C
14.00	20,35 V	0,45 A	9,15 W	900 W/m <sup>2</sup>	19500	37,3 °C
15.00	20,07 V	0,34 A	6,82 W	889 W/m <sup>2</sup>	18000	38,4 °C
16.00	19,77 V	0,20 A	3,95 W	693 W/m <sup>2</sup>	14800	37,2 °C
17.00	17,79 V	0,04 A	0,71 W	303 W/m <sup>2</sup>	7900	34,6 °C

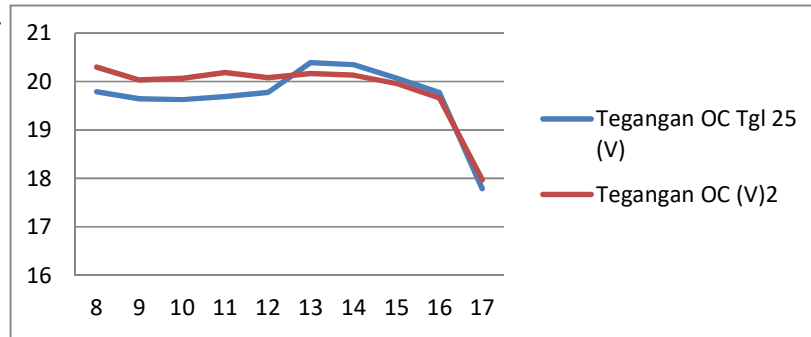
Tabel 4.3 hasil perhitungan daya dengan pengukuran pukul 08.00 – 17.00 / 26

Oktober 2014 yang dilakukan dibawah sinar matahari tanpa beban.



<b>Waktu pengukuran</b>	<b>Tegangan (V)</b>	<b>Arus (I)</b>	<b>Daya (P)</b>	<b>Radiasi</b>	<b>Lux</b>	<b>Suhu °C</b>
08.00	20,30 V	0,36 A	7,30 W	904 W/m <sup>2</sup>	18000	33,5 <sup>0</sup> C
09.00	20,03 V	0,47 A	9,41 W	943 W/m <sup>2</sup>	20500	43,7 <sup>0</sup> C
10.00	20,07 V	0,53 A	10,63 W	956 W/m <sup>2</sup>	21700	37,8 °C
11.00	20,19 V	0,54 A	10,90 W	948 W/m <sup>2</sup>	20000	37,8 °C
12.00	20,08 V	0,55 A	11,04 W	964 W/m <sup>2</sup>	20000	38,6 °C
13.00	20,17 V	0,52 A	10,48 W	910 W/m <sup>2</sup>	19800	41,0 °C
14.00	20,13 V	0,46 A	9,25 W	926 W/m <sup>2</sup>	19800	4,06 °C
15.00	19,96 V	0,36 A	7,18 W	905 W/m <sup>2</sup>	18000	37,0 °C
16.00	19,66 V	0,20 A	3,93 W	751 W/m <sup>2</sup>	14900	36,0 °C
17.00	17,97 V	0,04 A	0,71 W	410 W/m <sup>2</sup>	8500	34,6 °C



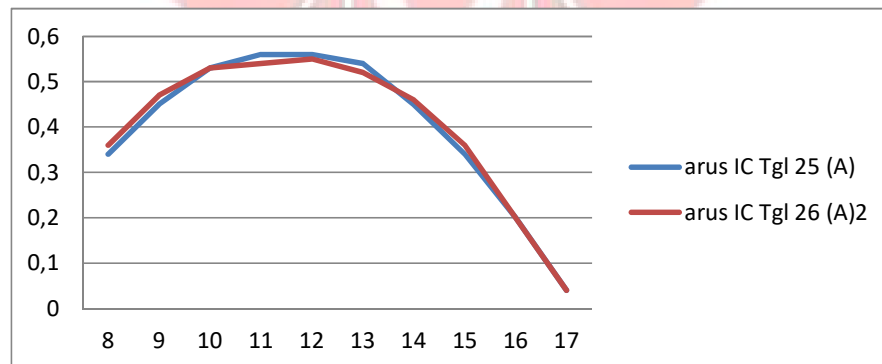


Gambar 4.3 grafik perubahan tegangan ( V ) yang dihasilkan modul surya pada hari sabtu dan minggu di Pondok Griya Nuraeda tanggal 25 hingga 26 Oktober 2014 dengan sinar matahari tanpa menggunakan beban.

Keterangan :

— : pengukuran tegangan ( V ) tanggal 25 Oktober 2014

— : pengukuran tegangan ( V ) tanggal 26 Oktober 2014



Gambar 4.4 grafik perubahan Arus (I) yang dihasilkan modul surya pada hari sabtu dan minggu di Pondok Griya Nuraeda tanggal 25 hingga 26 Oktober 2014 dengan sinar matahari tanpa menggunakan beban.

Keterangan :

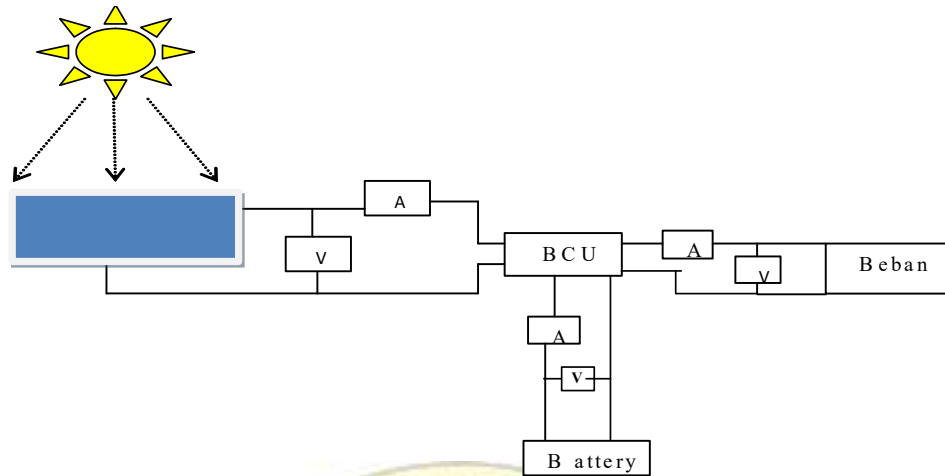
— : pengukuran Arus ( I ) tanggal 25 Oktober 2014

— : pengukuran Arus ( I ) tanggal 26 Oktober 2014

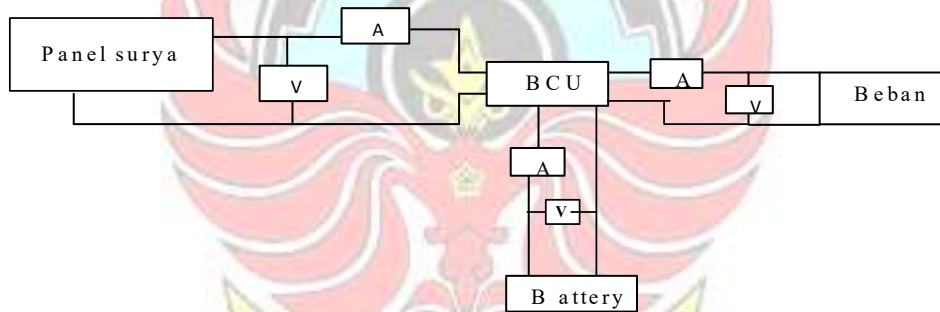
Dari data grafik diatas terlihat perubahan tegangan dan arus yang dihasilkan modul surya antara tanggal 25 dan 26 Oktober walaupun tidak signifikan, namun ini membuktikan bahwa keadaan cuaca selalu berubah – ubah dan intensitas cahaya mempengaruhi hasil keluaran arus dan tegangan pada modul surya.

Terlihat daya maksimum yang dapat dihasilkan panel surya yaitu pada pukul 11.00 – 13.00. dimana arus pada siang hari lebih besar dibandingkan dengan arus pada pagi atau sore hari. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas radiasi yang mengenai modul surya lebih besar sehingga pada saat itu modul akan menghasilkan arus yang lebih besar juga karena pada saat siang hari posisi matahari semakin tegak lurus terhadap permukaan bumi. Sedangkan tegangan berkurang dengan kenaikan suhu.

Pada pengambilan data arus dan tegangan pada panel surya dihubungkan dengan beban. Kemudian diukur dengan menggunakan voltmeter dan amperemeter untuk mendapatkan nilai arus dan tegangan dari panel surya. Pengambilan data arus dan tegangan dilakukan selama satu hari yang bertempat di pondok Griya Nuraeda pada tanggal 27 Oktober 2014 mulai pukul 10.00 sampai dengan 15.00 WITA dengan selang waktu setiap satu jam. Adapun cara pengukuran sel surya diilustrasikan pada gambar 4.5 dengan hasil yang dapat dilihat pada table 4.4



Gambar 4.5 Ilustrasi Pengujian Panel Surya dengan menggunakan beban



Gambar 4.6 Rangkaian Pengukuran Panel Surya dengan menggunakan beban

Langkah percobaan :

1. Pada pukul 08.00 dengan menggunakan beban , mencatat penunjukan arus listrik, tegangan, intensitas cahaya,radiasi matahari dan suhu pada tabel pengamatan.
2. Meletakkan Volt meter,Ampere meter, Lux meter serta irradiance meter pada rangkaian sesuai gambar.

3. Mencatat penunjukan arus, tegangan, intensitas, radiasi matahari dan suhu pada tabel pengamatan.
4. Mengulangi langkah (1) sampai (3) setiap 1 jam berikutnya sampai pukul 17.00 WITA.

Tabel 4.4 Pengukuran Arus, Tegangan, intensitas cahaya, suhu, radiasi matahari Panel Surya tanggal 27 Oktober 2014 dengan menggunakan sinar matahari tanpa beban di pondok griya Nuraeda

Waktu pengukuran	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (P)	Keterangan
10.00	12,59 V	0,29 A	3,65 W	Keluaran dari PV ke BCU
Waktu pengukuran	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (P)	Keterangan
	12,42 V	- 0,49 A	- 6,08 W	Keluaran dari BCU ke Baterai
	12,11 V	0,82 A	9,93 W	Keluaran dari BCU ke beban
11.00	12,69 V	0,37 A	4,69 W	Keluaran dari PV ke BCU
	12,12 V	- 0,46 A	- 5,57 W	Keluaran dari BCU ke Baterai
	12,11 V	0,82 A	9,93 W	Keluaran dari

				BCU ke beban
12.00	12,60 V	0,39 A	4.91 W	Keluaran dari PV ke BCU
	12,12 V	- 0,43 A	-5.21 W	Keluaran dari BCU ke Baterai
	12,10 V	0,82 A	9.92 W	Keluaran dari BCU ke beban
13.00	12,65 V	0,47 A	5.94 W	Keluaran dari PV ke BCU
	12,16 V	- 0,38 A	- 4,62 W	Keluaran dari BCU ke Baterai
	12,15 V	0,83 A	10.08 W	Keluaran dari BCU ke beban
14.00	12,63 V	0,40 A	5,05 W	Keluaran dari PV ke BCU
	12,14 V	- 0,43 A	5.22 W	Keluaran dari BCU ke Baterai
	12,12 V	0.82 A	9.93 W	Keluaran dari BCU ke beban
15.00	12,56 V	0,29 A	3.64 W	Keluaran dari PV ke BCU
	12,39 V	- 0,54 A	- 6,69 W	Keluaran dari BCU ke Baterai

	12,10 V	0,82 A	9.92 W	Keluaran dari BCU ke beban
--	---------	--------	--------	-------------------------------

Pengukuran selanjutnya kami ingin membuktikan kurva karakteristik pengaruh hubungan antara radiasi matahari terhadap arus short circuit dan suhu terhadap tegangan open circuit pada panel surya. Pengukuran dilakukan mulai pukul 11.00 hingga 15.00 dengan selang waktu 1 jam.

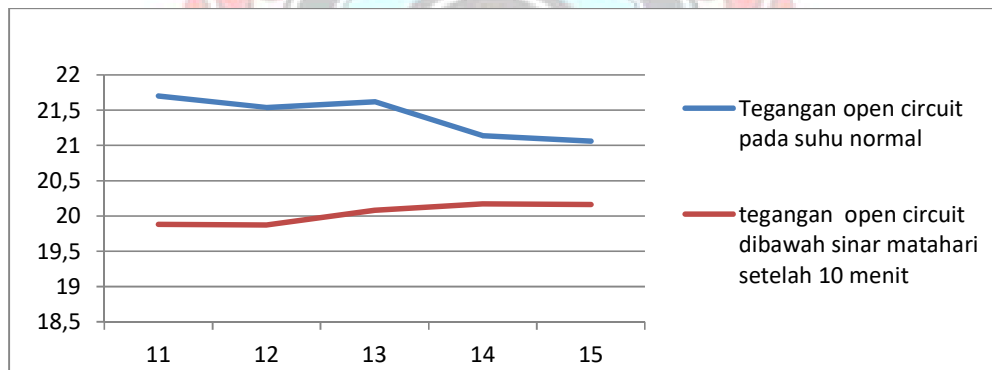
Panel surya terlebih dahulu ditempatkan pada tempat berteduh agar suhunya normal, lalu alat ukur dipasang dan panel surya ditempatkan dibawah sinar matahari, kemudian kami mencatat pengukuran arus dan tegangannya sebelum suhu panel surya meningkat kembali. Setelah 10 menit dibawah sinar matahari kembali kami mencatat pengukuran arus dan tegangannya.

Setelah itu panel surya kami teduhkan kembali hingga suhunya normal dan kami lakukan pengukuran ulang pada pukul 12.00, dan begitu seterusnya hingga pukul 15.00. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini :

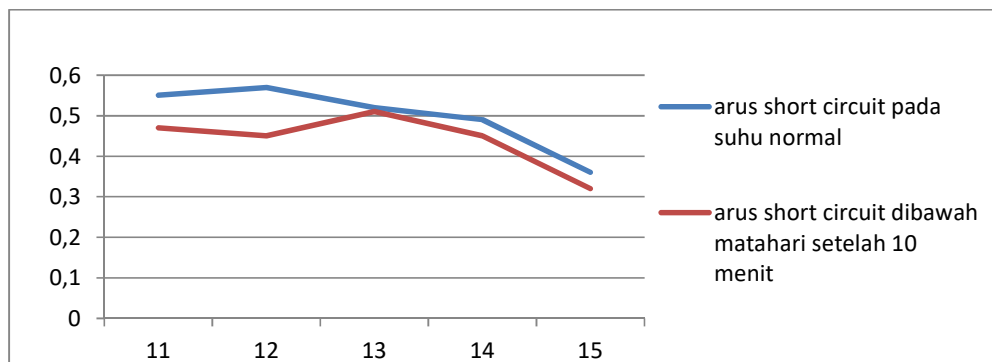
Tabel 4.5 Pengukuran suhu terhadap tegangan dan radiasi terhadap arus

<b>Waktu pengukuran</b>	<b>Tegangan open circuit (V)</b>	<b>Arus Short Circuit (A)</b>
11.00	21,70 V	0,55 A
11.10	19,88 V	0,47 A
12.00	21,54 V	0,57 A

Waktu pengukuran	Tegangan open circuit (V)	Arus Short Circuit (A)
12.10	19,87 V	0,45 A
13.00	21,62 V	0,52 A
13.10	20,08 V	0,51 A
14.00	21,14 V	0,49 A
14.10	20,17 V	0,44 A
15.00	21,06 V	0,36 A
15.10	20,16 V	0,32 A



Gambar 4.7 grafik hasil pengukuran pengaruh suhu terhadap tegangan



Gambar 4.8 grafik hasil pengukuran radiasi terhadap arus

Tabel 4.6 hasil perhitungan daya dengan menggunakan lampu sorot halogen

<b>Waktu pengukuran</b>	<b>Tegangan OC (V)</b>	<b>Arus IC (A)</b>	<b>Daya (P)</b>	<b>Radiasi (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Lux</b>
08.00	20,11 V	0,15 A	3,01 W	904 W/m <sup>2</sup>	8800
09.00	19,37 V	0,16 A	3,09 W	943 W/m <sup>2</sup>	9300
10.00	20,34 V	0,16 A	3,25 W	956 W/m <sup>2</sup>	9500
11.00	20,12 V	0,15 A	3,01 W	948 W/m <sup>2</sup>	9200
12.00	20,09 V	0,15 A	3,01 W	964 W/m <sup>2</sup>	9000
13.00	19,89 V	0,15 A	2,98 W	910 W/m <sup>2</sup>	8000
14.00	19,90 V	0,15 A	2,98 W	926 W/m <sup>2</sup>	8100
15.00	19,80 V	0,15 A	2,97 W	905 W/m <sup>2</sup>	9000
16.00	19,53 V	0,12 A	2,34 W	751 W/m <sup>2</sup>	7200
17.00	18,60 V	0,07 A	1,30 W	410 W/m <sup>2</sup>	4500



Pengukuran tegangan & arus setelah panel surya terangkai ke peralatan pendukungnya. Dengan menempatkan panel surya dibawah lampu halogen

No.	Mengukur	Tegangan (V)	Arus (A)	Keterangan (Jenis beban ada 3: inverter, lampu AC 5Watt, lampu DC 3Watt.
1.	Keluaran dari panel surya ke BCU	12,97	0,507	
2.	Keluaran dari BCU masuk ke aki	12,47	0,502	Tanpa beban sama sekali
			0,329	Inverter yang terpasang pada output beban pada BCU (ON)
			0,028	Lampu AC 5Watt yang terpasang pada output inverter (ON)
			0,006	Lampu DC 3Watt (ON) + Inverter (ON)
			-0,339	Lampu DC (ON) + Lampu AC (ON) + Inverter (ON)
3.	Keluaran dari BCU menuju ke beban	0,75	0,000	Saklar output ke beban pada BCU (OFF)
			0,171	Inverter (ON)
		12,42	0,531	Inverter (ON) + Lampu AC (ON)
			0,839	Lampu DC (ON) + Lampu AC (ON) + Inverter (ON)
			0,496	Inverter (ON) + Lampu DC (ON)
			0,325	Lampu DC (ON)
4.	Keluaran dari	12,45	0,001	Lampu AC (OFF)

	BCU ke inverter			
	Keluaran dari inverter ke lampu AC	249,0 (AC)	0,001	Lampu AC (OFF)
		237,0 (AC)	0,015	Lampu AC (ON)

Tabel 4.7 hasil pengukuran dengan menggunakan radiasi 200 W/m<sup>2</sup>, 400 W/m<sup>2</sup>, 600 W/m<sup>2</sup>, 800 W/m<sup>2</sup>, 1000 W/m<sup>2</sup>

Tegangan (V)	Arus SC (I)	Daya OC (P)	Lux	Radiasi	Keterangan
17,92 V	0,04 A	0,71 W	3600	200 W/m <sup>2</sup>	Jarak lampu sorot ke panel surya ± 10 cm
18,83 V	0,07 A	1,31 W	4700	400 W/m <sup>2</sup>	Jarak lampu sorot ke panel surya ± 10 cm
19,38 V	0,10 A	1,93 W	6500	600 W/m <sup>2</sup>	Jarak lampu sorot ke panel surya ± 10 cm
19,82 V	0,14 A	2,77 W	7700	800 W/m <sup>2</sup>	Jarak lampu

					sorot ke panel surya $\pm 10$ cm
20,13 V	0,17 A	3,42 W	10200	1000 W/m <sup>2</sup>	Jarak lampu sorot ke panel surya $\pm 10$ cm



## BAB V

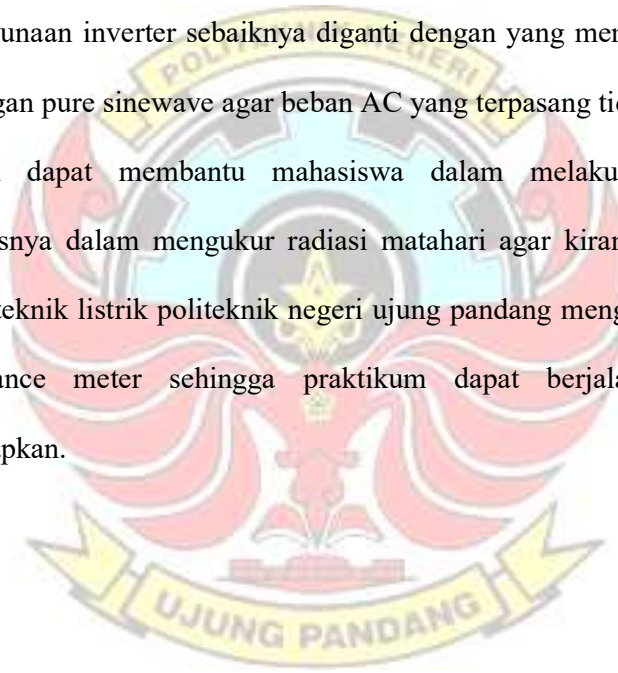
### KESIMPULAN DAN SARAN

A. Dari hasil pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. dalam pengambilan data, arus tertinggi yang dihasilkan modul surya dalam satu hari terjadi pada siang hari. Hal ini dikarenakan pada siang hari posisi matahari berada tegak lurus yaitu  $90^0$  tepatnya pukul 12.00 diatas permukaan modul surya dimana perubahan arus keluaran pada solar cell dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Semakin banyak intensitas cahaya matahari ke modul surya maka arus yang dihasilkan akan semakin besar pula.
2. cuaca atau suhu sangat mempengaruhi tegangan yang dihasilkan modul surya. Karena jika pada saat pengambilan data ketika suhu lingkungan meningkat , maka tegangan yang dihasilkan modul surya akan sangat menurun.
3. proses pengisian baterai arus yang mengalir hanya sekitar 0,54 – 0,56 ampere sehingga dalam keadaan kosong, baterai 12 Volt 7,2 Ah dapat terisi penuh selama  $\pm 12$  jam.
5. hasil perancangan yang telah dibuat dengan menggunakan salah satu komponen yaitu Battery Control Unit (BCU) MPPT dapat memperlihatkan pada layar LCD yang berada di BCU MPPT suhu dari baterai, proses pengecasan baterai, total beban yang digunakan serta dapat menghidupkan dan mematikan beban lampu DC dan lampu AC dimana untuk menghidupkan beban lampu AC digunakan inverter dengan daya 80 Watt.

## **B. Saran**

1. Dalam pelaksanaan pemasangan perancangan perakitan komponen harus diperhatikan dari segi keandalan dan ekonomisnya.
2. Dalam proyek akhir ini kedepannya dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.
3. Dapat membuat alat pengukur radiasi matahari dengan menggunakan beberapa sensor.
4. Penggunaan inverter sebaiknya diganti dengan yang mempunyai keluaran tegangan pure sinewave agar beban AC yang terpasang tidak mudah rusak.
5. Untuk dapat membantu mahasiswa dalam melakukan pengukuran khususnya dalam mengukur radiasi matahari agar kiranya pada program studi teknik listrik politeknik negeri ujung pandang mengadakan alat ukur irradiance meter sehingga praktikum dapat berjalan sesuai yang diharapkan.



## Daftar Pustaka

- [1] Haslizen Hoesin (2010). *Energi Radiasi Matahari Pada Pemanfaatan Pada Pertanian, Perikanan, Bangunan dan Listrik*. April 24, 2010.
- [2] Surojo, Ashari, Mochammad, Purnomo, Mauridhi H., "Desain dan Simulasi Maximum Power Point Tracking (MPPT) Sel Surya Menggunakan Fuzzy Logic Control Untuk Kontrol Boost Konverter, 7th Basic Science National Seminar Proceeding, , Malang, Februari, 2010.
- [3] **Wind and Solar Power Systems** Mukund R. Patel,U.S. Merchant Marine Academy Kings Point, New York, U.S.A.
- [4] Smestad, Greg P. , Optoelectronics of Solar Cells. SPIE Press: Washington 2002.
- [5] M. Gratzel, Nature 414 (2001) 338.
- [6] B.A. Gregg, J. Phys. Chem. B 107 (2003) 4688.
- [7] C. J. Brabec, N.S. Sariciftci, J.C. Hummelen, Advanced Functional Materials, 11 (2001) 15.
- [8] Kristianto, Philip. *Ekologi Industri*. Surabaya, Juni, 2012.
- [9] M.Durbin, Steven, dkk. *Edisi keenam Rangkaian listrik jilid 1*. Yogyakarta, Juni, 2012.