

***PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN  
PLN UNTUK PENGHEMATAN DAYA LAMPU PENERANGAN  
RUMAH TANGGA**

**PROYEK AKHIR**

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan  
Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Diusulkan oleh

Cintya Lorenza Melden    NIM 0031607

Yoza Rhavina                NIM 0031628

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI  
BANGKA BELITUNG  
2019**

**LEMBAR PENGESAHAN**

***PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN PLN  
UNTUK PENGHEMATAN DAYA LAMPU PENERANGAN RUMAH  
TANGGA**

Diusulkan oleh

Cintya Lorenza Melden    NIM 0031607

Yoza Rhavina                NIM 0031628

Laporan akhir ini disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan  
Program Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Mengetahui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Eko Sulistyono, M.T.

Aan Febriansyah, M.T.

Penguji 1

Penguji 2

Penguji 3

Nofriyani, M.T.

Zanu Saputra, M.T.

Yudhi, M.T.

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang betanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Cintya Lorenza Melden                      NIM 0031607

Nama Mahasiswa 2 : Yoza Rhavina                                      NIM 0031628

Dengan Judul                      : *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA  
DAN PLN UNTUK PENGHEMATAN DAYA LAMPU PENERANGAN  
RUMAH TANGGA

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat 07 Mei 2019

Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1. Cintya Lorenza Melden	.....
2. Yoza Rhavina	.....

## ABSTRAK

*Pemakaian energi listrik saat ini kebanyakan khususnya pada sektor rumah tangga tidak terkontrol sehingga pembayaran energi listrik menjadi sangat tinggi. Salah satu cara yang bisa diterapkan untuk mengatasi hal ini, yaitu melakukan penghematan atau efisiensi. Proyek akhir ini dirancang prototipe PLTS dan PLN, terdiri dari solar cell, Maximum Power Point Tracking (MPPT) dilengkapi regulator (charge controller), baterai, dan inverter. Solar cell akan menghasilkan tegangan dan arus searah (DC), kemudian dirubah menjadi tegangan dan arus bolak-balik (AC) melalui inverter. Prototype PLTS dan PLN yang dirancang menggunakan sistem satu arah, sehingga energi listrik akan disupply oleh satu pembangkit. Saat PLTS supply energi ke beban maka sambungan listrik PLN terputus dari beban sebaliknya saat PLN supply energi ke beban maka sambungan listrik PLTS terputus dari beban. Sistem ini menggunakan solar cell sebesar 20wp dan mengalami keadaan puncak pada pukul 12.00 dengan menghasilkan tegangan 11,5V, arus 1,02A dan daya sebesar 11,73W dengan menggunakan MPPT. Sehingga ATS (Automatic Transfer Switch) akan berganti secara otomatis dari supply PLTS ke supply PLN ketika tegangan aki sudah di bawah 10,5 volt, dan akan berganti dari PLN ke PLTS ketika tegangan aki sudah bertegangan 12 volt kembali. Dengan menggunakan prototype ini, maka efisiensi dari pemakaian PLTS adalah sebesar 24,4% dengan penghematan sebesar Rp1.496,6256 dalam waktu satu bulan.*

*Kata kunci: Prototype, Solar cell, PLN, Inverter, MPPT, Mikrokontroler, ATS*

## ABSTARCT

*The use of electrical energy is currently mostly, especially in the household sector is not controlled so that the payment of electricity is very high. One way that can be applied to overcome this is to make savings or efficiency. This final project was designed by PLTS and PLN prototypes, consisting of solar cells, Maximum Power Point Tracking (MPPT) equipped with a regulator (charge controller), batteries, and inverters. Solar cells will produce voltage and direct current (DC), then convert into alternating voltage and current (AC) through the inverter. The PLTS and PLN prototypes are designed using a one-way system, so that electrical energy will be supplied by one generator. When PLTS supplies energy to the load, the PLN electricity connection is disconnected from the load, whereas when PLN supplies energy to the load, the PLTS electricity connection is disconnected from the load. This system uses a solar cell of 20wp and experiences a peak state at 12.00 to produce 11.5V, 1.02A current and 11.73W of power using MPPT. So that the ATS (Automatic Transfer Switch) will switch automatically from the PLTS supply to the PLN supply when the battery voltage is below 10.5 volts, and will change from PLN to the PLTS when the battery voltage is 12 volt again. By using this prototype, the efficiency of using PLTS is 24.4% with savings of Rp1,496,6256 in one month.*

*Keywords: Prototype, Solar cell, PLN, Inverter, MPPT, Microcontroller, ATS*

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan ridha-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis Proyek Akhir dengan judul “*Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN untuk Penghematan Daya Lampu Penerangan Rumah Tangga” di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dapat terselesaikan dengan baik.

Karya tulis Proyek Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik dan kewajiban mahasiswa pada semester VI (enam) untuk menyelesaikan kurikulum program pendidikan Diploma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Laporan ini dapat terselesaikan atas bantuan dan bimbingan dari semua pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang ikut membantu dalam penyelesaian laporan ini, terutama kepada :

1. Bapak Eko Sulisty, M.T, selaku Kepala Prodi DIII Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung sekaligus pembimbing 1 dalam Proyek Akhir ini.
2. Bapak Aan Febriansyah, M.T, selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro dan Informatika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung sekaligus pembimbing 2 dalam Proyek Akhir ini.
3. Kedua orang tua dan keluarga yang telah mendoakan dan selalu memberikan motivasi serta dukungan.
4. Seluruh staf pengajar dan karyawan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Rekan-rekan mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah banyak membantu selama menyelesaikan Proyek Akhir.
6. Pihak-pihak lain yang telah memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan Proyek Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan Proyek Akhir ini masih jauh dari sempurna dikarenakan penulis adalah manusia biasa yang tidak luput dari

kesalahan. Karena yang benar hanya datang dari Allah SWT dan yang salah datang dari penulis sendiri. Oleh karena itu, sangat diharapkan segala petunjuk, kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar dapat menunjang pengembangan dan perbaikan penulisan selanjutnya.

Besar harapan penulis semoga makalah tugas akhir dan alat yang dibuat dapat memberikan manfaat bagi pihak yang berkepentingan pada khususnya dan baik bagi perkembangan ilmu teknologi pada umumnya.

Sungailiat, 19 Agustus 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTARCT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Proyek Akhir.....	2
BAB II DASAR TEORI.....	3
2.1 Sel Surya ( <i>Photovoltaic</i> ).....	3
2.2 Listrik AC ( <i>Alternating Current</i> ).....	5
2.3 <i>Maximum Power Point Tracking</i> (MPPT).....	6
2.4 Baterai VRLA ( <i>Valve Regulated Lead Acid</i> ).....	8
2.4.1 Karakteristik Baterai VRLA ( <i>Valve Regulated Lead Acid</i> ).....	8
2.4.2 Proses <i>Charge Discharge</i> dengan Daya Konstan.....	8
2.5 <i>Inverter</i> .....	10
2.7 Sistem Kontrol.....	11
2.7.1 <i>Arduino Uno</i> .....	12
2.7.2 Sensor PIR ( <i>Passive Infra Red</i> ).....	13
2.7.3 LDR ( <i>Light Dependent Resistor</i> ).....	15
2.7.4 Sensor Tegangan DC.....	16
2.7.5 Sensor INA219.....	17
2.7.6 <i>Buck Converter</i> .....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Survei dan Pengumpulan Data dan Pengolahan Data.....	23



3.2	Perancangan Minitur Rumah.....	23
3.3	Pembuatan Miniatur Rumah.....	23
3.4	Perakitan Miniatur Rumah.....	23
3.5	Perancangan <i>Hardware</i> Elektrik <i>Prototype</i> PLTS dan PLN dengan <i>Automatic Transfer Switch</i> (ATS).....	24
3.6	Proses Pembuatan <i>Hardware</i> Elektrik <i>Prototype</i> PLTS dan PLN dengan <i>Automatic Transfer Switch</i> (ATS).....	24
3.7	Pengujian <i>Hardware</i> Elektrik <i>Prototype</i> PLTS dan PLN dengan <i>Automatic Transfer Switch</i> (ATS).....	24
3.8	Perancangan Software Arduino UNO <i>Prototype</i> PLTS dan PLN dengan <i>Automatic Transfer Switch</i> (ATS).....	24
3.9	Pembuatan <i>Software</i> Arduino UNO <i>Prototype</i> PLTS dan PLN dengan <i>Automatic Transfer Switch</i> (ATS).....	24
3.10	Perakitan <i>Hardware</i> Eletrik dan Software <i>Prototype</i> PLTS dan PLN dengan <i>Automatic Transfer Switch</i> .....	25
3.11	Pengujian <i>Prototype</i> PLTS dan PLN dengan ATS.....	25
3.12	Pembuatan Laporan Proyek Akhir.....	25
BAB IV PEMBAHASAN.....		26
4.1	Diagram Blok.....	26
4.2	Perancangan Miniatur Rumah.....	27
4.3	Pembuatan Miniatur Rumah.....	28
4.4	Perancangan <i>Hardware</i> Elektrik Sistem Hibrid PLTS dan PLN dengan <i>Automathic Transfer Switch</i> .....	29
4.4.1	Sensor Tegangan DC.....	29
4.4.2	Sensor INA219.....	34
4.4.3	Sensor LDR (Light Dependent Resistor).....	38
4.4.4	Sensor PIR (Passive Infrared) HC-SR50.....	41
4.4.5	<i>Arduino UNO</i> .....	43
4.5	Pengujian Sistem Hibrid PLTS dan PLN dengan ATS.....	46
4.5.1	<i>Sollar cell</i> .....	46
4.5.2	ATS (Automatic Transfer Switch).....	50
4.5.3	Baterai VRLA (Valve Regulated Lead Acid).....	52
BAB V PENUTUP.....		55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran.....	55



## 8. DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Spesifikasi Arduino UNO.....	13
Tabel 2.2 Tabel Spesifikasi Sensor LDR ( <i>Light Dependent Resistor</i> ).....	16
Tabel 2.3 Pin dari Modul Sensor Tegangan.....	17
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Sensor Tegangan DC.....	32
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor Arus INA219.....	36
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sensor LDR.....	40
Tabel 4.4 Pengujian Sensor PIR.....	43
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Pin Output Arduino UNO.....	45
Tabel 4.6 Data hasil pengukuran <i>solar cell</i> .....	48
Tabel 4.7 Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN dengan ATS.....	52
Tabel 4.8 Beban Pengujian Lampu Penerangan.....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sel Surya ( <i>Photovoltaic</i> ).....	3
Gambar 2.2 Rangkaian ekivalen <i>sollar cell</i> .....	4
Gambar 2.3 Kurva daya keluaran panel surya.....	4
Gambar 2.4 Kurva Karakteristik <i>output solar cell</i> .....	5
Gambar 2.5 Gelombang sinusoidal listrik AC [4].....	6
Gambar 2.6 <i>Maximum Power Point Tracking</i> .....	7
Gambar 2.7 Kurva Prinsip kerja MPPT.....	7
Gambar 2.8 Proses <i>Charge</i> .....	8
Gambar 2.9 Proses <i>Discharge</i> dengan Daya Konstan.....	9
Gambar 2.10 Proses <i>Discharge</i> dengan Resistansi Konstan.....	9
Gambar 2.11 <i>Inverter</i> .....	10
Gambar 2.12 Gelombang Sinus <i>inverter</i> .....	11
Gambar 2.13 Diagram umum sistem kontrol [5].....	12
Gambar 2.14 <i>Arduino Uno</i> .....	12
Gambar 2.15 Sensor PIR ( <i>Passive Infra Red</i> ).....	14
Gambar 2.16 Ruang cakup pendeteksi sensor PIR [7].....	14
Gambar 2.17 Metode penentuan sudut sensor PIR [7].....	15
Gambar 2.18 Sensor LDR ( <i>Light Dependent Resistor</i> ).....	15
Gambar 2.19 Rangkaian Ekivalen Sensor LDR.....	16
Gambar 2.20 Sensor Tegangan DC.....	17
Gambar 2.21 Sensor INA219.....	18
Gambar 2.22 Rangkaian Ekivalen <i>Buck Converter</i> .....	19
Gambar 2.23 <i>Buck Converter</i> .....	19
Gambar 3.1 <i>Flowchart Prototype</i> Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN Untuk Penghematan Daya Lampu Penerangan Rumah Tangga.....	22
Gambar 4.1 Diagram Blok <i>Prototype</i> Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN Untuk Penghematan Daya Lampu Penerangan Rumah Tangga.....	26
Gambar 4.2 Desain perancangan miniatur rumah.....	27
Gambar 4.3 Denah Pembuatan Miniatur Rumah.....	28
Gambar 4.4 Miniatur Rumah Yang Telah Jadi.....	28
Gambar 4.5 Skematik Sistem Kontrol Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN dengan ATS.....	29
Gambar 4.6 Skematik Sensor Tegangan DC.....	30
Gambar 4.7 Pemasangan sensor tegangan DC.....	30
Gambar 4.8 Rangkaian Pengujian Sensor Tegangan DC.....	31
Gambar 4.9 Pengujian A sensor tegangan DC terhadap alat ukur multimeter.....	32

Gambar 4.10 Pengujian B sensor tegangan DC terhadap alat ukur multimeter....	33
Gambar 4.11 Pengujian C sensor tegangan DC terhadap alat ukur multimeter.....	33
Gambar 4.12 Skematik Sensor Arus (INA219).....	35
Gambar 4.13 Pemasangan sensor INA219.....	35
Gambar 4.14 Skema Pengujian Sensor INA219.....	36
Gambar 4.15 Pengujian sensor INA219 terhadap alat ukur multimeter.....	37
Gambar 4.16 Skematik Sensor LDR (Light Dependent Resistor).....	38
Gambar 4.17 Pemasangan Sensor LDR (Light Dependent Resistor).....	39
Gambar 4.18 Rangkaian Pengujian Sensor LDR.....	39
Gambar 4.19 Pengujian A sensor LDR terhadap alat ukur.....	40
Gambar 4.20 Pengujian B sensor LDR terhadap alat ukur.....	40
Gambar 4.21 Pengujian C sensor LDR terhadap alat ukur.....	41
Gambar 4.22 Skematik Sensor PIR.....	41
Gambar 4.23 Pemasangan sensor PIR.....	42
Gambar 4.24 Jangkauan Pengujian Sensor PIR HC-SR501.....	42
Gambar 4.25 Skematik Pengujian <i>Arduino UNO</i> .....	44
Gambar 4.26 Pemasangan <i>Arduino UNO</i> .....	45
Gambar 4.27 Blok Pengujian <i>Arduino UNO</i> .....	45
Gambar 4.28 Hasil Pengujian <i>Arduino UNO</i> .....	46
Gambar 4.29 Skematik <i>Sollar Cell</i> .....	47
Gambar 4.30 Pengujian <i>Sollar cell</i> .....	47
Gambar 4.31 Grafik Tegangan terhadap Arus dengan Beban 5,6 $\Omega$ .....	49
Gambar 4.32 Grafik Tegangan terhadap Arus dengan Beban 5,6 $\Omega$ .....	49
Gambar 4.33 Grafik Daya terhadap Waktu dengan Beban 5,6 $\Omega$ .....	50
Gambar 4.34 Skema Perancangan Sistem ATS ( <i>Automatic Transfer Switch</i> ).....	51
Gambar 4.35 Pengujian A.....	51
Gambar 4.36 Pengujian B.....	51

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran : Program Arduino Uno Sistem Hibrid

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Pemakaian energi listrik saat ini kebanyakan pada sektor rumah tangga tidak terkontrol sehingga pembayaran energi listrik menjadi sangat tinggi. Salah satu cara yang bisa diterapkan untuk mengatasi hal ini, yaitu melakukan penghematan atau efisiensi. Penghematan bisa dilakukan dengan menggunakan sumber alternatif selain PLN atau penggabungan energi listrik dari PLN dengan sumber energi terbarukan serta melakukan sistem kontrol pada penggunaan beban pada rumah tangga. Energi surya sangat cocok menjadi alternatif penggunaan energi terbarukan karena Indonesia merupakan daerah tropis yang memiliki potensi energi matahari sangat besar dengan insolasi harian rata-rata 4,5-4,8 KWh/m<sup>2</sup> hari [1]. Kelemahan dari energi surya adalah pada saat malam hari dimana panel surya tidak bisa menghasilkan energi listrik. Pemakaian energi listrik pada beban khususnya penggunaan lampu penerangan di sektor rumah tangga saat ini masih banyak melakukan pemborosan energi. Untuk itu perlu dilakukan kontrol atau pengaturan penggunaan lampu sesuai dengan kebutuhan. Pengontrolan penggunaan lampu dilakukan dengan aplikasi sensor yang akan mendeteksi waktu siang atau malam dan juga akan di gabungkan dengan sensor *Passive Infra Red* (PIR) yang akan membantu mendeteksi bayangan untuk menyalakan lampu [3].

Dari permasalahan diatas maka penelitian ini membuat *prototype* PLTS dan PLN untuk penghematan daya lampu penerangan rumah tangga. Maka penghematan energi dapat dilakukan penghematan pada pembangkit dan penghematan pada beban. Pada pembangkit energi listrik utama akan diarahkan dari pembangkit *sollar cell* dan jika intensitas matahari tidak cukup untuk *supply solar cell* atau pemakaian energi listrik yang dihasilkan *sollar cell* tidak mencukupi maka sistem kontrol akan *switch* PLN sedangkan pemakaian energi listrik pada beban dilakukan sistem kontrol untuk penyalaan dan pemadaman lampu sesuai dengan pemakaian. Semua sistem kontrol akan dibuat menggunakan

kontrol mikrokontroller sehingga alat ini akan menghasilkan *prototype* yang efisiensi dalam pemakaian energi di masa depan.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan *prototype* PLTS dan PLN.
2. Bagaimana perancangan sistem kontrol lampu penerangan tersebut dapat menghemat energi.
3. Bagaimana kinerja penggabungan PLTS dan PLN terhadap lampu penerangan rumah tangga untuk penghematan energi.

### **1.3 Batasan Masalah**

Dalam perancangan dan pembuatan proyek akhir ini terdapat batasan masalah antara lain :

1. *Solar cell* yang digunakan adalah 20WP
2. Baterai aki yang digunakan 12 V/7,2 aH
3. Beban yang digunakan adalah lampu AC hemat energi dengan total daya 15W

### **1.4 Tujuan Proyek Akhir**

Tujuan dalam proyek akhir ini adalah:

1. Mendapatkan *prototype* PLTS dan PLN.
2. Mendapatkan sistem kontrol lampu penerangan tersebut sehingga menghemat energi.
3. Mendapatkan kinerja penggabungan PLTS dan PLN terhadap lampu penerangan rumah tangga untuk penghematan energi.



## 2. BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Sel Surya (*Photovoltaic*)

Sel surya mempunyai kemampuan untuk mengubah pancaran cahaya menjadi daya listrik. Energi cahaya membangkitkan tegangan yang dihubungkan dengan beban sehingga teraliri arus pada waktu yang sama. Listrik tenaga matahari yang didapat dari *sollar cell* yang akan mengkonfirmasikan energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik. *Solar cell* merupakan komponen vital yang di proyek akhir ini dan terbuat dari bahan semi konduktor.



Gambar 2.1 Sel Surya (*Photovoltaic*)

*Sollar cell* seperti gambar 2.1 *sollar cell* yang digunakan yaitu jenis *Poly crystalline* karena harga dipasaran lebih terjangkau dan perawatannya lebih mudah . Jenis lain dari *sollar cell* yang digunakan seperti *Mono-crystalline* dan *Gallium Arsenide*.

Pada saat sel dalam kondisi *short circuit*, arus maksimum atau arus *short circuit* ( $I_{sc}$ ) dihasilkan, sedangkan pada kondisi *open circuit* tidak ada arus yang dapat mengalir sehingga tegangannya maksimum, disebut tegangan *open-circuit* ( $V_{oc}$ ). Titik pada kurva I-V yang menghasilkan arus dan tegangan maksimum disebut titik daya maksimum (MPP) [2, 1]. Karakteristik penting lainnya dari sel surya yaitu *fill factor* (FF), dengan persamaan:

$$FF = \left[ \frac{\left( \frac{V_{oc0}^C}{V_{T0}^C} \right) - \ln \left( \frac{V_{oc0}^C}{V_{T0}^C} + 0.72 \right)}{\left( \frac{V_{oc0}^C}{V_{T0}^C} + 1 \right)} \right] \dots\dots\dots$$

....(2.1)

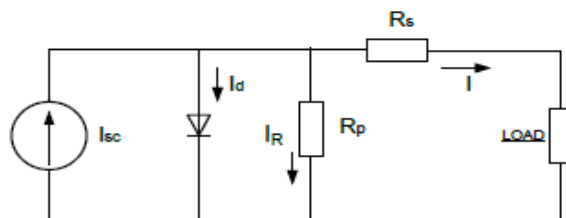
Dengan menggunakan *fill factor* maka maksimum daya dari sel surya didapat dari persamaan,

$$P_{MAX} = V_{OC} \cdot I_{SC} \cdot FF \dots\dots\dots(2.2)$$

Sehingga efisiensi koversi energi sel surya didefinisikan sebagai daya yang dihasilkan dari sel ( $P_{max}$ ) dibagi dengan daya dari cahaya yang datang ( $P_{cahaya}$ )

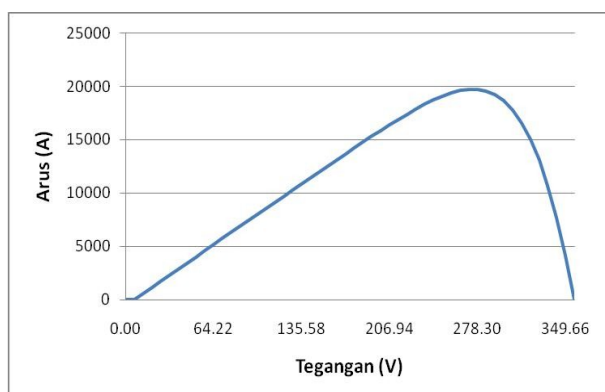
$$\eta = \frac{P_{MAX}}{P_{Cahaya}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Nilai efisiensi ini yang menjadi ukuran global dalam menentukan kualitas performansi suatu sel surya. Rangkaian ekivalen *sollar cell* dapat digambarkan seperti gambar 2.2. persamaan karakteristik untuk pemodelan *sollar cell* diberikan sebagai berikut.



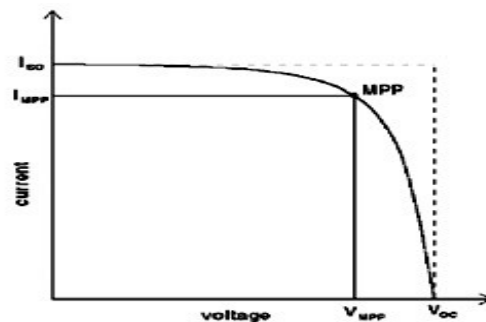
Gambar 2.2 Rangkaian ekivalen *sollar cell*

Dari karakteristik I-V Gambar 2.2 dapat dilihat bahwa *sollar cell* adalah sebuah sumber arus, yaitu membangkitkan arus konstan untuk tegangan keluaran yang variabel.



Gambar 2.3 Kurva daya keluaran panel surya

*Sollar cell* dapat membangkitkan daya maksimum apabila tegangan keluaran solar sel adalah sebesar  $V_{mpp}$  (Tegangan kerja). Karakteristik *output* dari *solar cell* dapat dilihat pada kurva performasi, disebut I-V curve. I-V curve menunjukkan hubungan antara arus dan tegangan dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Kurva Karakteristik *output solar cell*

## 2.2 Listrik AC (*Alternating Current*)

Tulisan yang sering dijumpai pada meteran listrik rumah “220V, 50Hz” maksudnya ialah 220V menunjukkan bahwa listrik di rumah mendapatkan tegangan sebesar 220 volt, sementara bagian 50Hz menunjukkan bahwa arus listrik yang tiba di rumah itu adalah listrik bolak-balik dengan frekuensi sebesar 50 Hz (50 gelombang per detik). Jadi dari angka 50 Hz tersebut kita tahu bahwa listrik yang sampai di rumah adalah listrik bolak-balik.

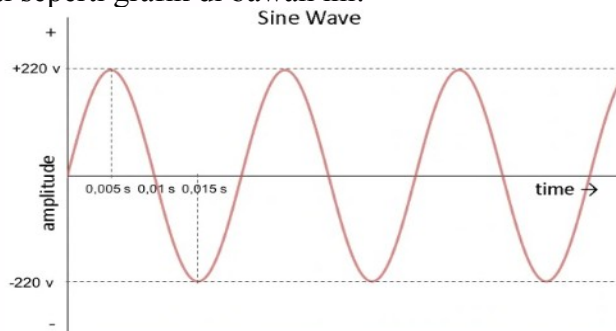
Di Indonesia, sebagian besar listrik yang dipakai di rumah-rumah memiliki standard seperti di atas, yaitu 220 volt, 50 Hz. Di negara-negara Eropa seperti Perancis, Jerman, Italia, Yunani, dan lain-lain, standardnya adalah 230 volt, 50 Hz. Standard di setiap negara bisa berbeda, tapi yang jelas, semua negara di seluruh dunia itu menggunakan arus bolak-balik untuk transmisi listrik ke rumah-rumah [4].

Energi listrik tersebut bisa mengubah menjadi energi bentuk lain sesuai kebutuhan misalnya menjadi energi cahaya (lampu), energi panas (kompor listrik,

pemanas ruangan, pendingin ruangan, kulkas, dsb), menjadi energi kinetik (kipas angin, alat cukur rambut, dsb), dan sebagainya.

Saat lampu di rumah menyala-redup tetapi mata tidak sensitif terhadap perubahannya karena berlangsung dengan sangat cepat dan frekuensi listrik AC di rumah adalah 50 Hz (umumnya di Indonesia 50 Hz). Berarti, dalam 1 detik, terdapat 50 gelombang. Jadi dalam 1 detik, listrik AC tersebut bergerak bolak-balik sebanyak 50 kali. Mata tidak bisa mendeteksi nyala-redup yang secepat itu.

Pada listrik AC, arus listriknya terkadang bergerak searah jarum jam, terkadang bergerak berlawanan arah dengan jarum jam. Biasanya, perubahannya itu berupa sinusoidal seperti grafik di bawah ini:



Gambar 2.5 Gelombang sinusoidal listrik AC [4]

Pada grafik di atas bahwa pada  $t=0$  tegangannya nol, kemudian pada  $t = 0,005$  detik tegangannya +220 volt, pada  $t = 0,01$  detik tegangannya nol lagi, dan pada  $t = 0,015$  detik tegangannya -220 volt, dan seterusnya. Ini adalah contoh listrik AC dengan frekuensi 50 Hz (berarti periode =  $T = 1/50$  detik = 0,02 detik). Tegangan yang kadang positif dan kadang negatif ini membuat arusnya terkadang bergerak searah jarum jam, terkadang sebaliknya [4].

### 2.3 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

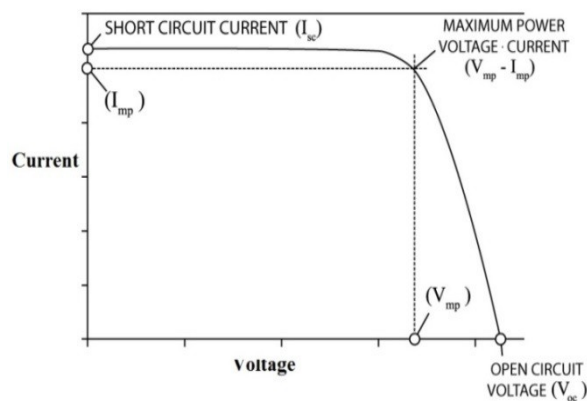
*Maximum Power Point Tracking* atau MPPT digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan dan arus yang optimal sehingga daya yang didapat keluaran yang maksimal dari sel *Photovoltaic*. Pada Proyek Akhir ini, kami menggunakan MPPT seri T20 20A.



Gambar 2.6 *Maximum Power Point Tracking*

Prinsip kerja dari MPPT adalah menaikkan dan menurunkan tegangan kerja sel surya. Apabila dalam suatu sistem sel surya, tegangan kerja sel surya jatuh pada daerah disebelah kiri  $V_{mp}$  (tegangan kerja lebih kecil daripada tegangan  $V_{mp}$ ), maka tegangan kerja sel surya akan dinaikkan sampai mencapai  $V_{mp}$ , begitu juga sebaliknya apabila tegangan kerja sel surya lebih besar daripada  $V_{mp}$  (tegangan kerja lebih besar daripada  $V_{mp}$ ), maka tegangan kerja sel surya akan diturunkan sampai mencapai  $V_{mp}$ . Setelah mencapai tegangan *maximum point*, secara otomatis daya keluaran pada sel surya juga akan menjadi maksimal.

PV modul apabila disambungkan pada beban yang bervariasi akan menghasilkan keluaran daya yang berbeda-beda, tergantung pada besarnya nilai hambatan beban tersebut. Titik kerja PV akan berubah sesuai dengan perubahan nilai hambatan beban. Titik kerja tersebut adalah pada  $V_{mp}$ , dan  $I_{mp}$ , dan akan menghasilkan  $P_{max}$ . *Output* MPPT dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Kurva Prinsip kerja MPPT

## 2.4 Baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*)

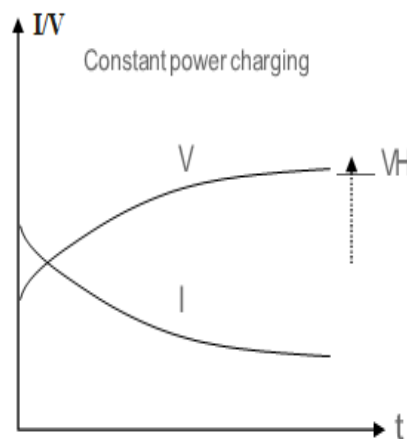
Baterai/aki dibagi dalam 2 jenis yaitu aki basah dan aki kering. Aki basah adalah aki yang menggunakan cairan sebagai media untuk menyimpan energi listrik, sedangkan aki kering adalah aki yang menggunakan serbuk untuk menyimpan energi listrik, aki kering harus dijaga pada tegangan tertentu agar aki kering tetap dalam keadaan baik [5]. Pada proyek akhir ini, kami menggunakan aki kering.

### 2.4.1 Karakteristik Baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*)

Baterai ini tidak memiliki katup, tidak ada akses ke elektrolit dan total *sealed*. Dengan demikian baterai jenis ini tidak memerlukan maintenance. Baterai *deep cycle*, adalah baterai yang cocok untuk sistem *solar cell*, karena dapat discharge sejumlah arus listrik secara konstan dalam waktu yang lama. Umumnya baterai *deep cycle* dapat *discharge* sampai dengan 80% kapasitas baterai. Battery (*accumulator*) merupakan salah satu komponen yang sangat penting untuk memberikan *supply* tenaga, akan tetapi dalam alat ini, accumulator digunakan untuk menyimpan energi listrik yang berasal dari *solar cell*.

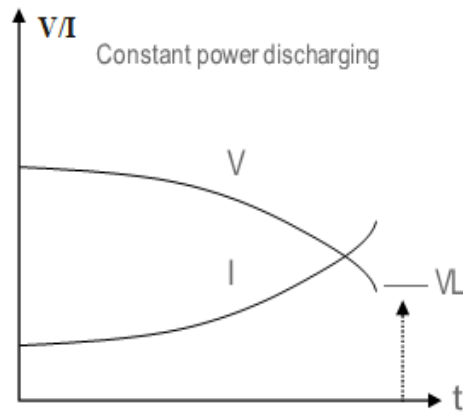
### 2.4.2 Proses *Charge Discharge* dengan Daya Konstan

Proses *Charge* dengan daya konstan yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 dilakukan ketika tegangan naik dan arus turun, proses ini berakhir ketika *set time* terpenuhi atau tegangan pada *battery* terpenuhi.

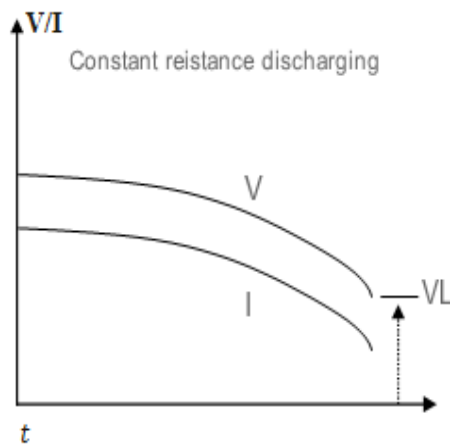


Gambar 2.8 Proses *Charge*

Sedangkan proses *discharge* dengan daya konstan yang ditunjukkan pada gambar 2.10 dilakukan ketika tegangan *baterry* turun dan arus naik dan *discharge* berakhir saat *set time* terlampaui atau tegangan beban terpenuhi.



Gambar 2.9 Proses *Discharge* dengan Daya Konstan



Gambar 2.10 Proses *Discharge* dengan Resistansi Konstan

Gambar 2.10 menunjukkan proses *discharge* dengan resistansi konstan ketika tegangan *baterry* turun dan arus juga turun. Untuk mengetahui waktu dalam proses pengisian *accumulator*, dapat menggunakan perhitungan pada persamaan [5]:

- Lama Pengisian Arus

$$Ta = \frac{Ah}{h} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

Ta = Lamanya pengisian arus (jam).

Ah = Besarnya kapasitas *accumulator* (Ampere hours).

A = Besarnya arus pengisian ke *accumulator* (Ampere).

- Lama Pengisian Daya

$$Td = \frac{\text{daya Ah}}{\text{daya A}} \dots\dots\dots$$

....(2.7)

Keterangan :

Td = Lamanya pengisian Daya (jam)

Daya Ah = Besarnya daya yang didapat dari perkalian Ah dengan besar tegangan *accumulator* (Watt hours).

Daya A = Besarnya daya yang didapat dari perkalian A dengan besar tegangan *accumulator* (Watt)

### 2.5 Inverter

*Inverter* diperlukan untuk menyediakan sumber arus AC untuk perangkat listrik seperti lampu, televisi, pompa air dll. Untuk memperoleh daya bolak balik (AC) dari sumber arus searah *fotovoltaik* diperlukan *inverter* yang dapat mengkonversikan daya DC kedalam bentuk daya AC.



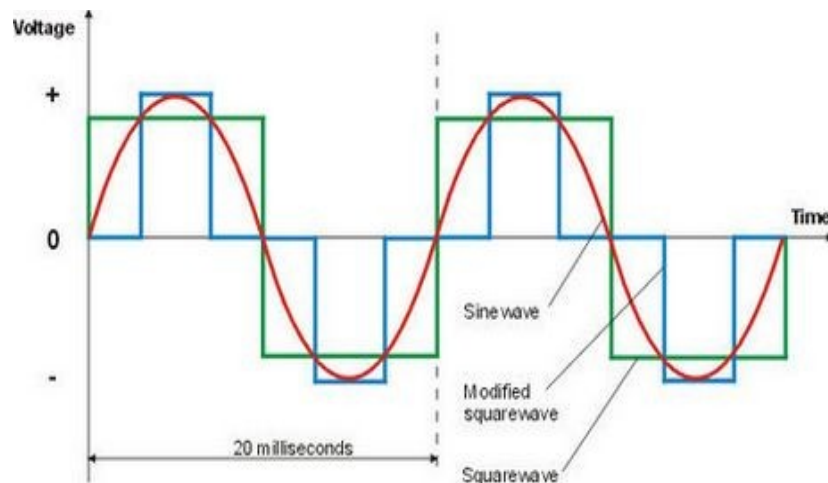
Gambar 2.11 *Inverter*

Terdapat tiga faktor yang perlu diperhatikan dalam memilih *inverter*, yaitu :

1. Tipe gelombang yang dihasilkan
2. Tegangan masukan
3. Daya keluaran



Tipe gelombang yang dihasilkan *inverter* sangatlah penting diperhatikan terutama jika beban-beban AC tersebut adalah motor-motor. Distorsi harmonik yang ditimbulkan harus serendah mungkin. Umumnya harga *inverter* sebanding dengan kualitas gelombang sinus yang dihasilkan. Pemilihan dalam ukuran *inverter* yang tepat, memungkinkan *inverter* tersebut memiliki kapasitas yang cukup untuk menahan (menerima) beban surge yang terjadi saat pengasutan beban motor (jika ada). Pemilihan *inverter* diharapkan memiliki regulasi yang baik, distorsi harmonik yang rendah keandalan yang tinggi. Efisiensi *inverter* yang ada dipasaran saat ini mencapai 90 % hingga 98 %.



Gambar 2.12 Gelombang Sinus *inverter*

Penentuan kapasitas *inverter* yang digunakan dalam sistem ini menggunakan persamaan :

$$P_i = \frac{\text{daya beban maksimum} \times A}{\text{faktor daya}} \dots\dots\dots$$

....(2.8)

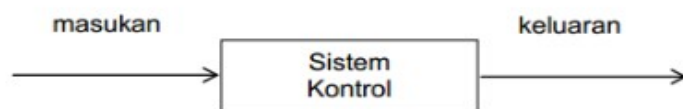
Dimana :

P<sub>i</sub> = Kapasitas *inverter* (KVA)

A = Factor keamanan inverter = 1,3 sampai 1,8

## 2.7 Sistem Kontrol

Sistem kontrol (*Control System*) adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur keadaan dari suatu alat yang berguna untuk membantu dan memudahkan manusia. Sasaran sistem kontrol untuk mengatur keluaran (*output*) dalam suatu sikap / kondisi / keadaan yang telah ditetapkan oleh masukan (*input*) melalui elemen sistem kontrol [5].



Gambar 2.13 Diagram umum sistem kontrol [5]

### 2.7.1 *Arduino*

#### *Uno*

*Arduino Uno* adalah sebuah rangkaian yang dikembangkan dari mikrokontroler berbasis ATmega328. Kelebihan *Arduino* diantaranya adalah tidak perlu perangkat chip programmer karena didalamnya sudah ada bootloader yang akan menangani upload program dari komputer, *arduino* sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial / RS323 bisa menggunakannya.



Gambar 2.14 *Arduino Uno*

Bahasa pemrograman relatif mudah karena *software* arduino dilengkapi dengan kumpulan *library* yang cukup lengkap, dan arduino memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bisa ditancapkan pada *board* arduino. Misalnya *shield* GPS, *Ethernet*, *SD Card*, dll [3]. Spesifikasi dari Arduino UNO dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

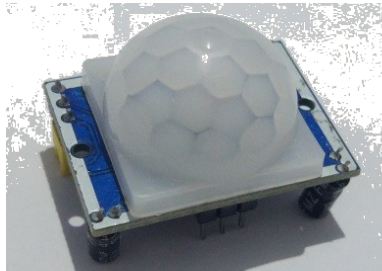
Tabel 2.1 Tabel Spesifikasi Arduino UNO

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Mikrokontroler	ATmega328
2	Tegangan Operasi	5V
3	Tegangan <i>input</i> yang disarankan	7-12V
4	Batas tegangan <i>input</i>	6-20V
5	Jumlah pin I/O digital	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
6	Jumlah pin <i>input</i> analog	6
7	Jumlah pin I/O PWM	6
8	Arus DC tiap pin I/O	20 Ma
9	Arus DC untuk pin 3.3V	50 Ma
10	Memori Flash	32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader
11	SRAM	2 KB (ATmega328)
12	EEPROM	1 KB (ATmega328)
13	Clock Speed	16 MHz
14	LED_BUILTIN	13
15	Panjang	68.6mm
16	Lebar	53.4mm

### 2.7.2 Sensor PIR (*Passive Infra Red*)

Sensor PIR (*Passive Infra Red*) adalah sebuah sensor yang biasa digunakan untuk mendeteksi keberadaan manusia dengan menangkap pancaran sinyal inframerah yang dikeluarkan oleh tubuh manusia maupun hewan. Sensor PIR dapat merespon perubahan- perubahan pancaran sinyal inframerah yang dipancarkan oleh tubuh manusia. Keadaan ruangan dengan perubahan temperatur pada manusia dalam suatu ruangan menjadi nilai awal (*set point*) yang menjadi acuan dalam sistem pengontrolan. Perubahan temperatur pada manusia dalam

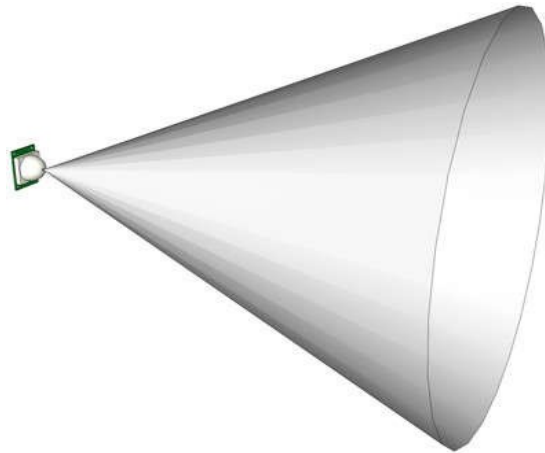
ruangan akan terdeteksi oleh Sensor PIR. Dikatakan PIR (*Passive Infra Red*) karena sensor ini hanya mengenali lingkungan tanpa adanya energi yang harus dipancarkan [6,7].



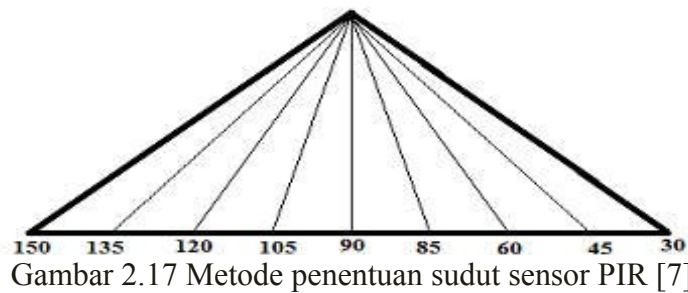
Gambar 2.15 Sensor PIR (*Passive Infra Red*)

Arus listrik inilah yang akan menimbulkan tegangan dan dibaca secara analog oleh sensor. Kemudian sinyal ini akan dikuatkan oleh penguat dan dibandingkan oleh komparator dengan tegangan referensi tertentu (keluaran berupa sinyal 1-bit). Jadi sensor PIR hanya akan mengeluarkan logika 0 dan 1, 0 saat sensor tidak mendeteksi adanya pancaran infra merah dan 1 saat sensor mendeteksi infra merah.

Sensor PIR didesain dan dirancang hanya mendeteksi pancaran infra merah dengan panjang gelombang 8 – 14 mikrometer. Diluar panjang gelombang tersebut sensor tidak akan mendeteksinya. Secara umum sensor PIR memang dirancang untuk mendeteksi manusia. Untuk manusia sendiri memiliki suhu badan yang dapat menghasilkan pancaran infra merah dengan panjang gelombang antara 9 - 10 mikrometer (nilai standar 9,4 mikrometer), panjang gelombang tersebut dapat terdeteksi oleh sensor PIR [6].



Gambar 2.16 Ruang cakup pendeteksi sensor PIR [7]



Gambar 2.17 Metode penentuan sudut sensor PIR [7]

Gambar 2.16 adalah metode penentuan sudut dan jarak untuk mengambil data sensor PIR. Berikut adalah rumus trigonometri untuk perhitungan jarak dan sudut terhadap sensor :

$$hypotenuse = \frac{opposite}{\cos \theta} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

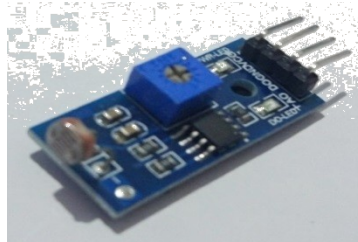
hypotenuse = jarak yang terjauh yang dicari

opposite = jarak tegak lurus dengan sensor

cos  $\theta$  = sudut siku-siku dikurang sudut yang diinginkan

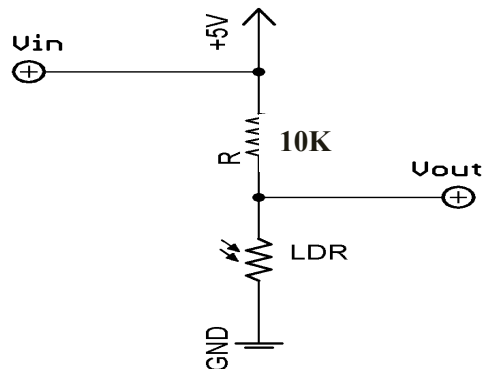
### 2.7.3 LDR (*Light Dependent Resistor*)

LDR (*Light Dependent Resistor*) merupakan salah satu jenis resistor yang disebut sebagai fotoresistor. Nilai hambatan LDR dipengaruhi oleh cahaya yang diterima dari lingkungan sekitar.



Gambar 2.18 Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)

Resistansi LDR dapat berubah-ubah tergantung pada intensitas cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri.



Gambar 2.19 Rangkaian Ekuivalen Sensor LDR

Untuk menghitung tegangan keluaran pada LDR digunakan persamaan berikut.

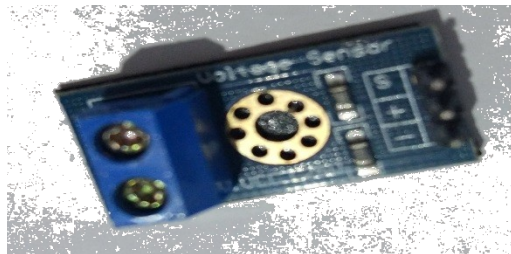
$$V_o = \frac{LDR}{LDR + R_1} V_{cc}$$

..(2.10)

Tabel 2.2 Tabel Spesifikasi Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)

2.7.4	No	Pin LDR	Keterangan Pin	Sensor
DC tegangan	1	Vo	Tegangan keluaran	<b>Tegangan</b>
	2	LDR	Resistansi LDR	
	3	R1	Resistor	Sensor
	4	Vcc	Tegangan masuk	DC yaitu

didasarkan pada prinsip penekanan resistansi, dan dapat membuat tegangan *input* berkurang hingga 5 kali dari tegangan asli. Bentuk modul sensor tegangan seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.20 Sensor Tegangan DC

Sensor Tegangan dapat digunakan dengan arduino untuk mengukur tegangan eksternal yang lebih besar dari nilai maksimum yang dapat diterima yaitu 5V [5].

Tabel 2.3 Pin dari Modul Sensor Tegangan

No	Pin Sensor	Keterangan Pin
1	VCC	Terminal positif dari tegangan yang akan diukur (0-25V)
2	GND	Terminal negatif dari tegangan yang akan diukur
3	S	<i>Input</i> Analog dari Arduino
4	+	Tidak terhubung (N / C)
5	-	GND dari Arduino

Prinsip kerja modul sensor tegangan ini dapat membuat tegangan *input* mengurangi 5 kali dari tegangan asli. Sehingga, sensor hanya mampu membaca tegangan maksimal 25 V bila diinginkan Arduino analog input dengan tegangan 5 V, untuk tegangan 3,3 V, tegangan *input* harus tidak lebih dari 16.5 V. Pada dasarnya pembacaan sensor hanya dirubah dalam bentuk bilangan dari 0 sampai 1023, karena *chip* Arduino UNO memiliki 10 bit, jadi resolusi simulasi modul

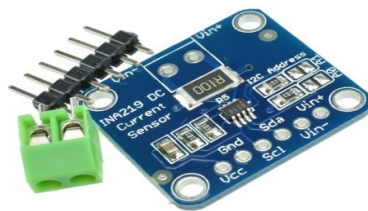
0,0049 V yaitu dari (5 V / 1023). Sehingga dapat dirumuskan seperti persamaan berikut :

$$V_{out} = \frac{AnalogRead(A1) \times 0,0049}{512} \quad (2.11)$$

### 2.7.5 Sensor INA219

Arus listrik adalah banyaknya muatan yang mengalir dalam suatu konduktor per satuan waktu. Pengukuran arus diperlukan untuk alat-alat seperti sensor tekanan termokopel gauge dan ionization gauge yang memiliki output dalam bentuk arus listrik. itu juga diperlukan pada sistem transmisi sinyal yang mengkonversi pengukuran sinyal ke arus. Sensor INA219 adalah alternatif sensor untuk modul sensor ACS712 guna mengukur arus DC. Modul sensor ini merupakan modul yang didukung dengan kemampuan ukur yang mampu mengukur sumber beban yang sampai 26 Vdc dan arus 3,2 Ampere.

Modul ini merupakan sensor yang berukuran kecil tapi keren dikarenakan tidak hanya mengukur arus, tapi juga tegangan lewat komunikasi I2C dengan tingkat presisi 1%. Dengan memanfaatkan perkalian hukum ohm, dapat juga menghitung daya watt-nya juga. Besaran daya yang mampu diukur menggunakan modul ini yaitu dapat mencapai lebih dari 75 watt daya.



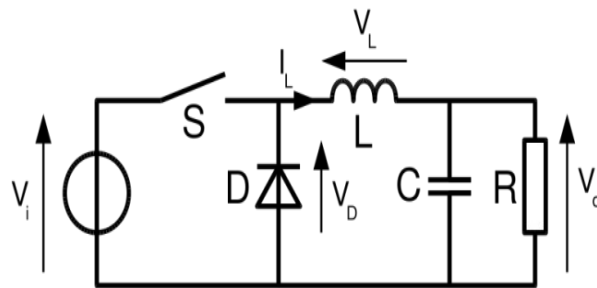
Sensor INA219 d Gambar 2.21 Sensor INA219 dan arus pada suatu rangkaian listrik. INA219 didukung dengan *interface* I2C atau SMBUS-COMPATIBLE dimana peralatan ini mampu memonitor tegangan shunt dan suplai tegangan bus, dengan konversi program *times* dan *filtering*. INA219 memiliki sebuah amplifier *input* maksimum adalah  $\pm 320\text{mV}$  ini berarti dapat mengukur sampai  $\pm 3,2$  A. Dengan internal 12 bit ADC , resolusi pada  $\pm$  kisaran



3.2 A adalah 0.8 mA . Dengan gain internal yang ditetapkan pada minimum div8 , maks saat ini adalah ± 400mA dan resolusi 0.1 mA.

### 2.7.6 Buck Converter

Prinsip kerja *buck converter* yaitu dengan kendali pensaklaran yang mana ketika saklar tertutup, dioda pada rangkaian bekerja pada kondisi reverse sehingga tegangan masukan mengalir ke induktor dan beban, Sedangkan ketika saklar terbuka, dioda bekerja pada kondisi forward sehingga energi yang disimpan di induktor dapat mengalir ke beban.



Gambar 2.22 Rangkaian Ekuivalen *Buck Converter*



Gambar 2.23 *Buck Converter*

Berikut merupakan persamaan umum sederhana tegangan keluaran yang dihasilkan dari *buck converter* [9] :

$$V_{out} = V_{in} \left( \frac{t_{ON}}{T} + T \right)$$

(2.12)

Keterangan :

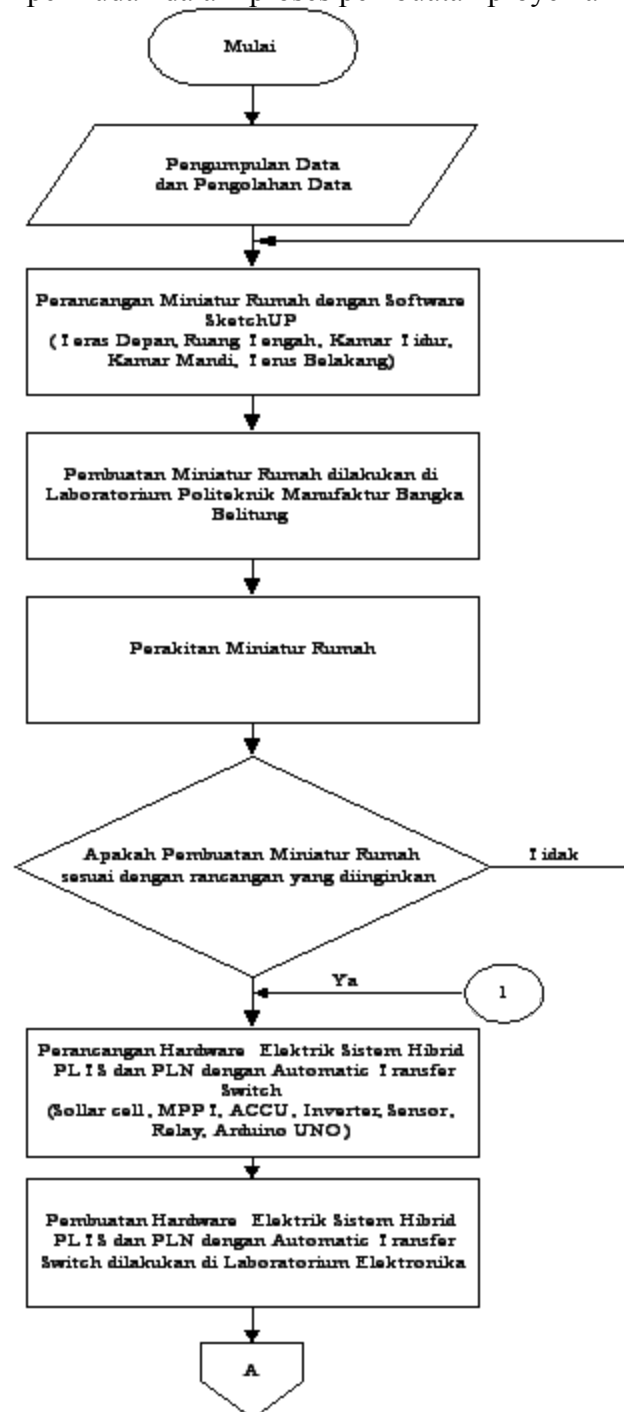
$V_{out}$  = tegangan keluaran (Volt)

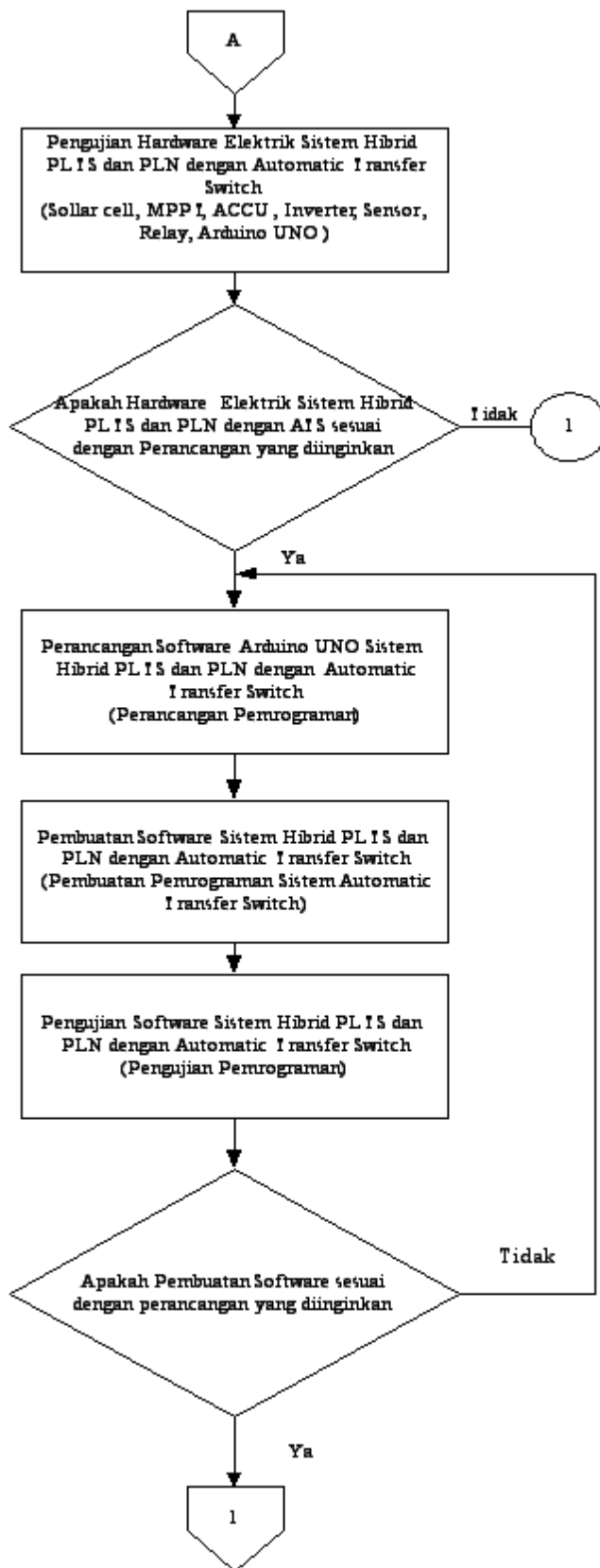
$V_{in}$  = tegangan masukan dalam (Volt)

$t_{ON}$  = waktu munculnya denyut tegangan positif dalam detik

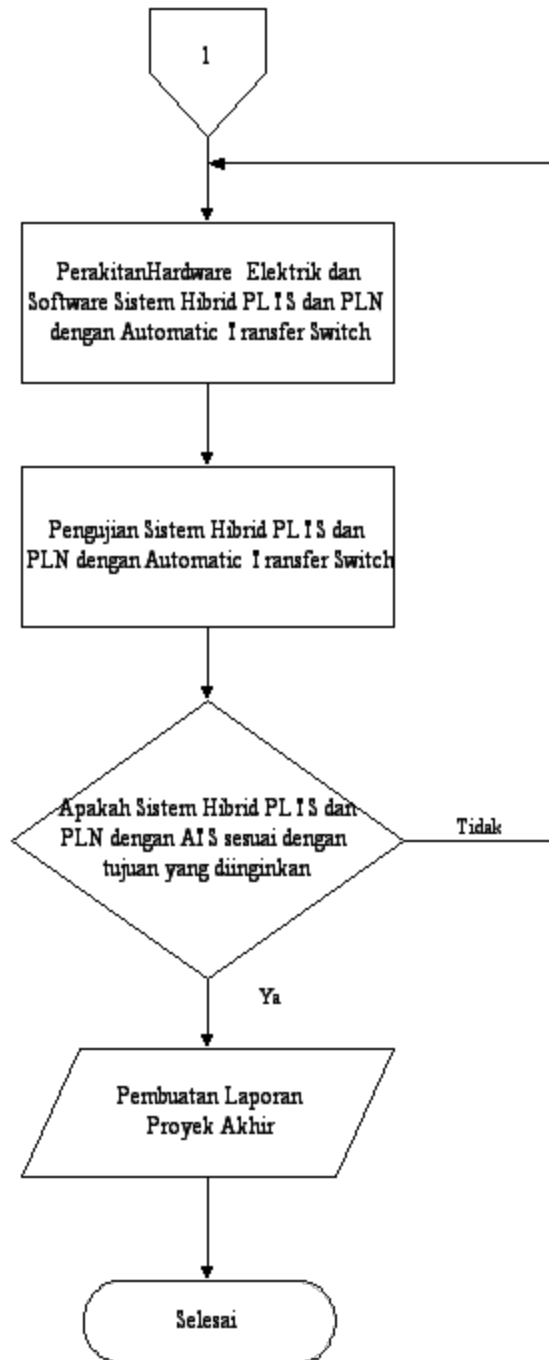
### 3. BAB III METODE PENELITIAN

Dalam pelaksanaan proyek akhir ini, dilakukan tahapan penelitian yang bertujuan untuk mempermudah dalam proses pembuatan proyek akhir.









Gambar 3.24 *Flowchart Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN Untuk Penghematan Daya Lampu Penerangan Rumah Tangga

### **3.1 Survei dan Pengumpulan Data dan Pengolahan Data**

Survei, pengumpulan data merupakan proses pencarian informasi data-data sumber referensi yang memiliki kaitan dengan data yang dibutuhkan dalam proses pengerjaan proyek akhir maupun penyusunan makalah proyek akhir. Pada tahap ini meliputi beberapa aspek sumber data, yaitu data primer (langsung) dan data sekunder (tidak langsung). Data primer yaitu didapatkan dari hasil survei ke lapangan serta konsultasi dengan dosen pembimbing. Hasil dari survei ke lapangan yang dilakukan di laboratorium elektronika Polman Babel. Sedangkan data sekunder yaitu pengumpulan data secara tidak langsung berupa pengumpulan data yang diperoleh dari referensi-referensi buku dan jurnal yang masih berhubungan dengan proyek akhir.

Setelah data-data dikumpulkan selanjutnya mengolah data yang sudah dikumpulkan berupa sistem kontrol dan komponen penunjang data, data-data yang telah didapatkan akan dipilih dan dikumpulkan untuk menjadi referensi dan acuan dalam pembuatan proyek akhir.

### **3.2 Perancangan Miniatur Rumah**

Perancang miniatur rumah dilakukan dengan *software sketchUP* yang meliputi perancangan teras depan, ruang tengah, kamar tidur, kamar mandi, teras belakang dan penentuan dimensi/ukuran serta bahan material yang akan digunakan.

### **3.3 Pembuatan Miniatur Rumah**

Pembuatan miniatur rumah dilakukan di Laboratorium elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dengan membuat konstruksi miniatur rumah meliputi pembuatan pada bagian-bagian ruangan tergantung pemakaian sensor. Pembuatan miniature rumah yang akan dibuat meliputi teras depan, ruang tengah, kamar tidur, kamar mandi, teras belakang, dan atap rumah.

### **3.4 Perakitan Miniatur Rumah**

Perakitan miniatur rumah tipe 70 dengan cara merakit masing-masing dari setiap bagian menggunakan triplek 3mm sesuai dengan bentuk dan ukuran yang direncanakan secara manual.

### **3.5 Perancangan *Hardware* Elektrik *Prototype* PLTS dan PLN dengan *Automatic Transfer Switch* (ATS)**

Proses pembuatan *hardware* elektrik Sistem Hibrid PLTS dan PLN dengan Automatic Transfer Switch (ATS) dilakukan dengan menentukan komponen elektrik yang akan digunakan seperti *Sollar cell*, *MPPT*, Aki, Inverter, Sensor, *Relay*, Arduino UNO.

### **3.6 Proses Pembuatan *Hardware* Elektrik *Prototype* PLTS dan PLN dengan *Automatic Transfer Switch* (ATS)**

Proses pembuatan *hardware* elektrik Sistem Hibrid PLTS dan PLN dengan Automatic Transfer Switch (ATS) dilakukan di laboratorium elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yaitu dengan membeli komponen elektrik yang telah jadi dan siap dipakai.

### **3.7 Pengujian *Hardware* Elektrik *Prototype* PLTS dan PLN dengan *Automatic Transfer Switch* (ATS)**

Pengujian dilakukan dengan menguji komponen elektrik untuk mengetahui apakah komponen yang dipakai bekerja sesuai dengan fungsi yang diinginkan dan dibutuhkan. Berikut uji coba hardware pada bagian elektrik diantaranya :

1. Uji coba sensor LDR, sensor PIR, sensor arus INA, sensor tegangan
2. Uji coba *Arduino UNO*
3. Uji coba *Sollar cell*

### **3.8 Perancangan Software Arduino UNO *Prototype* PLTS dan PLN dengan *Automatic Transfer Switch* (ATS)**

Perancangan software dilakukan dengan membuat perancangan berupa pemrograman Arduino UNO untuk mengotrol sistem penerangan lampu dan perancangan pemrograman dilakukan sesuai dengan penggunaan sensor-sensor.



### **3.9 Pembuatan *Software* Arduino UNO *Prototype* PLTS dan PLN dengan *Automatic Transfer Switch* (ATS)**

Pembuatan software yang akan dilakukan meliputi :

1. Pembuatan Pemrograman *system Automatic Transfer Switch* (ATS)
2. Pembuatan sistem kontrol lampu penerangan

### **3.10 Perakitan *Hardware* Elektrik dan *Software Prototype* PLTS dan PLN dengan *Automatic Transfer Switch***

Perakitan *Hardware* Elektrik dan *Software* Sistem Hibrid PLTS dan PLN dengan *Automatic Transfer Switch* dilakukan dengan cara merakit secara keseluruhan pada masing-masing dari miniatur rumah dan hardware elektrik yang telah dibuat menjadi satu kesatuan.

### **3.11 Pengujian *Prototype* PLTS dan PLN dengan ATS**

Uji coba keseluruhan dilakukan untuk mengetahui hasil akhir secara keseluruhan pada system yang dibuat, diantaranya:

1. Pengujian *sollar cell* untuk mengukur untuk tegangan, arus dan daya maksimum pada saat diberi berbagai kondisi, yaitu kondisi cerah, berawan, dan mendung.
2. Pengujian module MPPT dan lamanya pengisian ke baterai.
3. Pengujian *switch controller*.
4. Pengujian lampu penerangan meliputi pengujian sensor sebagai input dalam pengontrolan lampu penerangan.

### **3.12 Pembuatan Laporan Proyek Akhir**

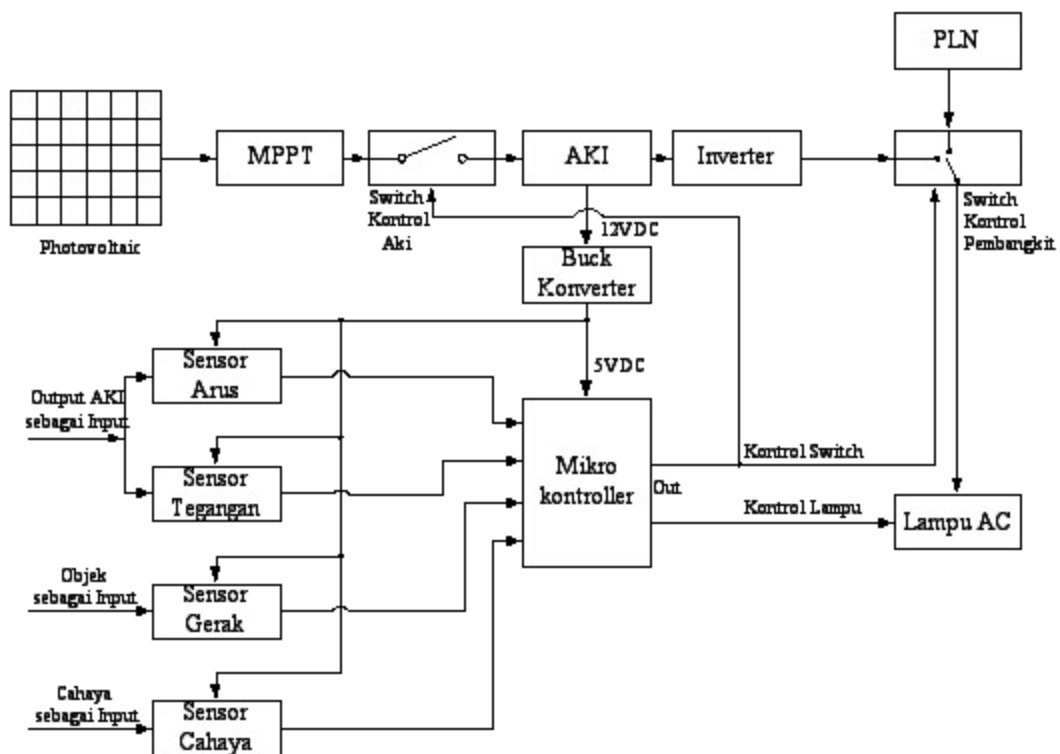
Tahap ini merupakan tahap terakhir dalam pembuatan proyek akhir yang bertujuan untuk merangkum keseluruhan detail mengenai alat yang dibuat, yang meliputi latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, landasan teori, metode pelaksanaan, pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

## 4. BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai proses serta pengujian alat yang dikembangkan dalam pembuatan Proyek Akhir dengan judul “*Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN untuk Penghematan Daya Lampu Rumah Tangga”, yaitu sebagai berikut:

### 4.1 Diagram Blok

Diagram blok dari *Prototype* pembangkit listrik tenaga surya dan PLN untuk penghematan daya lampu penerangan rumah tangga ditunjukkan pada gambar 4.1 berikut.



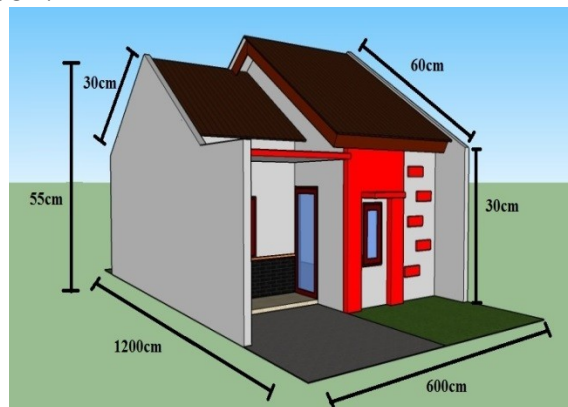
Gambar 4.25 Diagram Blok *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN Untuk Penghematan Daya Lampu Penerangan Rumah Tangga

*Prototype* PLTS dengan PLN yang dirancang, terdiri dari *sollar cell*, *module* MPPT dilengkapi regulator (*charge controller*), baterai, dan *inverter*. *Sollar cell* akan menghasilkan tegangan dan arus searah (DC), kemudian dirubah menjadi tegangan dan arus AC melalui *inverter*. *Prototype* PLTS dan PLN yang dirancang hanya menggunakan sistem satu arah, dimana energi listrik akan di *supply* oleh satu pembangkit. Saat PLTS menyupply energi ke beban maka sambungan listrik PLN dilepaskan dari beban sebaliknya saat PLN memberi energi ke beban maka sambungan listrik PLTS dilepaskan dari beban. Saat salah satu pembangkit PLTS atau PLN mensuplai listrik ke beban tiba-tiba mengalami trip maka pembangkit yang lainnya akan mengantikan untuk mensuplai energi listrik ke beban. Sehingga beban secara kontinyu mendapatkan energi listrik. Pengaturan kontak pemutus ini dikontrol oleh mikrokontroller.

Mikrokontroller sebagai pusat sistem kontrol yang akan mendapat inputan dari sensor PIR yang mendeteksi adanya obyek/gerakan dan sensor LDR yang mendeteksi adanya cahaya. Input dari sensor selanjutnya akan diolah oleh mikrokontroller dan akan memberikan inputan ke module switch kontrol untuk menghidupkan atau mematikan lampu penerangan. Perancangan kontrol disesuaikan dengan kebutuhan dari penyalaan lampu yang akan dihidupkan.

#### 4.2 Perancangan Miniatur Rumah

Pada tahap perancangan hardware miniatur rumah ini di rancang sesuai dengan konsep yang telah di tentukan. Perancang miniatur rumah dilakukan dengan *software sketchUP*.

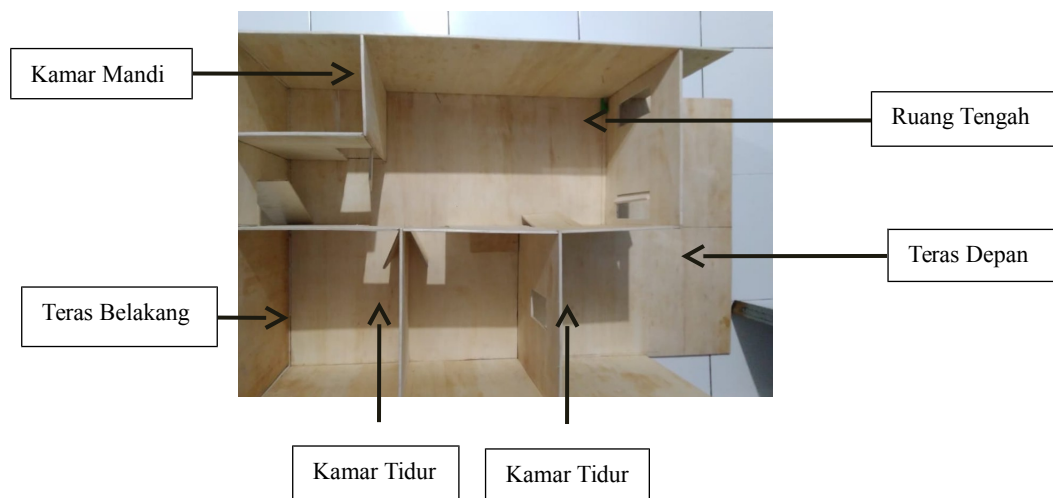


Gambar 4.26 Desain perancangan miniatur rumah

Perancangan miniatur rumah direncanakan dibuat menggunakan bahan papan triplek 3 mm dan 1 mm meliputi perancangan teras depan, ruang tengah, kamar tidur, kamar mandi, teras belakang. Untuk perancangannya akan di desain seperti gambar dibawah ini yang ukuran luasan dari miniatur itu sendiri dengan panjang 120 cm dan lebar 60 cm maka dibuatlah desain seperti berikut.

### 4.3 Pembuatan Miniatur Rumah

Pada pembuatan miniatur rumah ini kami memilih kayu triplek sebagai bahan dasar miniatur rumah. Atap dari papan triplek 3 mm sedangkan dinding dan alasnya dari papan triplek 6 mm, untuk merekatkan papan tersebut menggunakan lem kayu. Berikut ini adalah gambar dari pembuatan miniatur rumah.



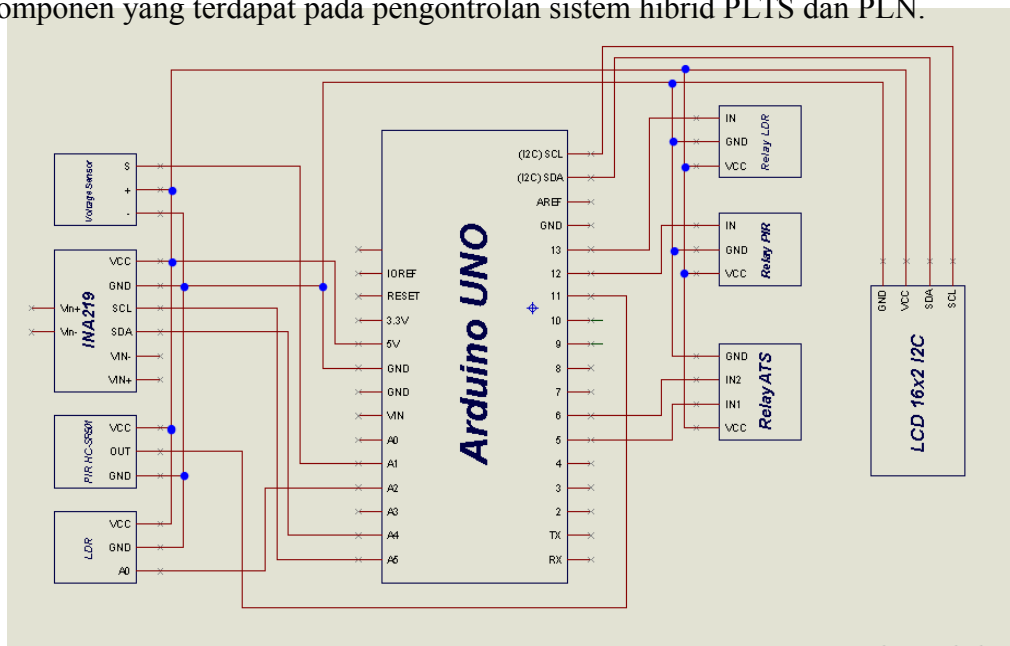
Gambar 4.27 Denah Pembuatan Miniatur Rumah



Gambar 4.28 Miniatur Rumah Yang Telah Jadi

#### 4.4 Perancangan *Hardware* Elektrik Sistem Hibrid PLTS dan PLN dengan *Automatic Transfer Switch*

Perancangan hardware elektrik Sistem Hibrid PLTS dan PLN dengan *Automatic Transfer Switch* dilakukan dengan merancang peletakan komponen-komponen yang terdapat pada pengontrolan sistem hibrid PLTS dan PLN.



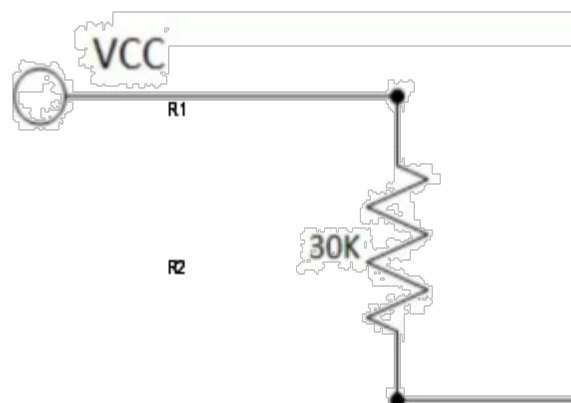
Gambar 4.29 Skematik Sistem Kontrol Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN dengan ATS

Komponen alat meliputi Arduino UNO, Sensor Tegangan DC, Sensor INA219, Sensor PIR, Sensor LDR, Relay dan LCD 16x2 I2C. Perancangan blok *hardware* elektrik ini dirancang dengan menggunakan software *ISIS shortcut*.

#### 4.4.1 Sensor Tegangan DC

##### 4.4.1.1 Perencanaan Sensor Tegangan DC

Perencanaan ini bertujuan untuk merencanakan rangkaian sistem kontrol *prototype* PLTS dan PLN dengan mengukur nilai tegangan melalui pengukuran tegangan *input* yang diberikan sebesar 12 VDC dengan tegangan maksimal sensor yang terbaca 0-25 VDC. Skematik sensor tegangan DC ditunjukkan pada gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.30 Skematik Sensor Tegangan DC

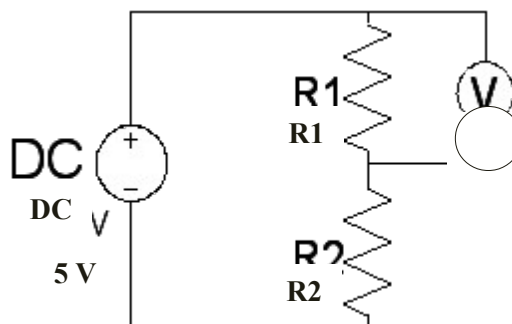
##### 4.4.1.2 Pemasangan Sensor Tegangan DC

Pada tahap pemasangan sensor tegangan DC ini diputuskan dengan membeli modul sensor tegangan DC yang sudah jadi dan siap digunakan hal ini tentu dapat meminimalisir waktu dalam proses pengerjaan proyek akhir *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN. Pemasangan sensor tegangan DC di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yaitu di ruangan Laboratorium elektronika. Sensor tegangan DC di buat sesuai dengan perancangan yang telah di konsep sebelumnya.

Gambar 4.31 Pemasangan sensor tegangan DC

#### 4.4.1.3 Pengujian Sensor Tegangan DC

Pengujian berfungsi untuk mengetahui nilai tegangan *input* yang terbaca oleh sensor tegangan DC, pengujian dilakukan dengan menghubungkan pin VCC ke terminal positif *power supply* dengan tegangan *input* 5 V, GND dihubungkan ke terminal negatif *power supply*, S dihubungkan ke input analog dari Arduino Uno pin A5, “+” dihubungkan ke 5 V Arduino Uno dan “-“ dihubungkan ke GND dari Arduino uno. Kemudian dilakukan dengan membuat program menampilkan nilai tegangan *input* yang terbaca oleh sensor tegangan DC pada *software* Arduino UNO. Adapun gambar 4.8 rangkaian pengujian sensor tegangan DC sebagai berikut.



Gambar 4.32 Rangkaian Pengujian Sensor Tegangan DC

Berikut adalah *list* program pada pengujian Sensor Tegangan DC. Hasil dari pengujian Sensor Tegangan DC dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut.

```
#include <Wire.h>
int Volt1;
```



Pendefinisian *library* dan tipe data variabel yang digunakan untuk program

```

float Volt;
void setup()
{
  Serial.begin (9600);
  Serial.println ("Voltage : ");
}
void loop()
{
  Volt1=analogRead(A0);
  Volt=((Volt1*0.00489)*5);
  Serial.print (Volt);
  Serial.println("V");
  delay(1000);
}

```

} Menampilkan nilai tegangan pada serial monitor dan pembacaan nilai tegangan pada pin A0

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Sensor Tegangan DC

No.	Nilai Resistansi ( $\Omega$ )		Vin (V)	Tegangan Keluaran (V)		Perhitungan Teori (V)	Persentase Kesalahan (%)
	R1	R2		Tegangan Sensor	Tegangan Multimeter		
1.	470	470	5	2,49	2,48	2,5	0,01
2.	470	940	5	1,66	1,65	1,67	0,01
3.	940	470	5	3,33	3,31	3,3	0,02

Dari tabel hasil pengujian pengukuran sensor tegangan DC terhadap alat ukur multimeter, dapat dilihat beberapa pembacaan nilai dengan persentase kesalahan 0,01% hingga 0,02%. Hal ini disebabkan oleh nilai tegangan sumber yang tidak tetap dan selalu berubah terhadap waktu, namun dengan begitu sensor tegangan DC ini dapat digunakan sesuai dengan semestinya. Berikut adalah gambar dari hasil percobaan sensor tegangan terhadap alat ukur multimeter:





Gambar 4.33 Pengujian A sensor tegangan DC terhadap alat ukur multimeter

Dari hasil pengujian A terdapat pada gambar 4.9 menunjukkan bahwa sensor tegangan DC menghasilkan tegangan sebesar 2,49 V dan tegangan yang terukur di multimeter yaitu sebesar 2,48 sehingga selisih dari sensor tegangan DC dan alat ukur sebesar 0,1 V.



Gambar 4.34 Pengujian B sensor tegangan DC terhadap alat ukur multimeter

Dari hasil pengujian B terdapat pada gambar 4.10 menunjukkan bahwa sensor tegangan DC menghasilkan tegangan sebesar 1,66 V dan tegangan yang terukur di multimeter yaitu sebesar 1,65 V sehingga selisih dari sensor tegangan DC dan alat ukur sebesar 0,1 V.



Gambar 4.35 Pengujian C sensor tegangan DC terhadap alat ukur multimeter

Dari hasil pengujian C terdapat pada gambar 4.11 menunjukkan bahwa sensor tegangan DC menghasilkan tegangan sebesar 3,33 V dan tegangan yang terukur di multimeter yaitu sebesar 3,31 V sehingga selisih dari sensor tegangan DC dan alat ukur sebesar 0,02 V. Berikut ini adalah perhitungan sensor secara teori dan perhitungan persentase kesalahan pada hasil pengujian sensor tegangan DC terhadap alat ukur multimeter yaitu sebagai berikut.

Rumus perhitungan secara teori, dimana:

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_{in} \dots\dots\dots$$

....(4.1)

$V_{out}$  = Tegangan Keluaran

$V_{in}$  = Tegangan Masukan

$R_1, R_2$  = Resistansi

Sedangkan rumus persentase kesalahan, dimana:

$$\text{Persentase Kesalahan} = \left| \frac{V_{multi} - V_{sensor}}{100} \right| \times 100 \%$$

.....(4.2)

$V_{multi}$  = Tegangan pada multimeter

$V_{sensor}$  = Tegangan pada sensor

Berikut ini perhitungan sensor secara teori:

1. 
$$V_{out} = \frac{470 \Omega}{470 \Omega + 470 \Omega} \times 5V = 2.5V$$
2. 
$$V_{out} = \frac{470 \Omega}{470 \Omega + 940 \Omega} \times 5V = 1.67V$$
3. 
$$V_{out} = \frac{940 \Omega}{940 \Omega + 470 \Omega} \times 5V = 3.3V$$

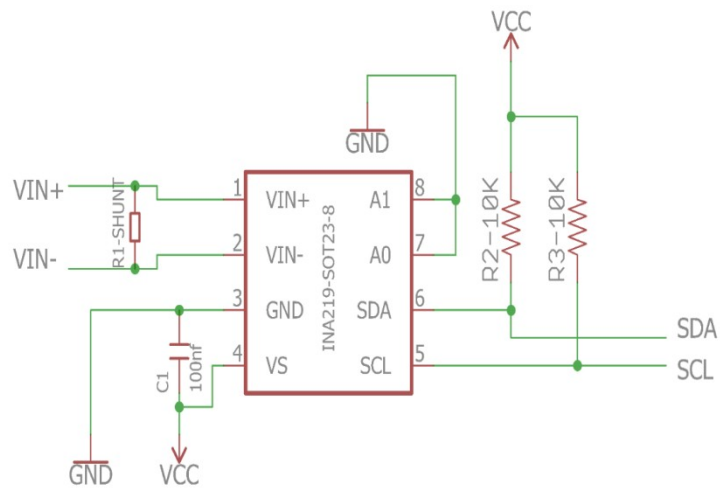
Perhitungan persentase kesalahan pada tabel 4.2 pengujian sensor tegangan DC dengan beberapa sampel yang didapat.

1. Persentase *error* =  $\left| \frac{2,49 - 2,48}{100} \right| \times 100 \text{ \%} = 0,01\%$
2. Persentase *error* =  $\left| \frac{1,66 - 1,65}{100} \right| \times 100 \text{ \%} = 0,01\%$
3. Persentase *error* =  $\left| \frac{3,33 - 3,31}{100} \right| \times 100 \text{ \%} = 0,02\%$

#### 4.4.2 Sensor INA219

##### 4.4.2.1 Perencanaan Sensor INA219

Tujuan perencanaan sensor INA219 untuk merencanakan rangkaian sistem kontrol *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN dengan pengukuran menampilkan arus pada suatu rangkaian listrik saat input  $\pm 320\text{mV}$  akan mengukur sampai  $\pm 3,2\text{ A}$ . Dengan internal 12 bit ADC, resolusi pada  $\pm$  kisaran 3.2 A adalah 0.8 mA. Dengan gain internal yang ditetapkan pada minimum div8, maks saat ini adalah  $\pm 400\text{mA}$  dan resolusi 0.1 mA.



Gambar 4.36 Skematik Sensor Arus (INA219)

#### 4.4.2.2 Pemasangan Sensor INA219

Pada tahap pemasangan sensor tegangan DC ini diputuskan dengan membeli modul sensor INA219 yang sudah jadi dan siap digunakan dan pemasangan sensor INA219 di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka belitung yaitu di ruangan Laboratorium elektronika. Sensor INA219 di buat sesuai dengan perancangan yang telah di konsep sebelumnya.

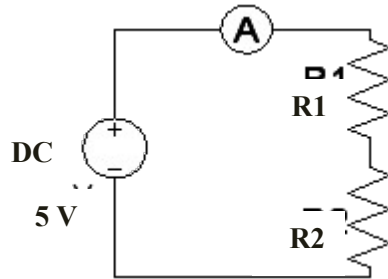


Gambar 4.37 Pemasangan sensor INA219

#### 4.4.2.3 Pengujian Sensor INA219

Pengujian modul sensor INA219 bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian dari modul sensor INA219 terhadap alat ukur multimeter dan melihat modul sensor INA219 berfungsi dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan modul sensor INA219 ke Arduino Uno menggunakan kabel

jumper setelah itu bisa mengupload contoh program yang ada di software Arduino Uno. Berikut ini gambar 4.11 skema pengujian sensor INA219.



Gambar 4.38 Skema Pengujian Sensor INA219

Berikut adalah *list* program pada pengujian Sensor INA219. Hasil dari pengujian Sensor INA219 dapat dilihat pada gambar 4.13 berikut.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
const int INA_addr = 0x40; // INA219 address
Adafruit_INA219 ina219(INA_addr);
float tegangan = 00;
float arus = 00; // diukur menggunakan MiliAmpere
float daya = 00;
void setup(void) {
  Serial.begin(115200); //prosedur mulai pembacaan data
  ina219.begin();
}
void loop(void) {
  tegangan = ina219.getBusVoltage_V(); //command untuk pembacaan tegangan
  arus = ina219.getCurrent_mA(); //command untuk pembacaan arus
  daya = tegangan * (arus/1000); //rumus untuk mendapatkan nilai watt
  Serial.println("");
  delay(2000); //waktu tunda pembacaan selama 2 detik
```

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sensor Arus INA219

No.	Nilai Resistansi ( $\Omega$ )		Vin (V)	Tegangan Keluaran (mA)		Perhitungan teori (mA)	Persentase Kesalahan (%)
	R1	R2		Tegangan sensor	Tegangan multimeter		
	1.	470		470	5		
2.	470	940	5	2,90	3,42	3,54	0,52

Berikut ini hasil pengujian sensor INA 219 terhadap alat ukur multimeter



a) Pengujian Pertama

b) Pengujian Kedua

Gambar 4.39 Pengujian sensor INA219 terhadap alat ukur multimeter

Berikut ini adalah perhitungan sensor secara teori dan perhitungan persentase kesalahan pada hasil pengujian sensor INA219 terhadap alat ukur multimeter yaitu sebagai berikut. Berikut ini perhitungan sensor secara teori sensor INA219:

$$\begin{aligned}
 1) \quad I_{out} &= \frac{V_{in}}{R1 + R2} \\
 I_{out} &= \frac{5}{470 + 470} \\
 I_{out} &= \frac{5}{940} \\
 I_{out} &= 0.0053A \\
 I_{out} &= 5.3mA
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \quad I_{out} &= \frac{V_{in}}{R1 + R2} \\
 I_{out} &= \frac{5}{470 + 940} \\
 I_{out} &= \frac{5}{1410} \\
 I_{out} &= 0.0035A \\
 I_{out} &= 3.54mA
 \end{aligned}$$

Perhitungan persentase kesalahan pada tabel 4.2 pengujian sensor INA219 dengan beberapa sampel yang didapat.

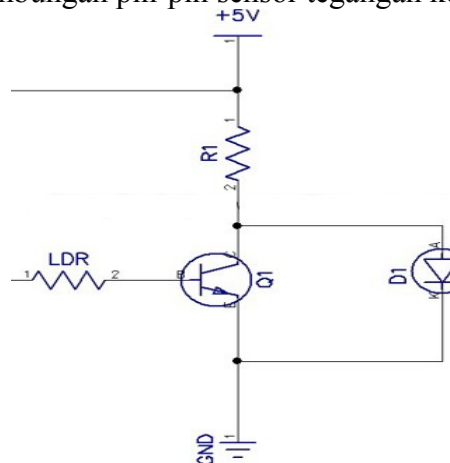
$$\begin{aligned}
 1. \text{ Persentase kesalahan} &= \left| \frac{4,70 - 5,18}{100} \right| \times 100 \% \\
 &= 0,48\% \\
 2. \text{ Persentase kesalahan} &= \left| \frac{2,90 - 3,42}{100} \right| \times 100 \% \\
 &= 0,52\%
 \end{aligned}$$

Dari tabel hasil pengujian pengukuran sensor INA 219 terhadap alat ukur multimeter, dapat dilihat pembacaan nilai dengan persentase kesalahan 0,48% hingga 0,52%. Hal ini disebabkan oleh perbedaan nilai resistansi sebagai beban yang digunakan pada rangkaian saat pengujian, namun dengan begitu sensor INA219 ini dapat digunakan sesuai dengan semestinya.

#### 4.4.3 Sensor LDR (Light Dependent Resistor)

##### 4.4.3.1 Perencanaan Sensor LDR (Light Dependent Resistor)

Pada perencanaan sensor LDR (Light Dependent Resistor) ini bertujuan untuk merencanakan rangkaian sistem kontrol *prototype* PLTS dan PLN menggunakan kontrol Arduino, pin-pin dari sensor tegangan akan di hubungkan ke Arduino. Berikut penyambungan pin-pin sensor tegangan ke arduino.



Gambar 4.40 Skematik Sensor LDR (Light Dependent Resistor)

##### 4.4.3.2 Pemasangan Sensor LDR (Light Dependent Resistor)

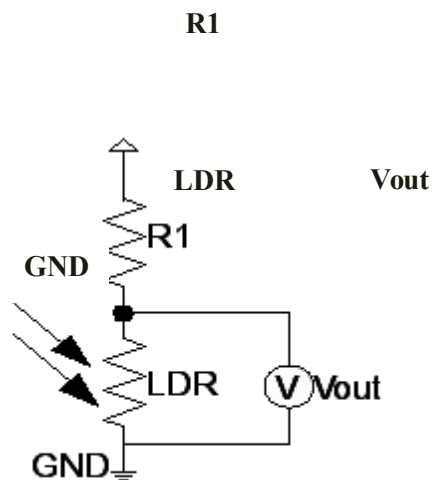
Pada tahap pemasangan sensor LDR ini diputuskan dengan membeli modul sensor sensor LDR yang sudah jadi dan siap digunakan hal ini tentu dapat meminimalisir waktu dalam proses pengerjaan proyek akhir *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN. Pemasangan sensor LDR di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yaitu di Laboratorium elektronika. Sensor LDR di buat sesuai dengan perancaang telah di konsep sebelumnya.



Gambar 4.41 Pemasangan Sensor LDR (Light Dependent Resistor)

#### 4.4.3.3 Pengujian LDR (Light Dependent Resistor)

Pengujian modul sensor LDR bertujuan untuk mengetahui apakah sensor bekerja dengan baik atau tidak ketika ada cahaya. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan modul sensor LDR ke Arduino Uno menggunakan kabel jumper.



Gambar 4.42 Rangkaian Pengujian Sensor LDR

Berikut ini list program pengujian modul sensor LDR :

```
const int pin_ldr = A0;
void setup ()
Serial.begin (9600); //inisialisasi port serial
void loop ()
int nilai = analogRead (pin_ldr); //Membaca nilai analog dari pin
A0 lalu mengkonversi nilai analog tegangan menggunakan ADC
```



```

float tegangan_hasil = 5.0 * nilai / 1024;
// konversi D-to-A dan mencetak hasil pada monitor serial
Serial.print ("Vout =");
Serial.print (tegangan_hasil);
Serial.println ("V");
delay (2000); //jeda selama dua detik
}

```

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Sensor LDR

No.	Vin (V)	Waktu (Jam)	Resistansi (Ω)	Tegangan Keluaran (V)		Kondisi Lampu
				Tegangan Sensor	Tegangan Multimeter	
1.	5V	16:00	149	0,73V	0,11V	Padam
2.	5V	17:00	279	1,36V	1,35V	Nyala
3.	5V	21:00	1006	4,91V	4,89V	Nyala

Pengujian modul LDR (Light Dependent Resistor) bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian dari modul sensor LDR (Light Dependent Resistor) terhadap alat ukur multimeter dan melihat modul sensor LDR (Light Dependent Resistor) berfungsi dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan modul sensor tegangan DC ke Arduino Uno menggunakan kable jumper setelah itu bisa mengupload contoh program yang ada di software Arduino Uno. Berikut adalah gambar dari percobaan sensor LDR terhadap alat ukur multimeter:



Gambar 4.43 Pengujian A sensor LDR terhadap alat ukur



Gambar 4.44 Pengujian B sensor LDR terhadap alat ukur

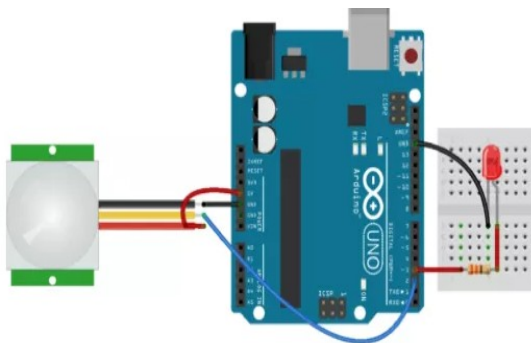


Gambar 4.45 Pengujian C sensor LDR terhadap alat ukur

#### 4.4.4 Sensor PIR (Passive Infrared) HC-SR50

##### 4.4.4.1 Perencanaan Sensor PIR HC-SR50

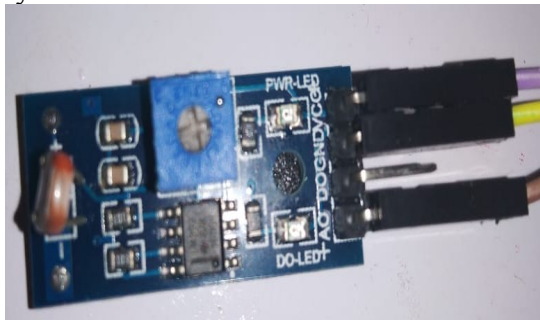
Pada perencanaan sensor PIR ini menggunakan HC-SR501 kontrol Arduino, pin-pin dari sensor tegangan akan di hubungkan ke Arduino. Berikut penyambungan pin-pin sensor tegangan ke arduino.



Gambar 4.46 Skematik Sensor PIR

#### 4.4.4.2 Pembuatan Sensor PIR HC-SR50

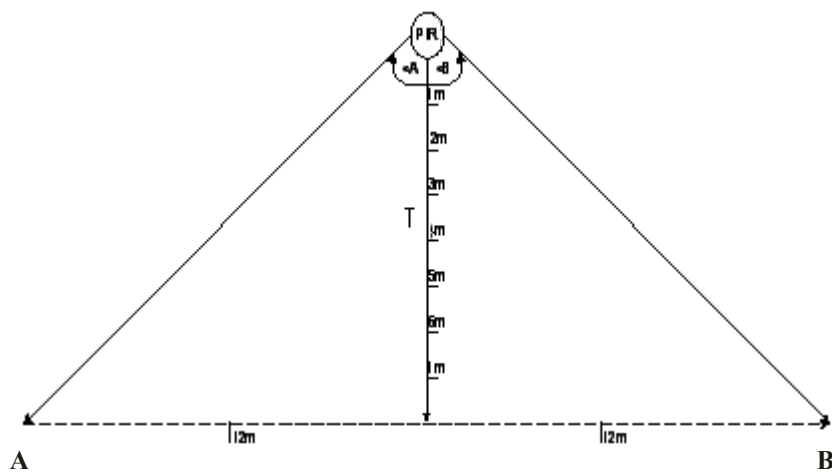
Pada tahap pembuatan sensor PIR ini diputuskan dengan membeli modul sensor. Sensor PIR yang sudah jadi dan siap digunakan hal ini tentu dapat meminimalisir waktu dalam proses pengerjaan proyek akhir. Pemasangan sensor PIR di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yaitu di ruangan Laboratorium elektronika. sensor PIR di buat sesuai dengan perancangan yang telah di konsep sebelumnya.



Gambar 4.47 Pemasangan sensor PIR

#### 4.4.4.3 Pengujian Sensor PIR HC-SR501

Pengujian modul sensor PIR HC-SR501 bertujuan untuk mengetahui apakah sensor bekerja dengan baik atau tidak ketika ada objek yang bergerak. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan modul sensor PIR HC-SR501 ke Arduino Uno menggunakan kabel jumper. Berikut adalah skema pengujian sensor PIR HC-SR501:



Gambar 4.48 Jangkauan Pengujian Sensor PIR HC-SR501

Berikut adalah list pemrograman pengujian Sensor PIR HC-SR501:

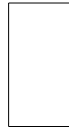
```

int pirSensor =12;
int relay1 = 9;
void setup()
{
  pinMode(relay1,OUTPUT);
}
void loop()
{
  int sensorValue = digitalRead(pirSensor);
  if (sensorValue ==1)
  {
    digitalWrite (relay1,LOW);
  }
  else
  {
    digitalWrite(relay1,HIGH)
  }
}

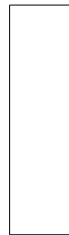
```



Pendefinisian tipe data variabel dan pin yang digunakan



Pengaturan pin yang digunakan sebagai OUTPUT



Pembacaan nilai digital sensor PIR serta fungsi permissalan untuk menentukan logika HIGH atau LOW pada pin OUTPUT

Tabel 4.7 Pengujian Sensor PIR

No.	Sudut		Jarak Objek (m)			Kondisi Lampu
	U	V	T (m)	1 A	1 B	
1.	10°	10°	1	1,2	1,2	Menyala
2.	20°	20°	2	2,5	2,5	Menyala
3.	30°	30°	3	4	4	Menyala
4.	40°	40°	4	5,8	5,8	Menyala
5.	50°	50°	5	8,3	8,3	Menyala
6.	60°	60°	6	12,12	12,12	Padam
7.	70°	70°	7	19,23	19,23	Padam

Perhitungan teori jarak (1) pada sensor PIR.

$$\tan B = \frac{\text{Depan}}{\text{Samping}}$$

$$\tan 60^\circ = \frac{l}{7}$$

$$\sqrt{3} = \frac{l}{7}$$

$$7\sqrt{3} = l$$

12.12=1

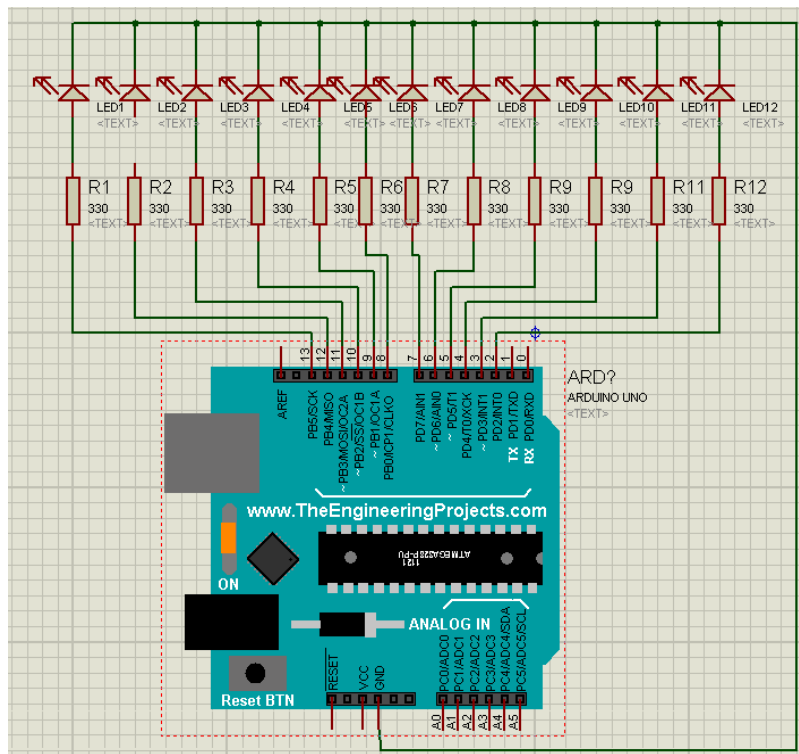
Pengujian modul Sensor PIR HC-SR501 bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian dari modul sensor Sensor PIR HC-SR501 berfungsi dengan baik atau tidak.

#### **4.4.5 *Arduino UNO***

Proyek akhir ini menggunakan *Arduino UNO* sebagai Mikrokontroler yang digunakan untuk mengontrol sebagian dari sistem Proyek Akhir. *Arduino UNO* dipilih karena Arduino jenis ini kompatibel dengan pustaka DMD dimana pustaka tipe ini lebih stabil dibandingkan pustaka DMD2 yang digunakan pada sistem kontrol *prototype* PLTS dan PLN dengan ATS.

##### **4.4.5.1 Perencanaan *Arduino UNO***

Perencanaan *arduino UNO* bertujuan untuk mengetahui prinsip kerja dari *arduino UNO* itu sendiri, serta memudahkan penulis dalam melakukan pemasangan komponen-komponen elektrik. Perancangan *arduino UNO* digunakan sebagai mikrokontroler dari sistem pemrograman yang akan digunakan pada proyek akhir. *Arduino UNO* digunakan untuk membuat suatu sistem sebagai kontrol dari berbagai komponen elektronika sehingga memudahkan dalam melakukan pemrograman mikrokontroler.



Gambar 4.49 Skematik Pengujian *Arduino UNO*

#### 4.4.5.2 Pembuatan *Arduino UNO*

Proses pembuatan *arduino UNO* dilakukan dengan cara melakukan pembelian modul *arduino UNO* yang telah jadi dan siap pakai. Hal ini bertujuan untuk lebih praktis dan dapat menghemat waktu dalam pembuatan komponen tersebut. Lokasi pembuatan *arduino UNO* dilakukan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yaitu di ruangan Laboratorium Elektronika. Hasil pemasangan *arduino UNO* dapat dilihat pada gambar 4.26 berikut.



Gambar 4.50 Pemasangan *Arduino UNO*

#### 4.4.5.3 Pengujian *Arduino UNO*

Tujuan dilakukan pengujian pada *arduino UNO* ialah untuk mengetahui kondisi modul *arduino UNO* tersebut apakah dalam kondisi baik atau tidak. Modul *arduino UNO* diuji dengan cara membuat program menggunakan *software*. Pengujian ini dilakukan menggunakan PORT *arduino UNO* yang dihubungkan ke PC. Untuk pengecekan pin arduino yang akan digunakan dapat dilihat pada *output* yang dihasilkan, dengan cara memberi *input* yang dihubungkan ke LED. Untuk hasil pengujian *arduino UNO* dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.



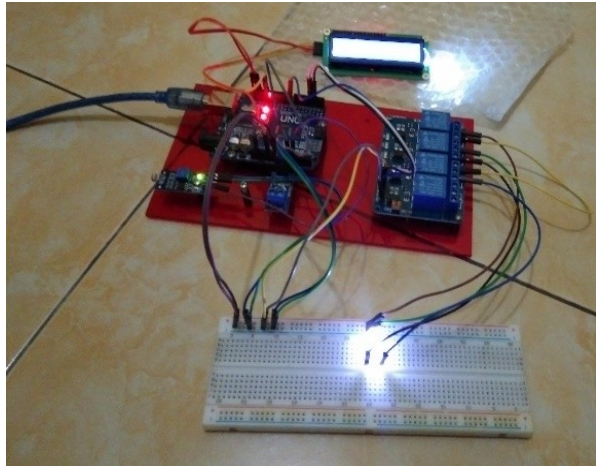
Gambar 4.51 Blok Pengujian Arduino UNO

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Pin Output Arduino UNO

No	Input	Pin Output yang Diuji	Hasil Pengujian (LED)
1	5 volt	Pin 2	1
2		Pin 3	1
3		Pin 4	1
4		Pin 5	1
5		Pin 6	1
6		Pin 7	1
7		Pin 8	1
8		Pin 9	1
9		Pin 10	1
10		Pin 11	1
11		Pin 12	1
12		Pin 13	1

Keterangan :

1 = Led aktif/hidup



Gambar 4.52 Hasil Pengujian Arduino UNO

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat disimpulkan bahwa modul Arduino UNO yang dipakai dapat berfungsi dengan baik dan dapat digunakan untuk pembuatan proyek akhir.

## 4.5 Pengujian Sistem Hibrid PLTS dan PLN dengan ATS

### 4.5.1 *Sollar cell*

*Sollar cell* ialah energi untuk membangkitkan tegangan yang dihubungkan dengan beban sehingga teraliri arus pada waktu yang sama. Listrik tenaga matahari yang didapat dari *sollar cell* yang akan mengkonfirmasi energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik. *Sollar cell* merupakan komponen vital yang di proyek akhir ini dan terbuat dari bahan semi konduktor.

#### 4.5.1.1 *Wiring Sollar cell*

*Sollar cell* diputuskan dengan membeli modul *sollar cell* yang telah jadi dan mudah didapat dipasaran. Pemasangan *sollar cell* pada *prototype* PLTS dan PLN dapat dilihat pada gambar 4.29 berikut.





Gambar 4.53 Skematik *Sollar Cell*

#### 4.5.1.2 Pengujian *Sollar cell*

Pengujian *sollar cell* untuk mengetahui *sollar cell* bekerja dengan baik atau tidak ketika mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari.



Gambar 4.54 Pengujian *Sollar cell*

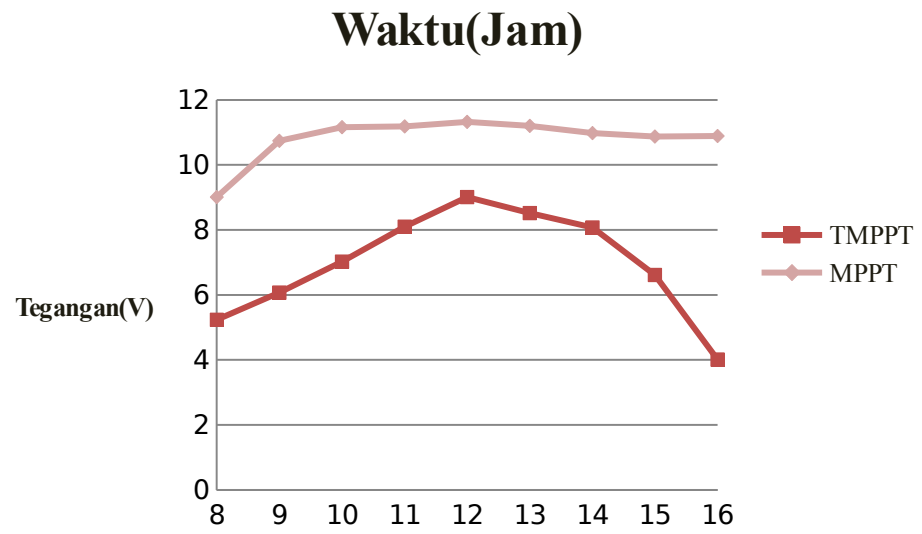
Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dan beban menggunakan kabel jumper. Berikut ini hasil data pengukuran *sollar cell* dan juga menggunakan beban yang berbeda-beda seperti 5,6  $\Omega$ , 12  $\Omega$ , dan 15  $\Omega$  dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.9 Data Hasil Pengukuran *Sollar cell*

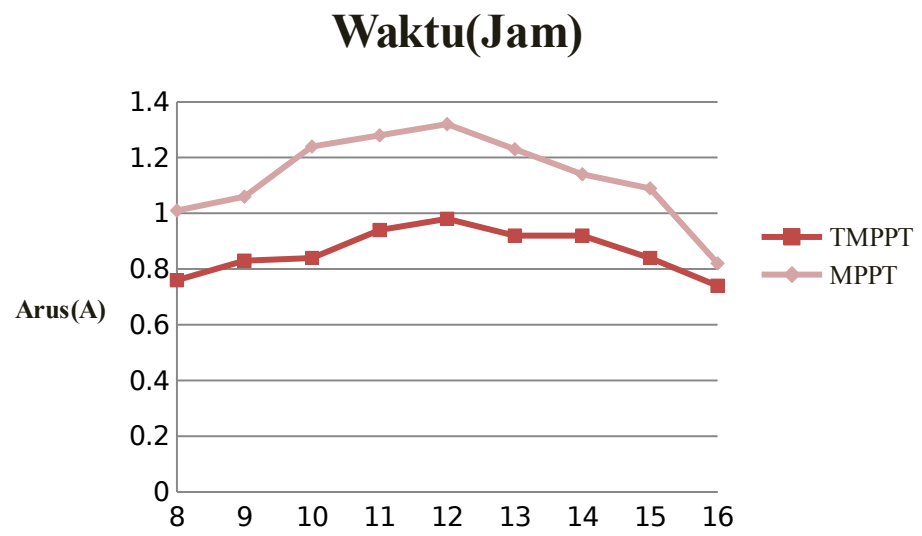
No	Jam	Beban	Tegangan(V)		Arus(A)		Daya(Watt)		°C
			Tanpa MPPT	MPPT	Tanpa MPPT	MPPT	Tanpa MPPT	MPPT	
1	08.00	5,6	5,23	9,01	0,76	0,98	3,9748	8,8298	32
		12	9,01	10,38	0,76	1,01	6,8476	10,4838	
		15	10,46	10,72	0,75	1,01	7,845	10,8272	
2	09.00	5,6	6,07	10,74	0,82	1,04	4,9774	11,1696	32,7
		12	11,04	10,89	0,83	1,06	9,1632	11,5434	
		15	12,52	11,14	0,81	1,1	10,1412	12,254	
3	10.00	5,6	7,02	11,16	0,9	1,22	6,318	13,6152	34,2
		12	12,13	11,15	0,84	1,24	10,1892	13,826	
		15	13,71	11,17	0,86	1,23	11,7906	13,7391	
4	11.00	5,6	8,1	11,18	0,93	1,28	7,533	14,3104	34,8

		12	12,24	11,31	0,94	1,28	11,5056	14,4768	
		15	13,73	11,3	0,96	1,29	13,1808	14,577	
		5,6	9,01	11,32	1,01	1,29	9,1001	14,6028	
5	12.00	12	12,46	11,38	0,98	1,32	12,2108	15,0216	34,3
		15	14,21	11,48	0,87	1,33	12,3627	15,2684	
		5,6	8,52	11,2	0,89	1,24	7,5828	13,888	
6	13.00	12	12,02	11,27	0,92	1,23	11,0584	13,8621	
		15	12,89	11,3	0,94	1,24	12,1166	14,012	33,6
		5,6	8,07	10,98	0,9	1,17	7,263	12,8466	
7	14.00	12	11,26	10,78	0,92	1,14	10,3592	12,2892	
		15	12,04	10,88	0,87	1,18	10,4748	12,8384	33
		5,6	6,61	10,87	0,79	1,1	5,2219	11,957	
8	15.00	12	8,62	10,76	0,84	1,09	7,2408	11,7284	
		15	9,21	10,84	0,82	1,09	7,5522	11,8156	32
		5,6	4,01	10,89	0,78	1,01	3,1278	10,9989	
9	16.00	12	4,72	10,84	0,74	0,82	3,4928	8,8888	
		15	5,02	10,83	0,76	0,74	3,8152	8,0142	31

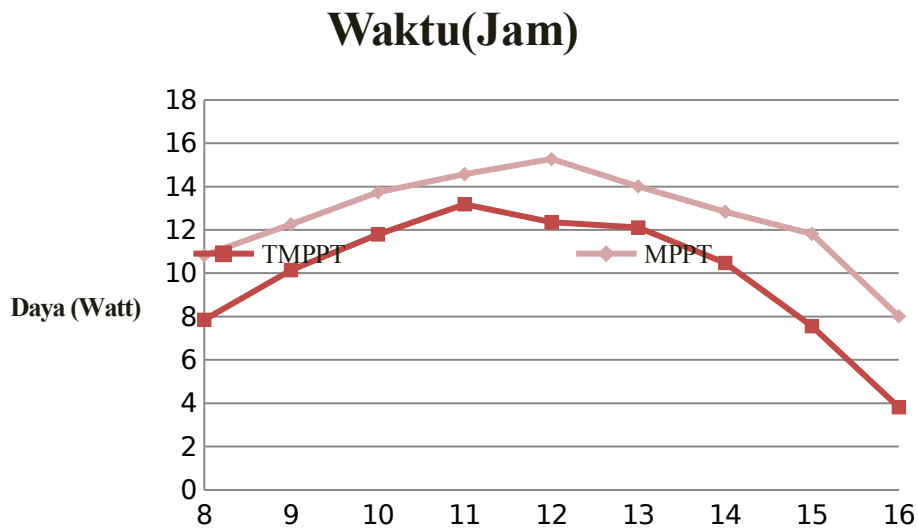
Dari tabel pengecekan diambil pada hari kamis 05 Juli 2019. Data menunjukkan hasil data nilai tegangan, arus, dan daya yang didapatkan dalam satu hari dengan menggunakan MPPT dan tidak menggunakan menggunakan MPPT. Grafik dari tabel diatas dapat di lihat dalam grafik tegangan terhadap waktu, arus terhadap waktu, dan daya terhadap waktu. Untuk grafik nilai tegangan terhadap waktu diambil sampel data pertama dan dapat dilihat pada gambar 4.31 untuk grafik nilai arus terhadap waktu diambil sampel data kedua dan dapat dilihat pada gambar 4.32 serta untuk grafik nilai daya terhadap waktu diambil sampel data ketiga dan dapat dilihat pada gambar 4.33. Berikut ini gambar grafik sesuai dengan tabel diatas:



Gambar 4.55 Grafik Tegangan terhadap Arus dengan Beban  $5,6\Omega$



Gambar 4.56 Grafik Tegangan terhadap Arus dengan Beban  $5,6\Omega$



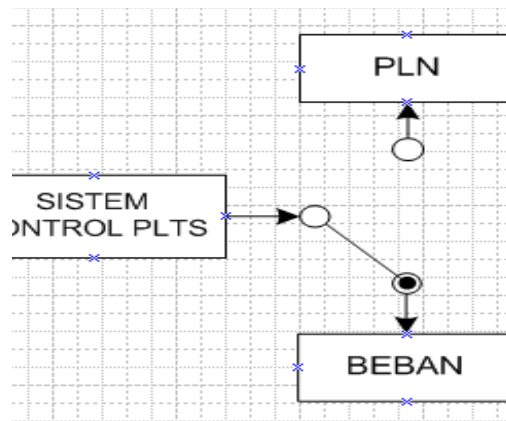
Gambar 4.57 Grafik Daya terhadap Waktu dengan Beban 5,6  $\Omega$

Dari grafik pengambilan data *solar cell* di atas dapat dilihat bahwa nilai tegangan, arus, dan daya berada pada nilai maksimum ketika jam 12.00 siang saat intensitas cahaya matahari tinggi dan dapat dilihat bahwa data pengukuran menggunakan MPPT memiliki data lebih tinggi dibandingkan dengan pengukuran tanpa MPPT, hal ini sesuai dengan tujuan pemakaian MPPT yaitu untuk mendapatkan nilai daya maksimum pada *solar cell*. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa MPPT dapat berfungsi dengan baik dan dapat digunakan dengan semestinya.

## 4.5.2 ATS (Automatic Transfer Switch)

### 4.5.2.1 Pembuatan ATS (Automatic Transfer Switch)

Pembuatan ATS (*Automatic Transfer Switch*) dengan menggunakan komponen *relay* yang bekerja secara otomatis sesuai indikator yang diberikan oleh sensor tegangan DC dan sensor INA pada aki yang bertujuan untuk memindahkan koneksi dari sumber utama (PLTS) ke sumber cadangan (PLN) ataupun sebaliknya. ATS yang memindahkan sumber energi dari PLTS ke PLN atau sebaliknya akan di tampilkan pada LCD (Liquid Crystal Display). Dalam percobaan ini tegangan diturunkan dari 12 volt hingga ke 10 volt. Pada tegangan 12 volt *supply* beban adalah *sollar cell* dan pada tegangan dibawah 9 volt *supply* beban adalah PLN. Saat perpindahan PLTS ke PLN maupun sebaliknya lampu tetap keadaan menyala, hanya saja perpindahan PLTS ke PLN maupun sebaliknya ditandai dengan perpindahan relay dalam kurun waktu  $\pm 1$  detik.



Gambar 4.58 Skema Perancangan Sistem ATS (*Automatic Transfer Switch*)

### 4.5.2.2 Pengujian ATS (Automatic Transfer Switch)

Berikut adalah gambar dari pengujian PLTS dan PLN dengan Automatic Transfer Switch :



Gambar 4.59 Pengujian A



Gambar 4.60 Pengujian B

Adapun hasil pengujian *Automatic Transfer Switch* (ATS) ditunjukkan pada gambar diatas merupakan keluaran program arduino dan mengeluarkan *output* di LCD berupa *sollar cell* beserta tegangan dan arus maupun juga sebaliknya juga PLN. Berikut ini adalah kesimpulan dari gambar diatas terdapat pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN dengan *Automatic Transfer Switch* (ATS) dalam bentuk tabel 4.7 Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN dengan ATS

Tabel 4.10 Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN dengan ATS

No.	Accu (V)	I Accu (mA)	Supply	Kondisi lampu
1.	12	269,00	Sollar cell	Menyala
2.	11,61	302,50	Sollar cell	Menyala
3.	11	302,60	Sollar cell	Menyala
4.	10,5	503,60	PLN	Menyala
5.	10	502,50	PLN	Menyala

### 4.5.3 Baterai VRLA (Valve Regulated Lead Acid)

Baterai berfungsi untuk menyimpan energi dimana energi yang telah diubah dapat digunakan oleh suatu perangkat elektronik yang biasanya digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Kapasitas baterai dapat dinyatakan pada persamaan dibawah ini [5].

$$Ah = I \cdot t \dots\dots\dots(5.1)$$

Keterangan :

Ah = Kapasitas aki

I = Kuat Arus (Ampere)

T = Waktu (jam/sekon)

Vbaterai= 12 volt

#### 1. Beban

Lampu AC 1 watt yang akan digunakan sebagai beban

Tabel 4.11 Beban Pengujian Lampu Penerangan

Ruangan	Daya (watt)	Waktu (Jam)	Total Beban (wH)
Teras depan	1	12	12
Teras belakang	1	12	12
Ruang tengah	1	12	12
Kamar mandi	1	1	1
Kamar tidur depan	1	4	4
Kamar tidur belakang	1	4	4
Total			45 watt

Rumus dasar :

$$P = V \times I \dots\dots\dots(5.2)$$

$$V = P/I \dots\dots\dots(5.3)$$

$$I = P/V \dots\dots\dots(5.4)$$

Keterangan :

I = Kuat Arus (Ampere)

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

Berikut ini adalah perhitungan lama aki dapat mem-*backup* beban :



-Beban 45 Watt.

- Aki yang digunakan 12 V/7,2 Ah.

Maka didapat :

Arus Pemakaian

$$I = \frac{45 \text{ wH}}{12 \text{ V}} = 3,75 \text{ A h}$$

Waktu pemakaian

$$t = \frac{7,2 \text{ Ah}}{3,75 \text{ A}} = 1,92 \text{ jam}$$

Kesimpulan :

Lamanya pemakaian aki ditentukan oleh besarnya kapasitas arus aki dan besarnya daya beban yang digunakan.

## 2. Pengisian Aki

Kapasitas Aki = 7,2 Ah

Arus Pengisian= 1,14 A

Arus Pengisian di dapat dari rata-rata arus pada pengujian *sollar cell* dan MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) dengan beban *resistor* 5,6  $\Omega$ .

$$\text{Waktu Pengisian} = \frac{7,2 \text{ aH}}{1,14} = 6 \text{ jam } 18 \text{ menitA}$$

## 3. Efisiensi Pemakaian Daya PLTS dan PLN

Golongan tarif listrik rumah non subsidi R1 – 900 VA = 1.467,28/KWH

KWH = (11 watt)/1000=0.011 KWH

Pemakaian daya dengan PLTS

Beban total = 11 wattH

Supply aki =  $\pm$  2 jam

$$\text{Harga/Hari} = \frac{11 \text{ wattH}}{1000} \times \text{Rp } 1.467,28$$

$$= \text{Rp } 16,14008/\text{Hari} \times 30 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp } 484.2024/\text{bulan}$$

Pada efisiensi PLTS sebesar 24,4% jauh lebih hemat dibandingkan PLN.

Pemakaian daya dengan PLN

Beban total = 45watt

Supply PLN = 12 jam

$$\text{Harga/Hari} = \frac{45 \text{ wattH}}{1000} \times \text{Rp}1.467,88$$

$$= \text{Rp } 66,0276/\text{Hari} \times 30 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp } 1.980,828$$

Jadi, biaya tagihan listrik perbulan dengan menggunakan *prototype* sebesar

$$\text{Rp}1.980,828 - \text{Rp } 484.2024 = \text{Rp } 1.496,625$$

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari pengujian alat dan analisa serta fungsi alat yang berjudul ”*Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan PLN untuk Penghematan Daya Lampu Penerangan Rumah Tangga” dapat diketahui bahwa:

1. Pengujian *sollar cell* dengan module MPPT dapat menaikkan daya sekitar 20% dibandingkan pengujian *sollar cell* tanpa module MPPT dengan beban yang sama.
2. ATS (*Automatic Transfer Switch*) akan berganti secara otomatis dari *supply* PLTS ke *supply* PLN ketika tegangan aki sudah di bawah 10,5 volt, dan akan berganti dari PLN ke PLTS ketika tegangan aki sudah bertegangan 12 volt kembali.
3. Dengan menggunakan *prototype* ini, maka efisiensi dari pemakaian PLTS adalah sebesar 24,4% dengan penghematan sebesar Rp1.496,625 dalam waktu satu bulan.

#### **5.2 Saran**

Apabila alat ini akan dikembangkan lebih lanjut, fungsi yang perlu diperbaiki dan ditambahkan antara lain :

1. Penggunaan sensor LDR yang lebih optimal karena tingkat sensitifitas sangat tinggi, sehingga peletakan sensor LDR harus diperhatikan.
2. Pengujian *prototype* harus menggunakan sistem skala besar agar bisa membandingkan efisiensi penghematan biaya lebih baik lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. J. a. A.Mahor, "Review on MPPT Techniques in Solar Photovoltaic System," *P. Jaiswal and A.Mahor, "Review on MPPT Techniques i International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, vol. 2, no. 7, 2014.
- [2] A. S, A. Bouallegue dan A.Khedher, "S. Amara Theoretical and Practical Study of a Photovoltaic MPPT Algorithm Applied to Voltage Battery Regulation," *S. Amara, A. Bouallegue and A.Khedher, "Theoretical and Practical Study of a Photovoltaic MPPT Algorithm Applied t International Journal of Renewable Energy Research*, vol. 4, no. 1, 2014.
- [3] R. P. E. T. Masjanuar, " Dimmer Lampu Pada Penerangan Ruangan Menggunakan LED Yang Dilengkapi Dengan Otomatisasi dan Emergency," *Masjanuar, R., Puspita, E., Taufiqurrahman., Dimmer Lampu Pada Penerangan Ruangan Menggunakan LED Yang DilengJurnal Ilmiah Teknik elektronika* , 2011.
- [4] A. F. A. H. Mohamed Mowad, " Smart Home Automated Control System Using Android Application And Microcontroller," *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 5, no. 5, 2014.
- [5] S. L. H. Yahya Chusna Arif, "Yahya Chusna Arif, SuhaRancang Bangun Sistem Pengaturan Penerangan Ruangan Berbasis Mikrokontroler (Hardware)," *Yahya Chusna Arif, Suhariningsih, Lukmanul Hakim, Rancang Bangun Sistem Pengaturan Penerangan RuJurnal Teknik Elektro Industri PENS-ITS* , Yahya Chusna Arif, Suhariningsih, Lukmanul Hakim, Rancang Bangun Sistem Pengaturan Penerangan 2011.
- [6] L. E. Bien, " Perancangan Sistem Hibrid Pembangkit Listerik Tenaga Surya Dengan Jala-Jala Listrik PLN Untuk Rumah Perkotaan," no. 6, 2008.
- [7] M. H. Rashid, "Power Electronics Handbook," *New York. Academic*, no. 7, 2001.