

**RANCANG BANGUN *TRAINER KIT* SISTEM PEMBANGKIT  
LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)**

PROYEK AKHIR

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



Disusun Oleh :

Hengki Pradana      NIRM : 0031715

Syavira Dwi Lingga      NIRM : 0031727

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI  
BANGKA BELITUNG  
TAHUN 2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

### RANCANG BANGUN *TRAINER KIT* SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)

Oleh:

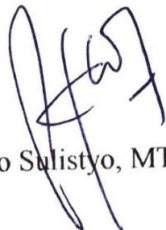
Hengki Pradana/0031715

Syavira Dwi Lingga/0031727

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

Menyetujui,

Pembimbing 1



Eko Sulistyio, MT

Pembimbing 2



Charlotha, M.Tr.T

Penguji 1



M. Aqbal Nugraha, M. Eng

Penguji 2



Dr. Parulian Silalahi, M. Pd

Penguji 3



Ocsirendi, M. T

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Hengki Pradana NIRM : 0031715

Nama Mahasiswa 2 : Syavira Dwi Lingga NIRM : 0031727

Dengan Judul : Rancang Bangun *Trainer Kit* Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

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 melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 18 Agustus 2020

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Hengki Pradana

.....

2. Syavira Dwi Lingga

.....

## ABSTRAK

Tujuan dari rancang bangun *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sebagai media pembelajaran energi terbarukan khususnya untuk memahami prinsip kerja dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). *Trainer kit* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini dirancang menggunakan konsep *wiring* yang dapat mempermudah pemahaman dari sistem dan instalasi unit sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) itu sendiri. Metodologi dalam proyek akhir ini menggunakan beberapa tahapan yaitu : menganalisis kebutuhan, mengidentifikasi kebutuhan alat dan bahan yang akan digunakan, merancang desain dan rangkaian instalasi sistem, pemasangan alat pada dinding *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), pembuatan modul dan pengujian. Pada perancangan dan pembuatan *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini alat yang digunakan adalah *Solar cell*, *Maksimum Power Point Tracking* (MPPT), Baterai/Aki, *Inverter* DC to AC, MCB 1 *Phase*, Saklar Tunggal, Lampu TL, Lampu DC, Multimeter Dan VA *tester*. Dengan adanya *trainer kit* atau media pembelajaran sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini mahasiswa elektronika khususnya materi elektronika daya dan energi terbarukan bisa dengan mudah mempelajari, memahami, membuat dan merangkai sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sesuai dengan yang diinginkan.

Kata kunci : PLTS, *Solar cell*, Trainer, Media Pembelajaran

## **ABSTRAC**

*The purpose of the design of the Solar Power Plant (PLTS) trainer kit system is as a learning medium for renewable energy, especially to understand the working principles of the Solar Power Plant (PLTS). This Solar Power Plant (PLTS) trainer kit is designed using a wiring concept that can facilitate understanding of the system and installation of the Solar Power Plant (PLTS) system unit itself. The methodology in this final project uses several stages, namely: analyzing needs, identifying the needs for tools and materials to be used, designing the design and installation of the system, installing tools on the trainer wall of the Solar Power Plant (PLTS) system trainer kit, making modules and testing. In designing and manufacturing the Solar Power System (PLTS) trainer kit, the tools used are Solar cells, Maximum Power Point Tracking (MPPT), Batteries / Batteries, DC to AC Inverters, 1 Phase MCB, Single Switch, TL lamps, lamps DC, Multimeter And Tester System. With the presence of a trainer kit or learning media for the Solar Power Plant (PLTS) system, electronics students, especially power electronics and renewable energy materials, can easily learn, understand, create and assemble a Solar Power Plant (PLTS) system as desired.*

*Keywords: PLTS, Solar cells, Trainer, Learning Media*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat Rahmat dan Hidayah-nya, sehingga kami dapat menyelesaikan karya tulis proyek akhir ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Karya tulis proyek akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan dan kewajiban mahasiswa untuk menyelesaikan kurikulum program Diploma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Penulis mencoba untuk menerapkan ilmu pengetahuan yang telah ditetapkan selama 3 tahun menempuh pendidikan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dan pengalaman yang penulis dapatkan selama melaksanakan Program Kerja Lapangan (PKL) pada pembuatan alat dan makalah proyek akhir ini.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang-orang yang telah berperan sehingga dapat terselesaikannya proyek akhir, sebagai berikut :

1. Keluarga besar penulis yang selalu senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan moral maupun materi dan semangat.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng, Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Eko Sulisty, M.T, selaku Kepala Prodi DIII Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung sekaligus pembimbing 1 dan Ibu Charlotha, M.Tr.T selaku pembimbing 2 dalam proyek akhir ini.
4. Bapak Aan Febriansyah, M.T, selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro dan Informatika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Seluruh staf pengajar dan karyawan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Rekan - rekan mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah banyak membantu selama menyelesaikan proyek akhir.

7. 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 proyek akhir dan alat yang dibuat dapat memberikan manfaat bagi pihak yang berkepentingan pada khususnya dan baik bagi perkembangan ilmu teknologi pada umumnya.

Sungailiat, 18 Agustus 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT .....	ii
ABSTRAK .....	iii
<i>ABSTRAC</i> .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Proyek Akhir .....	2
BAB II.....	3
LANDASAN TEORI.....	3
2.1. PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya).....	3
2.2. <i>Solar cell</i> .....	3
2.3. <i>Maximum Power Point Tracking (MPPT)</i> .....	6
2.4. <i>Power Inverter</i> .....	8
2.5. Baterai .....	10



2.6. Daya Listrik.....	11
2.7. Arduino UNO.....	12
2.8. Sensor Arus PZEM-004T.....	14
2.9. Sensor Arus INA219 .....	14
2.10. Sensor Tegangan DC .....	15
2.11. LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ) .....	16
BAB III .....	18
METODE PELAKSANAAN .....	18
3.1. Survei dan Pengumpulan Data dan Pengolahan Data.....	20
3.2. Tahap Perencanaan Alat .....	21
3.2.1. Perancangan kerangka <i>Trainer Kit</i> PLTS .....	21
3.2.2. Perakitan kerangka <i>Trainer Kit</i> PLTS .....	21
3.2.3. Perakitan <i>Hardware Trainer Kit</i> PLTS.....	21
3.2.4. Perancangan <i>Hardware</i> Elektrik VA <i>Tester</i> .....	21
3.2.5. Proses Pembuatan <i>Hardware</i> Elektrik VA <i>Tester</i> .....	22
3.2.6. Perancangan <i>Software Arduino UNO</i> VA <i>Tester</i> .....	22
3.2.7. Pembuatan <i>Software Arduino UNO</i> VA <i>Tester</i> .....	22
3.3. Pengujian Komponen Sistem PLTS .....	22
3.4. Perancangan Modul Praktikum <i>Trainer Kit</i> PLTS .....	22
3.5. Pengujian <i>Trainer Kit</i> PLTS.....	23
3.4. Pembuatan Laporan Proyek Akhir .....	23
BAB IV .....	24
PEMBAHASAN .....	24
4.1. Diagram Blok.....	24
4.2. Perancangan <i>Trainer Kit</i> Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	26

4.3. Pembuatan <i>Trainer Kit</i> Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	26
4.4. Perancangan <i>Hardware</i> Elektrik VA <i>Tester</i> .....	27
4.4.1. Sensor Arus dan Tegangan AC (PZEM-004T) .....	28
4.4.2. Metode Pemasangan Sensor PZEM-004T .....	28
4.4.3. Pengujian Sensor PZEM-004T .....	29
4.4.4. Sensor Arus DC (INA219) .....	32
4.4.5. Metode Pemasangan Sensor INA219 .....	33
4.4.6. Pengujian Sensor INA219 .....	33
4.4.7. Sensor Tegangan DC .....	36
4.4.8. Metode Pemasangan Sensor Tegangan DC .....	37
4.4.9. Pengujian Sensor Tegangan DC .....	37
4.4.10. Arduino UNO .....	40
4.4.11. Perencanaan Arduino UNO .....	41
4.4.12. Pemasangan Arduino UNO .....	42
4.5. Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	42
4.5.1. Solar cell .....	42
4.5.2. Wiring Solar cell .....	43
4.5.3. Pengujian <i>Solar cell</i> .....	43
4.5.4. Uji coba pengukuran tegangan dan arus pada beban lampu TL AC dan lampu DC. ....	48
4.5.5. Baterai .....	49
4.5.6. Beban .....	49
4.5.7. Pengisian Aki .....	50
4.6. Modul Praktikum <i>Trainer Kit</i> Sistem PLTS .....	50
4.6.1. Perencanaan Modul Praktikum <i>Trainer Kit</i> Sistem PLTS .....	50

4.6.2. Perancangan Modul Praktikum <i>Trainer Kit</i> Sistem PLTS.....	50
4.6.3. Pengujian Modul Praktikum <i>Trainer Kit</i> Sistem PLTS.....	51
BAB V.....	52
PENUTUP.....	52
5.1. Kesimpulan .....	52
5.2. Saran.....	52
Daftar Pustaka .....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Keluaran <i>Inverter</i> .....	10
Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino UNO .....	13
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Sensor PZEM-004T.....	31
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sensor Arus INA219 .....	35
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Sensor Tegangan DC.....	38
Tabel 4. 4 Data Hasil Pengukuran Solar cell Hari pertama .....	44
Tabel 4. 5 Data Hasil Pengukuran <i>Solar cell</i> Hari Kedua.....	46
Tabel 4. 6 Uji Coba Tegangan pada Beban AC dan DC.....	48
Tabel 4. 7 Uji Coba Arus pada Beban AC dan DC.....	48
Tabel 4. 8 Beban Pengujian Lampu Penerangan .....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Fisik <i>Solar cell</i> .....	4
Gambar 2. 2 Rangkaian Ekuivalen <i>Solar cell</i> [4] .....	5
Gambar 2. 3 Karakteristik Daya Keluaran Panel Surya [4] .....	6
Gambar 2. 4 Fisik MPPT .....	6
Gambar 2. 5 Prinsip Kerja MPPT [6].....	7
Gambar 2. 6 Bentuk Fisik <i>Inverter</i> .....	8
Gambar 2. 7 Rangkaian dasar <i>inverter</i> dan gelombang tegangan masukan dan keluaran <i>inverter</i> : (a) Sinyal <i>Carrier</i> dan Modulasi; (b) Kondisi Pensaklaran S+; (c) Kondisi Pensaklaran S-; (d) Sinyal Keluaran AC.....	9
Gambar 2. 8 Fisik Aki Kering.....	10
Gambar 2. 9 Arduino UNO [11] .....	12
Gambar 2. 10 Sensor Arus PZEM-004T [12] .....	14
Gambar 2. 11 Sensor Arus INA219 [13] .....	15
Gambar 2. 12 Sensor Tegangan DC [14] .....	15
Gambar 2. 13 LCD 16x2 [15] .....	16
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> tahapan pembuatan <i>Trainer kit</i> PLTS.....	20
Gambar 4. 1 Diagram Blok <i>Trainer kit</i> Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	24
Gambar 4. 2 Diagram Blok VA <i>tester</i> .....	25
Gambar 4. 3 Desain Rancangan <i>Trainer kit</i> Sistem PLTS.....	26
Gambar 4. 4 Proses Pembuatan <i>Trainer kit</i> Sistem PLTS .....	27
Gambar 4. 5 <i>Schematic</i> VA <i>tester</i> .....	27
Gambar 4. 6 <i>Schematic</i> Sensor Arus dan Tegangan AC (PZEM-004T) [16].....	28
Gambar 4. 7 Pemasangan sensor PZEM-004T .....	28
Gambar 4. 8 Rangkaian Pengujian Sensor PZEM-004T [17].....	29
Gambar 4. 9 Tampilan di LCD Pengujian sensor PZEM-004T.....	31
Gambar 4. 10 Tampilan arus dan tegangan pada multimeter saat pengujian sensor PZEM-004T .....	31

Gambar 4. 11 <i>Schematic</i> Sensor INA219 [18].....	32
Gambar 4. 12 Pemasangan sensor INA219.....	33
Gambar 4. 13 Skema Pengujian Sensor INA219 [19] .....	33
Gambar 4. 14 Tampilan di LCD Pengujian sensor INA219 .....	35
Gambar 4. 15 Tampilan arus pada multimeter saat pengujian sensor INA219 ....	35
Gambar 4. 16 <i>Schematic</i> Sensor Tegangan DC .....	36
Gambar 4. 17 Pemasangan sensor tegangan DC.....	37
Gambar 4. 18 Rangkaian Pengujian Sensor Tegangan DC.....	37
Gambar 4. 19 Pengujian A sensor tegangan DC terhadap alat ukur multimeter ..	39
Gambar 4. 20 Pengujian B sensor tegangan DC terhadap alat ukur multimeter...	39
Gambar 4. 21 <i>Schematic</i> Pengujian Arduino UNO .....	41
Gambar 4. 22 Hasil Pengujian Arduino UNO .....	42
Gambar 4. 23 Pemasangan Arduino UNO.....	42
Gambar 4. 24 <i>Schematic Solar cell</i> .....	43
Gambar 4. 25 Pengujian <i>Solar cell</i> .....	43
Gambar 4. 26 Grafik Tegangan terhadap Arus dengan Beban $5,6\Omega$ .....	45
Gambar 4. 27 Grafik Tegangan terhadap Arus dengan Beban $5,6\Omega$ .....	45
Gambar 4. 28 Grafik Daya terhadap Waktu dengan Beban $5,6\Omega$ .....	45
Gambar 4. 29 Grafik Tegangan terhadap Waktu dengan Beban $1,5K\Omega$ .....	47
Gambar 4. 30 Grafik Arus terhadap Waktu dengan Beban $1,5K\Omega$ .....	47
Gambar 4. 31 Grafik Daya terhadap Waktu dengan Beban $1,5K\Omega$ .....	47

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN 1 : Riwayat Hidup Perorangan

LAMPIRAN 2 : Program Arduino Uno

LAMPIRAN 3 : DATASHEET

LAMPIRAN 4 : Modul praktikum

LAMPIRAN 5 : Kuisisioner

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Energi surya adalah energi yang berupa sinar dan panas matahari. Pada tahun 2011, Badan Energi Internasional menyatakan bahwa perkembangan teknologi surya yang terjangkau, tidak habis dan bersih akan memberikan keuntungan jangka panjang yang besar. Perkembangan teknologi ini memberikan keuntungan dan keamanan pada negara-negara melalui pemanfaatan sumber energi yang sudah ada, tidak habis, dan tidak tergantung pada impor, meningkatkan kesinambungan, mengurangi polusi, mengurangi biaya mitigasi perubahan iklim, dan menjaga harga bahan bakar fosil tetap rendah dari sebelumnya [1].

Melihat fungsi, manfaat dan semakin berkembangnya sistem pembangkit listrik tenaga surya membuat pengetahuan tentang sistem PLTS ini menjadi suatu pokok bahasan yang wajib dimengerti dan dipahami oleh mahasiswa Jurusan Teknik Elektro khususnya Prodi Teknik Elektro D3 maupun D4 di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Untuk mencapai tujuan diatas perlu adanya sebuah modul praktikum tentang sistem pembangkit listrik tenaga surya dengan konsep yang tepat dan layak digunakan sebagai media pembelajaran baik secara teknis, fungsi dan unjuk kerja serta ergonomis untuk digunakan.

Berdasarkan latar belakang di atas proyek akhir ini dibuat untuk merancang dan membuat *trainer kit* sistem pembangkit listrik tenaga surya yang materinya mencakup sistem *Solar Cell*, *Maximum Power Point Tracking* (MPPT), *Inverter*, baterai, beban lampu dan alat ukur. Dengan adanya *trainer kit* sistem pembangkit listrik tenaga surya ini diharapkan mahasiswa dapat menambah pengetahuan dan memahami tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).



## 1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain dan pengembangan dari unit *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ?
2. Bagaimana efektifitas dari unit *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dikembangkan ?
3. Bagaimana desain dan pengembangan dari modul praktikum *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ?
4. Bagaimana efektifitas dari modul praktikum *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dikembangkan ?

## 1.3. Batasan Masalah

Untuk memperjelas arah dari pembahasan proyek akhir ini, maka diberikan batasan masalah yang meliputi :

1. *Solar cell* yang dipakai dalam *trainer kit* ini sebesar 20WP dan matahari disimulasikan dengan lampu pijar.
2. Baterai yang dipakai dalam *trainer kit* ini sebesar 12 Volt da 7,2 Ah.
3. Beban yang dipakai dalam *trainer kit* adalah lampu AC dan lampu DC.
4. *Trainer kit* yang dibuat ini menggunakan sistem *wiring*.

## 1.4. Tujuan Proyek Akhir

Adapun tujuan pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendesain dan mengembang unit *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).
2. Menguji efektifitas unit *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dikembangkan.
3. Mendesain dan mengembang modul praktikum *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).
4. Menguji Efektifitas modul praktikum *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dikembangkan.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)**

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Prinsip kerja dari PLTS ini adalah pada saat intensitas cahaya matahari dalam keadaan tinggi (cerah) maka modul surya akan menerima cahaya dan mengubahnya menjadi energi listrik, kemudian akan disalurkan dan disimpan ke aki atau ke beban. Pada saat intensitas cahaya matahari rendah (mendung) maka modul surya akan menghasilkan listrik lebih rendah dibandingkan dengan kondisi cahaya matahari tinggi. Pada saat malam hari modul surya tidak bekerja, akan tetapi energi yang digunakan yaitu energi yang tersimpan di aki yang sudah terisi energi matahari pada saat intensitas cahaya matahari tinggi. [2]

#### **2.2. Solar cell**

Sel surya digunakan untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Ketika sel surya menerima paparan sinar matahari, elektron - elektron pada sel surya akan bergerak menuju lapisan neutron dan proton sehingga akan timbul beda potensial pada kedua ujung sel surya dan menyebabkan timbulnya arus listrik yang mengalir melalui beban saat kedua ujung sel surya diberi beban.

Sel surya dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu sel surya *monocrystalline* (mono-Si), sel surya *polycrystalline* (poli-Si) dan sel surya film tipis [2]. Sel surya memiliki daya yang berbeda-beda tergantung dari pabrikasinya, salah satu yang kami gunakan adalah *solar cell 20WP*. Adapun tipe *solar cell* yang digunakan sel surya *polycrystalline*. Sel surya *polycrystalline* merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahayanya matahari

kurang(teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan, apabila *solar cell* menerima pancaran cahaya matahari maka pada ke dua terminal *output solar cell* akan mengeluarkan tegangan DC sesuai dengan spesifikasi *solar cell* itu sendiri. Berikut gambar fisik *solar cell* 20WP pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Fisik *Solar cell*

Temperatur sel surya ( $T_c$ ) pada siang terik matahari, nilai temperatur dapat mencapai  $30^{\circ}\text{C}$  bahkan lebih, namun pada malam hari nilai temperatur akan mengikuti temperatur lingkungan sekitarnya. Untuk menghitung temperatur sel surya dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [3] :

$$T_c = T_a + I_r \left( \frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{I_{T,NOCT}} \right) \left( 1 - \frac{nc}{T_a} \right) \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

$T_a$  = Temperatur Daerah Sekitar ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{c,NOCT}$  = Temperatur Daerah Sekitar Nominal Panel Surya ( $20^{\circ}\text{C}$ )

$I_{T,NOCT}$  = Radiasi Matahari Pada Temperatur Nominal Sel Surya ( $0,8 \text{ kW/m}^2$ )

$nc$  = Efisiensi Konversi Listrik Panel Surya (%).

Energi cahaya membangkitkan tegangan yang dihubungkan dengan beban sehingga teraliri arus pada waktu yang sama. Ketika 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 (MPPT) [4,5]. Karakteristik penting lainnya dari sel surya yaitu *fill factor* (FF), dengan persamaan:

$$FF = \left[ \frac{\left( \frac{V_{oc0}^C}{V_{T0}^C} \right) - \ln \left( \frac{V_{oc0}^C}{V_{T0}^C} + 0.72 \right)}{\frac{V_{oc0}^C}{V_{T0}^C} + 1} \right] \dots\dots\dots(2.2)$$

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

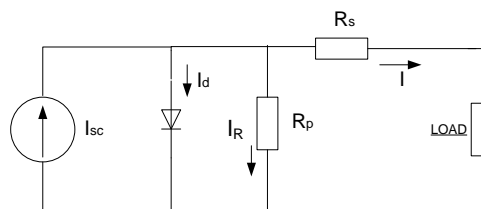
$$P_{MAX} = V_{OC} \cdot I_{SC} \cdot FF \dots\dots\dots(2.3)$$

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

$$\eta = \frac{P_{MAX}}{P_{Cahaya}} \dots\dots\dots(2.4)$$

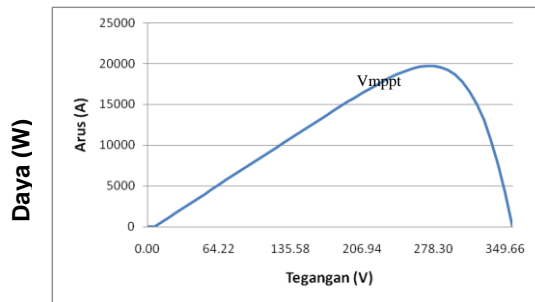
Nilai efisiensi ini yang menjadi ukuran global dalam menentukan kualitas performansi suatu sel surya.

Rangkaian ekivalen *solar cell* dapat digambarkan seperti gambar 2.2. persamaan karakteristik untuk pemodelan *solar cell* diberikan sebagai berikut:



Gambar 2. 2 Rangkaian Ekivalen *Solar cell* [4]

Dari karakteristik I-V Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa *solar cell* adalah sebuah sumber arus, yaitu membangkitkan arus konstan untuk tegangan keluaran yang variabel.



Gambar 2. 3 Karakteristik Daya Keluaran Panel Surya [4]

Untuk suatu irradiansi tertentu, *solar cell* dapat membangkitkan daya maksimum apabila tegangan keluaran *solar cell* adalah sebesar  $V_{mppt}$ .

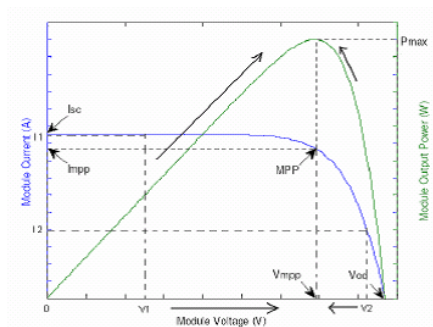
### 2.3. Maximum Power Point Tracking (MPPT)

*Maximum Power Point Tracking* (MPPT) merupakan sebuah sistem elektronik yang digunakan untuk mendapatkan nilai arus dan tegangan yang optimal sehingga menghasilkan daya yang maksimal pada sel surya [6]. Pada Proyek Akhir ini, kami menggunakan MPPT T20 20A yang dapat digunakan untuk memaksimalkan daya pada sel surya, mengatur pengisian baterai, mengatur tegangan kerja dari sel surya, dan mengatur pemakaian daya pada beban yang digunakan. Bentuk fisik MPPT T20 ditunjukkan pada Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2. 4 Fisik MPPT

*Maximum Power Point Tracking* (MPPT) digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan dan arus yang optimal sehingga didapat daya keluaran yang maksimal dari suatu sel *Photovoltaic*. Prinsip kerja dari MPPT (Gambar 2.5) adalah menaikkan dan menurunkan tegangan kerja sel surya. Apabila dalam suatu sistem sel surya, tegangan kerja sel surya jatuh pada daerah di sebelah 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.



Gambar 2. 5 Prinsip Kerja MPPT [6]

Pengoperasian dengan baterai pada malam hari, sistem PV *off-grid* dapat menggunakan baterai untuk memasok beban. Meskipun voltase baterai yang terisi penuh mungkin mendekati voltase titik daya maksimum panel PV, hal ini tidak mungkin benar saat matahari terbit ketika baterai telah habis sebagian. Pengisian dapat dimulai pada tegangan yang jauh di bawah tegangan titik daya maksimum panel PV, dan MPPT dapat mengatasi ketidaksesuaian ini.

Ketika baterai dalam sistem off-grid terisi penuh dan produksi PV melebihi beban lokal, MPPT tidak dapat lagi mengoperasikan panel pada titik daya maksimumnya karena kelebihan daya tidak memiliki beban untuk menyerapnya. MPPT kemudian harus menggeser titik operasi panel PV dari titik daya puncak sampai produksi benar-benar sesuai dengan permintaan. (Pendekatan alternatif yang biasa digunakan dalam pesawat ruang angkasa adalah dengan

mengalihkan kelebihan daya PV menjadi beban resistif, yang memungkinkan panel beroperasi terus menerus pada titik daya puncaknya untuk menjaga panel tetap dingin sebanyak mungkin.

#### **2.4. Power Inverter**

*Inverter* adalah suatu perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak - balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. *Input Inverter* yang merupakan sumber arus listrik searah atau arus DC berupa Baterai, Aki maupun Sel Surya (*Solar cell*). *Inverter* mempunyai spesifikasi yang berbeda mulai dari komponen yang di gunakan dalam *inverter* maupun hasil keluaran dari *inverter* [7]. *inverter* yang kami gunakan dalam proyek akhir ini adalah *inverter* DC 12V → AC 220V, 50Hz, 1200Watt. Bentuk fisik *Inverter* dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut



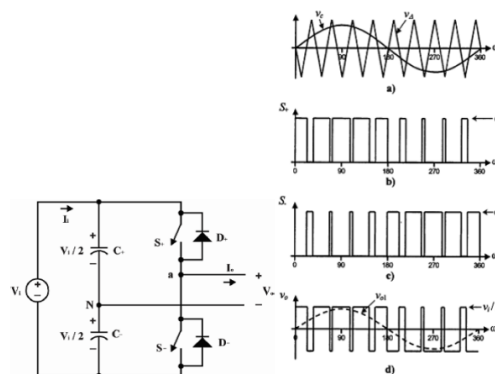
Gambar 2. 6 Bentuk Fisik *Inverter*

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 harmonic 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 harmonic yang rendah keandalan yang tinggi. Efisiensi *inverter* yang ada dipasaran saat ini mencapai 90 % hingga 98 %.



Gambar 2. 7 Rangkaian dasar *inverter* dan gelombang tegangan masukan dan keluaran *inverter* : (a) Sinyal *Carrier* dan Modulasi; (b) Kondisi Pensaklaran S+; (c) Kondisi Pensaklaran S-; (d) Sinyal Keluaran AC

*Inverter* dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa *step up transformer*. Rangkaian dasar *inverter* setengah jembatan satu fasa dengan beban resistif dan bentuk gelombangnya dapat dilihat pada Gambar 2.7.

Pada Gambar 2.7 diperlukan dua buah kapasitor untuk menghasilkan titik Netral agar tegangan pada setiap kapasitor  $V_i/2$  dapat dijaga konstan. Saklar S+ dan S- mempresentasikan saklar elektronis yang mencerminkan komponen semikonduktor daya. Saklar S+ dan S- tidak boleh bekerja secara serempak/simultan karena akan terjadi hubung singkat rangkaian.

Kondisi *ON* dan *OFF* dari saklar S+ dan S- ditentukan dengan teknik modulasi, dalam hal ini menggunakan prinsip PWM. Prinsip PWM dalam rangkaian ini membandingkan antara sinyal modulasi  $V_c$  (dalam hal ini tegangan bolak-balik luaran yang diharapkan) dengan sinyal pembawa dengan bentuk gelombang gigi gergaji ( $V_\Delta$ ). Secara praktis, jika  $V_c > V_\Delta$  maka saklar S+ akan



*ON* dan saklar *S-* akan *OFF*, dan jika  $V_c < V_\Delta$  maka saklar *S+* akan *OFF* dan saklar *S-* akan *ON*. Untuk menghasilkan tegangan luaran ( $V_o$ ) satu fasa, terdapat tiga kondisi jika saklar *S+* dan *S-* dioperasikan sebagaimana ditunjukkan Tabel berikut:

Tabel 2. 1 Keluaran *Inverter*

Kondisi Ke-	Kondisi	$V_o$	Komponen yang Aktif
1	<i>S+</i> On dan <i>S-</i> Off	$V_i/2$	<i>S+</i> Jika $i_o > 0$ <i>D+</i> Jika $i_o < 0$
2	<i>S+</i> Off dan <i>S-</i> On	$-V_i/2$	<i>S-</i> Jika $i_o < 0$ <i>D-</i> Jika $i_o > 0$
3	<i>S+</i> Off dan <i>S-</i> Off	$V_i/2$ $V_i/2$	<i>D+</i> Jika $i_o > 0$ <i>D-</i> Jika $i_o < 0$

## 2.5. Baterai

Baterai / Aki merupakan alat penyimpanan energi listrik dalam satuan *Watt Hour*. 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 [8]. Pada proyek akhir ini, kami menggunakan aki kering 12 volt da 7,2 Ah. Bentuk fisik aki kering dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut.



Gambar 2. 8 Fisik Aki Kering

Proses *discharge* dengan resistansi konstan ketika tegangan battery turun dan arus juga turun. Untuk mengetahui waktu dalam proses pengisian *accumulator*, dapat menggunakan perhitungan pada persamaan :

- Kapasitas Baterai

$$Ah = I \cdot t \dots\dots\dots(2.5)$$

Diketahui :

Ah = Kapasitas Baterai Aki

I = Kuat Arus (Ampere)

T = Waktu (jam/sekon)

- Lama Pengisian Arus

$$T_a = \frac{Ah}{A} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

T<sub>a</sub> = Lamanya pengisian arus (jam).

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

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

- Lama Pengisian Daya

$$T_d = \frac{\text{daya Ah}}{\text{daya A}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

T<sub>d</sub> = 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)

## 2.6. Daya Listrik

Daya listrik merupakan laju hantaran energi listrik atau jumlah energi yang digunakan atau dihasilkan dalam rangkaian listrik dengan Satuan Internasional *Watt* atau disingkat *W* (*Watt = Joule / detik*) [9] [10]. Persamaan

umum yang digunakan untuk menghitung daya listrik dalam sebuah rangkaian listrik adalah sebagai berikut :

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.8)$$

$$V = P / I \dots\dots\dots(2.9)$$

$$I = P / V \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

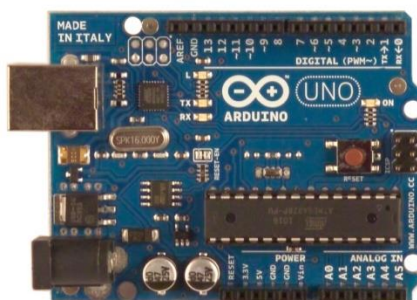
P = Daya Listrik dengan satuan Watt (W)

V = Tegangan Listrik dengan Satuan Volt (V)

I = Arus Listrik dengan satuan Ampere (A)

### 2.7. 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 *hardware* Arduino UNO ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Arduino UNO [11]

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. Spesifikasi dari Arduino UNO dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino UNO

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

## 2.8. Sensor Arus PZEM-004T

Sensor PZEM-004T adalah sensor yang dapat mengukur Arus, Tegangan, *Power* dan *Energy* dari listrik AC. Sensor ini mengeluarkan *output* dengan komunikasi serial. Jika kita ingin menghubungkan dengan Arduino maka komunikasi yang di gunakan adalah komunikasi serial. Gambar *hardware* sensor Arus PZEM-004T ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2. 10 Sensor Arus PZEM-004T [12]

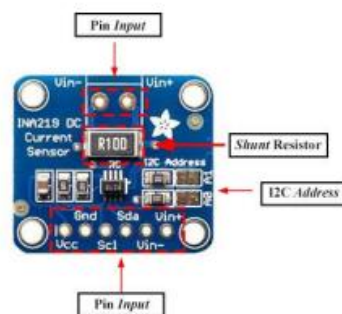
Spesifikasi :

- *Type : Voltage Regulator*
- *Dissipation Power : 1*
- *Supply Voltage : 80-260V*
- *Max Operating Current : 100A – 119A*
- *Rated Voltage : 220V*
- *Display Type : Digital Only*
- *Power Supply : AC*

## 2.9. Sensor Arus INA219

Sensor Arus INA219 merupakan modul sensor yang tidak hanya dapat *me-monitoring* tegangan tetapi juga dapat memantau arus dan daya pada suatu rangkaian listrik. Prinsip kerja dari sensor ini adalah sensor akan mendeteksi tegangan bus dan tegangan *shunt* secara bergantian kemudian akan mengonversinya langsung menjadi digital dengan *ADC*. *ADC* akan mengirimkan

sinyal digital tersebut ke register arus dan register tegangan sedangkan register daya diperoleh dengan mengalikan tegangan dan arus yang diperoleh dari masing-masing register tersebut. Kemudian data digital tersebut akan dikirimkan melalui komunikasi I2C menuju Arduino [13]. Berikut gambar sensor arus INA219 yang di gunakan pada proyek akhir ini bisa dilihat pada gambar 2.12 berikut.



Gambar 2. 11 Sensor Arus INA219 [13]

## 2.10. Sensor Tegangan DC

Sensor tegangan DC merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk mengukur tegangan DC pada suatu rangkaian elektronika. Sensor tegangan umumnya berupa sebuah rangkaian pembagi tegangan. Sensor ini dapat membuat tegangan *input* dari terminal berkurang sampai seperlima dari tegangan asli [14]. Berikut gambar sensor tegangan yang di gunakan pada proyek akhir ini bisa dilihat pada gambar 2.13 berikut.



Gambar 2. 12 Sensor Tegangan DC [14]

Sensor tegangan DC ini hanya mampu membaca tegangan maksimal 25V. karena chip Arduino UNO memiliki 10 bit, jadi resolusi simulasi modul

0,00489 V yang didapat dari  $5 \text{ V} / 1023$ , dan tegangan *input* dari modul ini harus lebih dari  $0,00489 \text{ V} \times 5 = 0,02445 \text{ V}$  . Sehingga sapat dirumuskan seperti persamaan berikut :

$$V_{out} = ((Analog \text{ Read} \times 0,00489) \times 5) \dots \dots \dots (2.11)$$

### 2.11. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf, atau grafik. LCD membutuhkan tegangan dan daya yang kecil sehingga sering digunakan untuk aplikasi pada kalkulator, arloji digital, dan instrumen elektronik seperti multimeter digital. LCD memanfaatkan silikon dan galium dalam bentuk kristal cair sebagai pemancar cahaya. Pada layar LCD, setiap matrik adalah susunan dua dimensi piksel yang dibagi dalam baris dan kolom. Dengan demikian, setiap pertemuan baris dan kolom terdiri dari LED pada bidang latar (*backplane*), yang merupakan lempengan kaca bagian belakang dengan sisi dalam yang ditutupi oleh lapisan elektroda transparan. Seperti yang terlihat pada gambar 2.14 merupakan gambar bentuk fisik dari LCD 16x2 [15].



Gambar 2. 13 LCD 16x2 [15]

Spesifikasi pada LCD 16x2 adalah sebagai berikut :

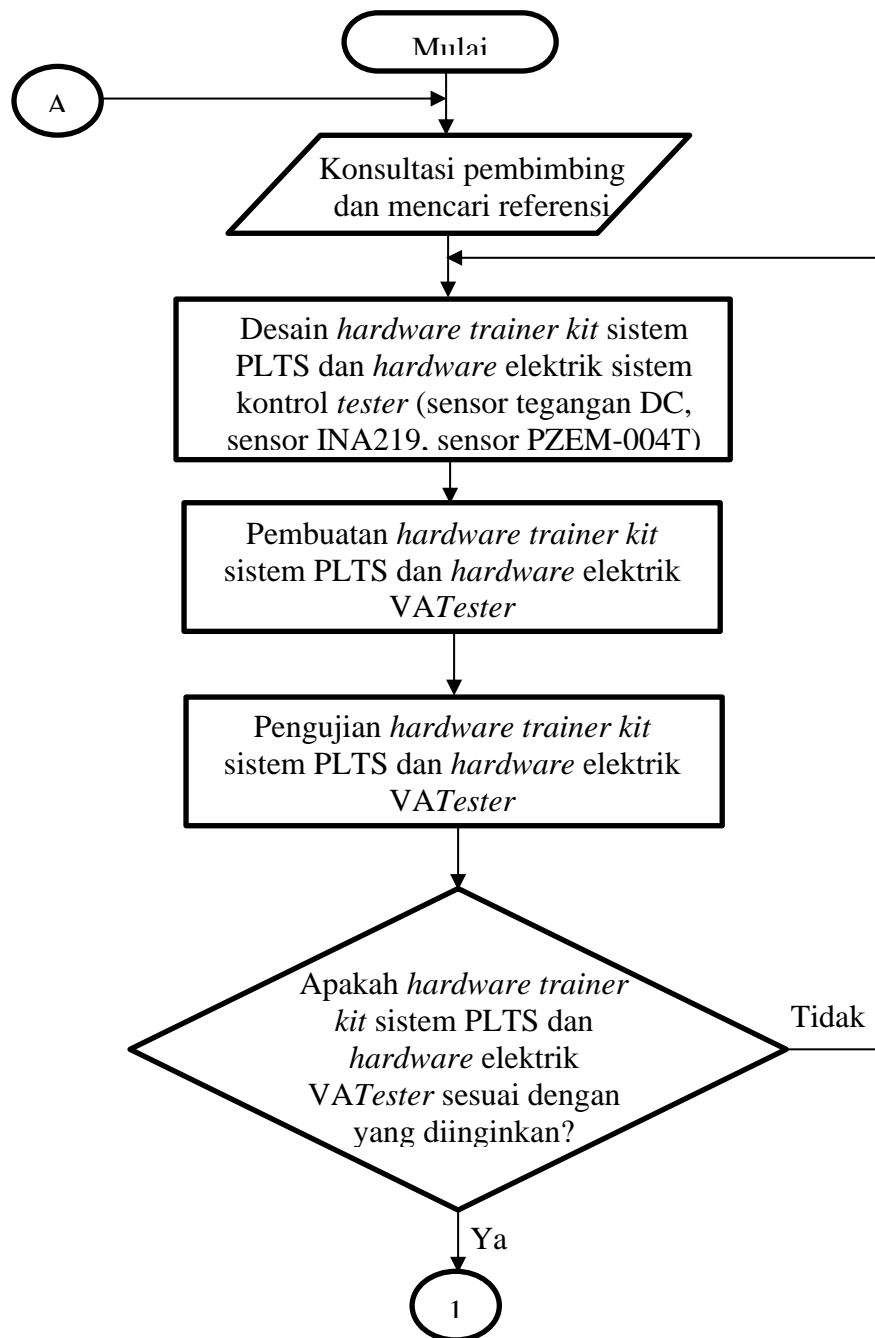
1. Terdiri dari 16 kolom dan 2 baris
2. Mempunyai 192 karakter yang tersimpan
3. Tegangan kerja 5V
4. Memiliki ukuran yang praktis

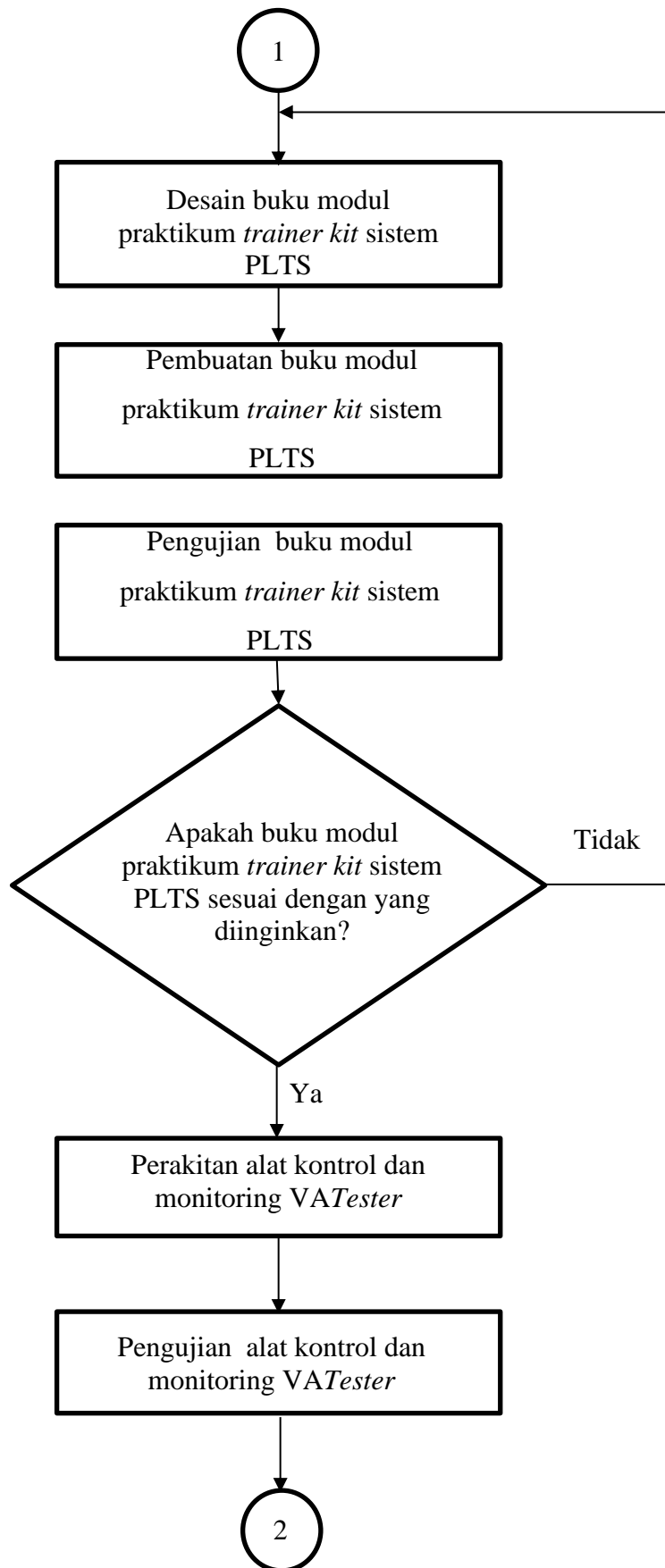
Prinsip kerja LCD 16x2 adalah dengan menggunakan lapisan film yang berisi kristal cair dan diletakkan di antara dua lempeng kaca yang telah dipasang elektroda logam transparan. Saat tegangan dicatukan pada beberapa pasang elektroda, molekul-molekul kristal cair akan menyusun agar cahaya yang mengenainya akan diserap. Dari hasil penyerapan cahaya tersebut akan terbentuk huruf, angka, atau gambar sesuai bagian yang diaktifkan. Untuk membentuk karakter atau gambar pada kolom dan baris secara bersamaan digunakan metode *screening*.

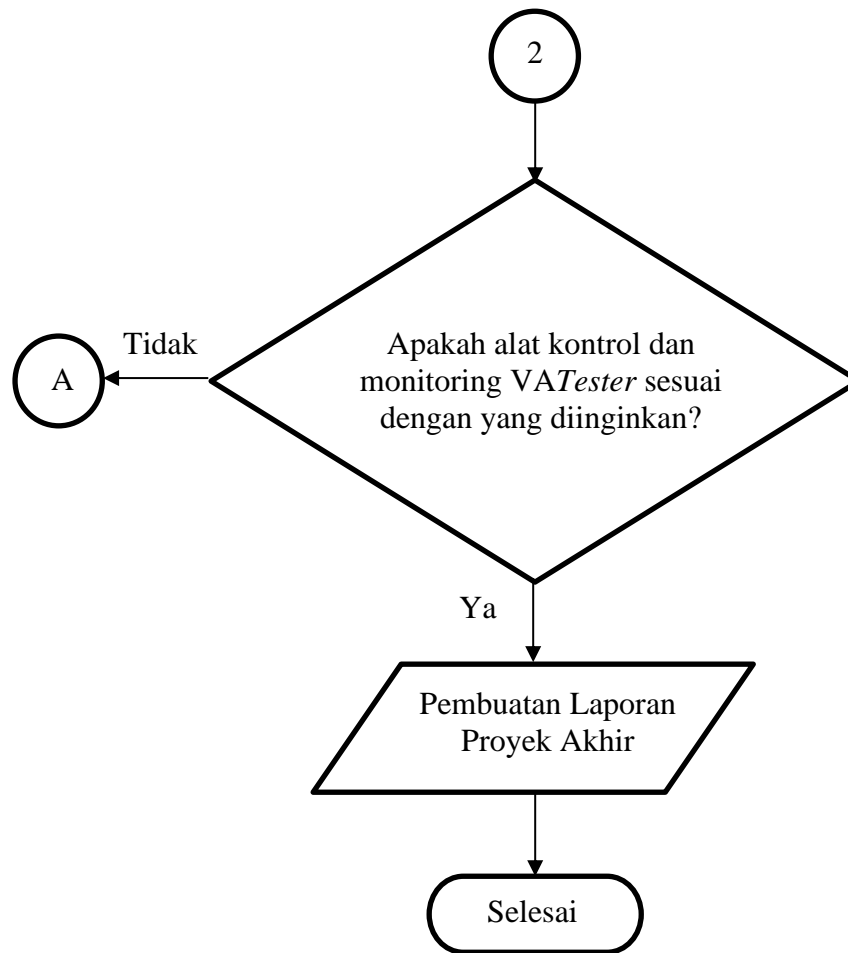


### BAB III METODE PELAKSANAAN

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







Gambar 3. 1 *Flowchart* tahapan pembuatan *Trainer kit* PLTS

### 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. Tahap Perencanaan Alat**

### **3.2.1. Perancangan kerangka *Trainer Kit* PLTS**

Perancang kerangka *trainer kit* PLTS dilakukan dengan desain manual dalam penentuan dimensi/ukuran serta bahan material yang akan digunakan.

### **3.2.2. Perakitan kerangka *Trainer Kit* PLTS**

Pembuatan kerangka *trainer kit* PLTS dilakukan di laboratorium elektronika daya dengan membuat konstruksi *trainer kit* PLTS meliputi pembuatan pada bagian-bagian kerangka. Pembuatan *trainer kit* PLTS yang akan dibuat meliputi tata letak alat yang digunakan. Perakitan kerangka *trainer kit* PLTS dengan cara merakit masing-masing dari setiap bagian menggunakan besi *Hollow* 4x4 mm sesuai dengan bentuk dan ukuran yang direncanakan secara manual.

### **3.2.3. Perakitan *hardware Trainer Kit* PLTS**

Perakitan *hardware Trainer kit* PLTS dilakukan dengan cara memasang semua komponen secara keseluruhan pada desain yang telah dirancang di dinding *Trainer kit* dan *hardware* elektrik yang telah dibuat juga dipasang ke dinding *Trainer kit*.

### **3.2.4. Perancangan *hardware* Elektrik VA *Tester***

VA tester merupakan nama alat ukur yang kita buat yang digunakan untuk mengukur tegangan dan arus AC & DC. VA tester di ambil dari satuan pengukuran yaitu “*Volt* dan *Ampere*”. Proses pembuatan *hardware* elektrik VA

*tester* dilakukan dengan menentukan komponen elektrik yang akan digunakan seperti Sensor Arus AC dan DC, Sensor Tegangan AC dan DC, dan Arduino UNO.

### **3.2.5. Proses Pembuatan *hardware* Elektrik VA Tester**

Proses pembuatan *hardware* elektrik VA *tester* dilakukan di laboratorium elektronika daya yaitu dengan membeli komponen elektrik yang telah jadi dan siap dipakai.

### **3.2.6. Perancangan Software Arduino UNO VA Tester**

Perancangan *software* dilakukan dengan membuat perancangan berupa pemrograman Arduino UNO untuk mengontrol sistem alat ukur yang dilakukan sesuai dengan penggunaan sensor - sensor.

### **3.2.7. Pembuatan Software Arduino UNO VA Tester**

Pembuatan *software* yang akan dilakukan meliputi :

1. Pembuatan program pembaca Arus AC dan Arus DC
2. Pembuatan program pembaca Tegangan AC dan Tegangan DC

## **3.3. Pengujian Komponen Sistem PLTS**

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

- Uji coba Tegangan dan Arus pada Rangkaian Utama (*Solar cell*, Baterai, MPPT, *Inverter*)
- Uji coba Tegangan dan Arus pada beban DC
- Uji coba Tegangan dan Arus pada beban AC

## **3.4. Perancangan Modul Praktikum *Trainer Kit* PLTS**

Dalam pembuatan modul praktikum ini kami berdiskusi dengan pembimbing dan mengambil dari jurnal - jurnal yang berkaitan dengan *trainer kit*

sistem PLTS yang kami buat. Pembuatan modul praktikum *Trainer kit* PLTS dilakukan di laboratorium elektronika daya. Modul praktikum dibuat disesuaikan dengan kurikulum dan RPS pada mata kuliah elektronika daya dan energi terbarukan. Dengan adanya modul praktikum ini diharapkan pembelajaran sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini mahasiswa elektronika khususnya materi elektronika daya dan energi terbarukan bisa dengan mudah mempelajari, memahami, membuat dan merangkai sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sesuai dengan yang diinginkan.

### **3.5. Pengujian *Trainer Kit* PLTS**

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

1. Pengujian *solar cell* untuk mengukur tegangan, arus dan daya maksimum pada saat diberi berbagai kondisi, yaitu kondisi jarak lampu ke *Solar cell*.
2. Pengujian modul MPPT dan lamanya pengisian ke baterai.
3. Pengujian tegangan dan arus pada rangkaian *Trainer kit*.

### **3.4. Pembuatan Laporan Proyek Akhir**

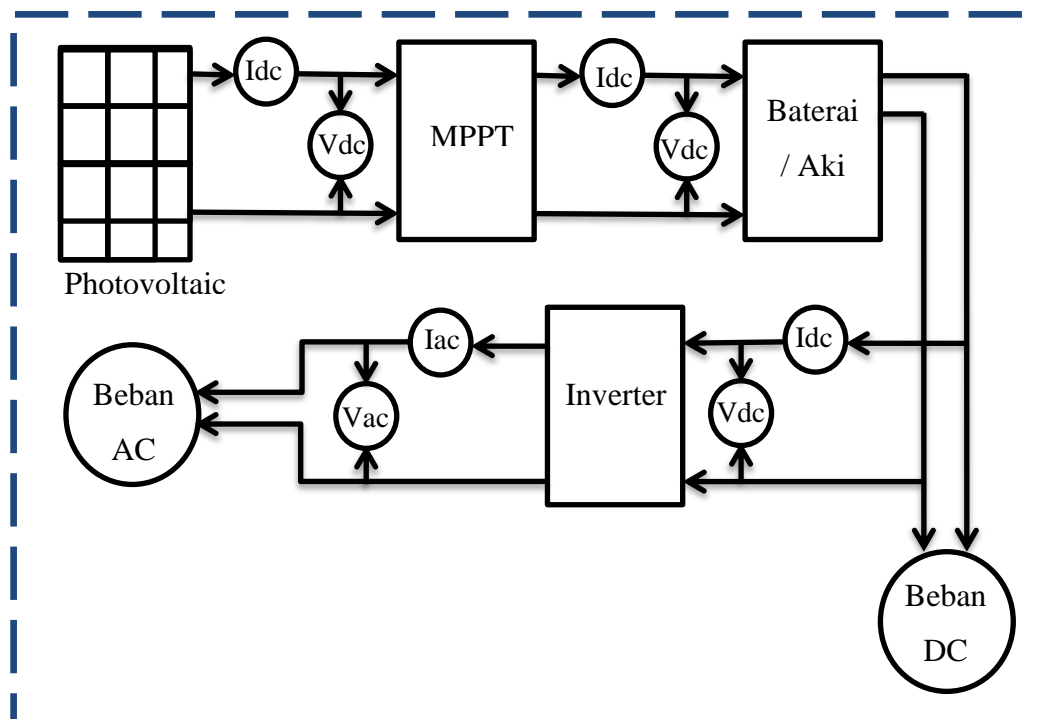
Tahap ini merupakan tahap terakhir dalam pembuatan proyek akhir yang bertujuan untuk merangkum keseluruhan detail mengenai alat yang dibuat, yang meliputi latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, landasan teori, metode pelaksanaan, pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

## BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai proses serta pengujian alat yang dikembangkan dalam pembuatan Proyek Akhir dengan judul “Rancang Bangun *Trainer Kit* Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)”, yaitu sebagai berikut:

### 4.1. Diagram Blok

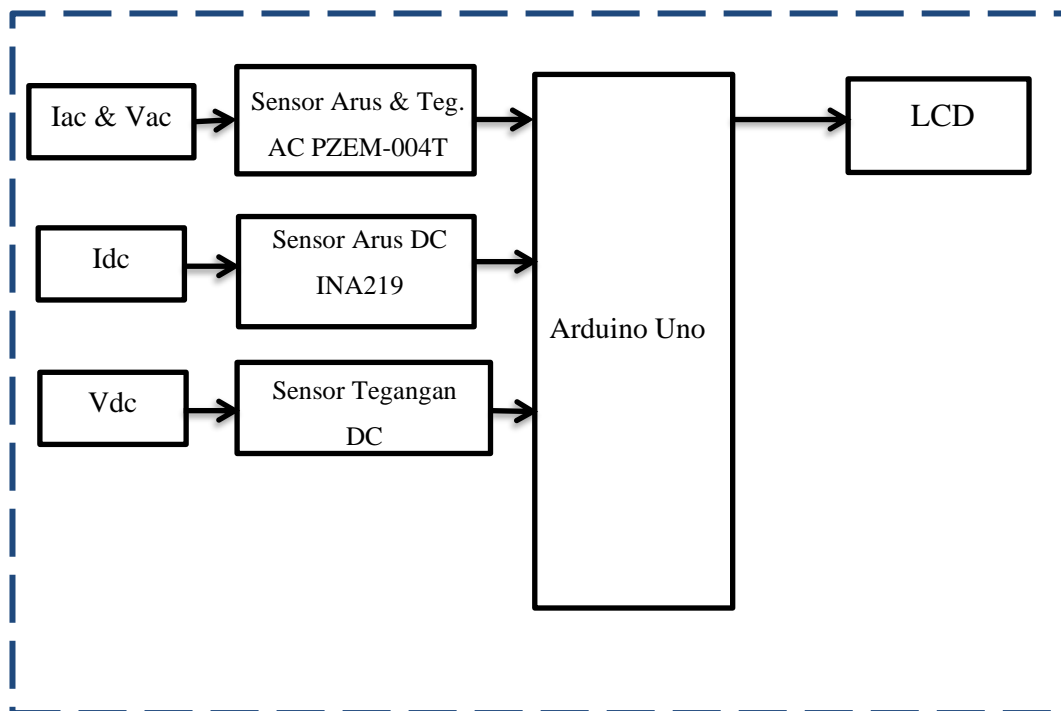
Diagram blok dari Rancang Bangun *Trainer Kit* Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ditunjukkan pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4. 1 Diagram Blok *Trainer kit* Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pada gambar 4.1 bagian merupakan diagram blok *Trainer Kit* Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang dirancang terdiri dari *solar cell*, *module* MPPT, baterai, *inverter*, dan beban. *Solar cell* akan menangkap energi dari sinar

lampu yang akan diubah menjadi energi listrik. Energi dari sinar lampu yang ditangkap pada *solar cell* selanjutnya akan masuk ke modul MPPT untuk mencari titik maksimum dari sinar lampu agar dapat menghasilkan daya listrik maksimum. *Solar cell* akan menghasilkan tegangan dan arus searah (DC), kemudian akan disimpan di baterai yang mana telah melewati modul MPPT terlebih dahulu. Untuk menggunakan beban DC dapat langsung mengambil tegangan dan arus DC dari baterai sedangkan untuk beban AC tegangan dan arus DC dari baterai akan diubah menjadi tegangan dan arus AC melalui *inverter*.



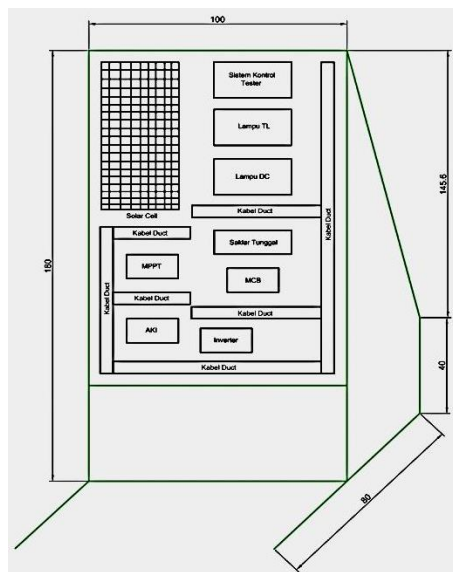
Gambar 4. 2 Diagram Blok VA *tester*

Pada gambar 4.2 merupakan blok dari sistem rangkaian *monitoring VA tester*. Mikrokontroler berfungsi sebagai alat ukur (*VA tester*) untuk mengukur tegangan AC dan DC, mengukur arus AC dan DC. *Input* dari masing-masing sensor selanjutnya akan diolah oleh mikrokontroler dan akan mengeluarkan tampilan ke LCD.



## 4.2. Perancangan *Trainer Kit* Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pada tahap perancangan *hardware trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini dirancang sesuai dengan konsep yang telah ditentukan. Rancangan *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dilakukan dengan *software AutoCAD*. Rancangan *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang akan dibuat dapat ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Desain Rancangan *Trainer kit* Sistem PLTS

Perancangan *trainer kit* Sistem Pembangkit Listrik Tenaga surya (PLTS) dibuat menggunakan bahan besi *hollow* 4x2, dan papan triplek 9 mm dan 15 mm meliputi perancangan kerangka, dasar *trainer kit*, dan lemari penyimpanan kabel. Dengan ukuran 100 x 80 x 180 cm.

## 4.3. Pembuatan *Trainer Kit* Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pada pembuatan *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini kami memilih besi *hollow* untuk bahan kerangka *trainer kit* dan papan triplek sebagai bahan dasar *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Kerangka dari besi *hollow* 4x2, dasar *trainer kit*, lemari penyimpanan kabel dari papan triplek 15 mm dan dinding samping dari papan triplek 9mm,

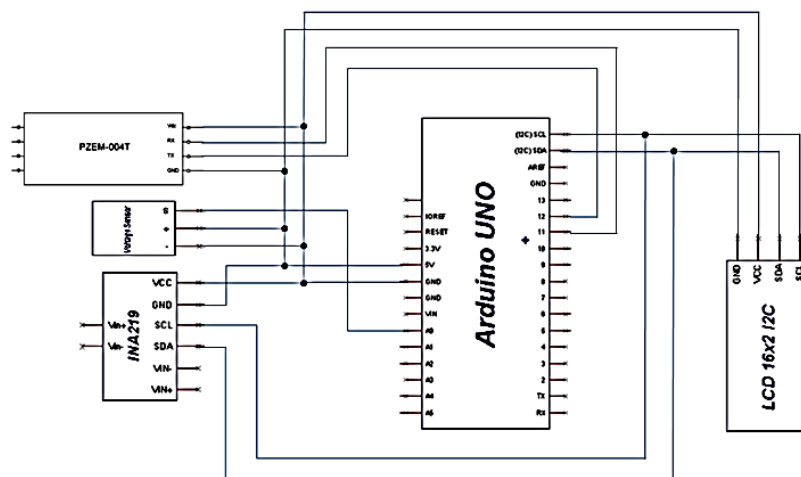
untuk merekatkan antar besi dan papan triplek tersebut menggunakan baut. Berikut ini adalah gambar dari pembuatan *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).



Gambar 4. 4 Proses Pembuatan *Trainer kit* Sistem PLTS

#### 4.4. Perancangan *hardware* Elektrik VA Tester

Perancangan *hardware* elektrik VA tester dilakukan dengan merancang peletakan komponen - komponen yang terdapat pada pengontrolan VA tester.

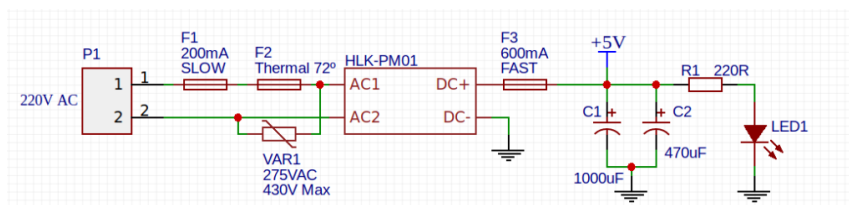


Gambar 4. 5 *Schematic VA tester*

Komponen alat meliputi Arduino UNO, Sensor INA219, Sensor PZEM-004T dan LCD 16x2 I2C. Perancangan blok *hardware* elektrik ini dirancang dengan menggunakan *software* ISIS *shortcut*.

#### 4.4.1. Sensor Arus dan Tegangan AC (PZEM-004T)

Rangkaian VA *tester* mengukur nilai arus melalui pengukuran arus *input* yang diberikan dengan arus resolusi 0,001A. *Schematic* sensor PZEM-004T ditunjukkan pada gambar 4.6 berikut.



Gambar 4. 6 *Schematic* Sensor Arus dan Tegangan AC (PZEM-004T) [16]

#### 4.4.2. Metode Pemasangan Sensor PZEM-004T

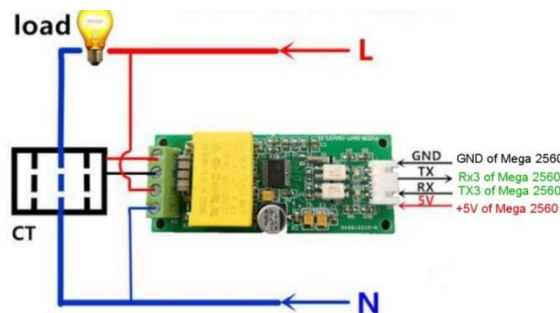
Pemasangan sensor arus dan tegangan AC ini diputuskan dengan membeli modul sensor PZEM-004T yang sudah jadi dan siap digunakan hal ini tentu dapat meminimalisir waktu dalam proses pengerjaan proyek akhir *Trainer kit* Sistem PLTS. Pemasangan sensor arus dan tegangan AC di laboratorium elektronika daya. Sensor arus dan tegangan AC dibuat sesuai dengan perancangan yang telah di konsep sebelumnya.



Gambar 4. 7 Pemasangan sensor PZEM-004T

#### 4.4.3. Pengujian Sensor PZEM-004T

Pengujian berfungsi untuk mengetahui nilai arus dan tegangan *input* yang terbaca oleh sensor PZEM-004T. Untuk melakukan uji coba sensor ini cukup dengan menghubungkan kabel dari sensor CT lalu hubungkan terhadap stop kontak 220VAC pada instalasi rumah dan *port* yang lainnya dihubungkan ke beban, maka akan secara otomatis membaca nilai arus pada beban tersebut. Proses diatas dilakukan dengan membuat program menampilkan nilai arus *input* yang terbaca oleh sensor PZEM-004T pada *software* Arduino UNO. Adapun gambar 4.8 rangkaian pengujian sensor PZEM-004T sebagai berikut.



Gambar 4. 8 Rangkaian Pengujian Sensor PZEM-004T [17]

Berikut adalah *list* program pada pengujian sensor PZEM-004T menggunakan *software* Arduino UNO:

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>           //i2C LCD Library
#include <PZEM004Tv30.h>               //PZEM-004T Library

PZEM004Tv30 pzem(11, 12);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2);

void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();           // initialize the lcd
```

```

lcd.clear();
}

void AC(void){
float voltage = pzem.voltage();
if (voltage != NAN){
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("VAC:");
    lcd.setCursor(4,1);
    lcd.print(voltage*1.06);
}

else {
    lcd.setCursor(0,1); lcd.print("0");
}

float current = pzem.current();
if(current != NAN){
    lcd.setCursor(8,1); lcd.print("A:"); lcd.setCursor(11,1); lcd.print(current);
}
else {
    lcd.setCursor(0,1); lcd.print("0");
}
}

void loop(void) {
    AC();
    delay(100);
}

```

Tabel 4.1 adalah data hasil pengujian sensor PZEM-004T. Hasil dari pengujian sensor PZEM-004T dapat dilihat pada gambar 4.9 berikut.

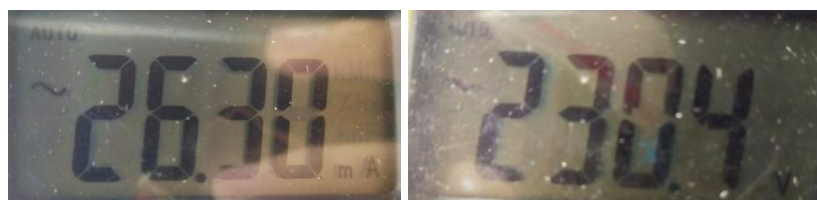
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Sensor PZEM-004T

No.	Beban	Vin (V)	Arus Keluaran		Tegangan Keluaran		Persentase Kesalahan	
			Arus Sensor	Arus Multimeter	Tegangan Sensor	Tegangan Multimeter	Arus (%)	Tegangan (%)
			1.	10 Watt	220	0,026 A	0,0263A	231 V

Dari tabel hasil pengujian pengukuran sensor PZEM-004T terhadap alat ukur multimeter, dapat dilihat beberapa pembacaan nilai dengan persentase kesalahan arus 1,14% dan tegangan 0,26%. Dengan begitu sensor PZEM-004T ini dapat digunakan sesuai dengan semestinya. Berikut adalah gambar dari hasil percobaan sensor PZEM-004T terhadap alat ukur multimeter:



Gambar 4. 9 Tampilan di LCD Pengujian sensor PZEM-004T



Gambar 4. 10 Tampilan arus dan tegangan pada multimeter saat pengujian sensor PZEM-004T

Dari hasil pengujian sensor PZEM-004T terhadap Multimeter menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T menghasilkan arus sebesar 0,0260 A serta tegangan 231 V dan arus yang terukur di multimeter yaitu sebesar 0,0263A

serta tegangan 230.4 V sehingga selisih dari sensor PZEM-004T dan alat ukur sebesar 0,0003 A dan selisih tegangan sebesar 0,6 V. Pengujian ini menggunakan 1 beban AC dengan besar beban 10 Watt. Berikut ini adalah perhitungan persentase kesalahan pada hasil pengujian sensor PZEM-004T terhadap alat ukur multimeter yaitu sebagai berikut.

Rumus persentase kesalahan, dimana:

$$\text{Persentase Kesalahan} = \left| \frac{\text{Alat Ukur} - \text{Sensor}}{\text{Alat Ukur}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(4.1)$$

Alat Ukur = Hasil pada multimeter

Sensor = Hasil pada sensor

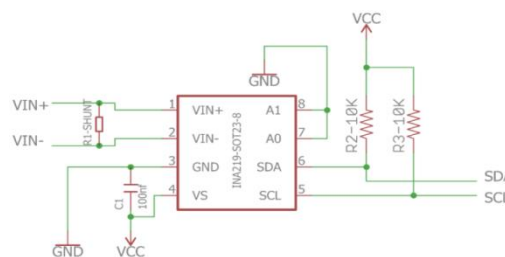
Berikut ini perhitungan sensor secara teori:

Perhitungan persentase kesalahan pada tabel 4.1 pengujian sensor PZEM-004T dengan multimeter.

- Persentase *error* Arus =  $\left| \frac{0,0263-0,0260}{0,0263} \right| \times 100\% = 1,14\%$
- Persentase *error* Tegangan =  $\left| \frac{230,4-231}{230,4} \right| \times 100\% = 0,26\%$

#### 4.4.4. Sensor Arus DC (INA219)

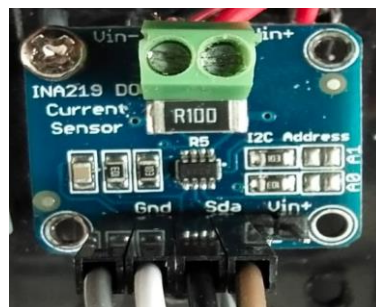
Rangkaian VA *tester* dengan pengukuran menampilkan arus dan tegangan DC pada suatu rangkaian listrik saat *input* ± 320mV akan mengukur sampai ± 3,2 A. Dengan internal 12 bit ADC, resolusi pada ± kisaran 3.2 A adalah 0.8 mA . Dengan gain internal yang ditetapkan pada minimum div8 , maks saat ini adalah ± 400mA dan resolusi 0.1 mA.



Gambar 4. 11 Schematic Sensor INA219 [18]

#### 4.4.5. Metode Pemasangan Sensor INA219

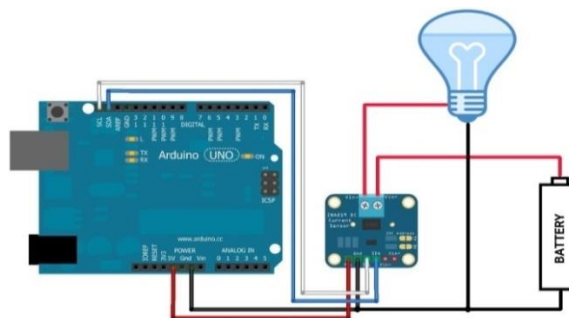
Pada tahap pemasangan sensor arus DC ini diputuskan dengan membeli modul sensor INA219 yang sudah jadi dan siap digunakan dan pemasangan sensor INA219 di laboratorium elektronika daya. Sensor INA219 dibuat sesuai dengan perancangan yang telah di konsep sebelumnya.



Gambar 4. 12 Pemasangan sensor INA219

#### 4.4.6. 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 meng-*Upload* contoh program yang ada di *software* Arduino UNO. Berikut ini gambar 4.13 skema pengujian sensor INA219.



Gambar 4. 13 Skema Pengujian Sensor INA219 [19]



Berikut adalah *list* program pada pengujian Sensor INA219 menggunakan *software* Arduino UNO :

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2);
Adafruit_INA219 sensor219;

void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
  sensor219.begin();lcd.init();
  lcd.clear();
}

void DC(void)
{
  float currentt = 0;
  currentt = sensor219.getCurrent_mA();
  lcd.setCursor(8,0);
  lcd.print("mA:");
  lcd.setCursor(11,0);
  lcd.print(currentt);
}

void loop(void)
{
  DC();
  delay(100);
}
```

Tabel 4.2 adalah data pengujian sensor INA219. Hasil dari pengujian Sensor INA219 dapat dilihat pada gambar 4.14 berikut.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sensor Arus INA219

No.	Beban	Vin (V)	Arus Keluaran		Persentase
			Arus Sensor	Arus Multimeter	Kesalahan Arus (%)
1.	Lampu	12	0,0469A	0,0474 A	1,05

Dari tabel hasil pengujian pengukuran sensor INA219 terhadap alat ukur multimeter, dapat dilihat pembacaan nilai dengan persentase kesalahan 0,19%. Dengan begitu sensor INA219 ini dapat digunakan sesuai dengan semestinya. Berikut adalah gambar dari hasil percobaan sensor INA219 terhadap alat ukur multimeter :



Gambar 4. 14 Tampilan di LCD Pengujian sensor INA219



Gambar 4. 15 Tampilan arus pada multimeter saat pengujian sensor INA219

Dari hasil pengujian sensor INA219 terhadap Multimeter menunjukkan bahwa sensor INA219 menghasilkan arus sebesar 0,0566 A dan arus yang terukur di multimeter yaitu sebesar 0,0474 A sehingga selisih dari sensor INA219 dan alat ukur sebesar 0,0092 A. Berikut ini adalah perhitungan persentase kesalahan pada hasil pengujian sensor INA219 terhadap alat ukur multimeter yaitu sebagai berikut.

Rumus persentase kesalahan, dimana:

$$\text{Persentase Kesalahan} = \left| \frac{\text{Alat Ukur} - \text{Sensor}}{\text{Alat Ukur}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(4.2)$$

Alat Ukur = Hasil pada multimeter

Sensor = Hasil pada sensor

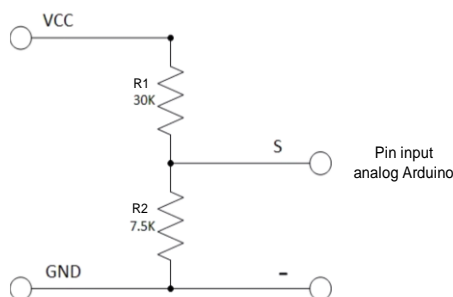
Berikut ini perhitungan sensor secara teori:

Perhitungan persentase kesalahan pada tabel 4.2 pengujian sensor INA219 dengan multimeter.

- Persentase *error* Arus =  $\left| \frac{0,0474 - 0,0469}{0,0474} \right| \times 100\% = 1,05\%$

#### 4.4.7. Sensor Tegangan DC

Rangkaian VA *tester* dengan mengukur nilai tegangan melalui pengukuran tegangan *input* yang diberikan dengan tegangan maksimal sensor yang terbaca 0-25 VDC. *Schematic* sensor tegangan DC ditunjukkan pada gambar 4.16 berikut.



Gambar 4. 16 *Schematic* Sensor Tegangan DC

#### 4.4.8. Metode Pemasangan Sensor Tegangan DC

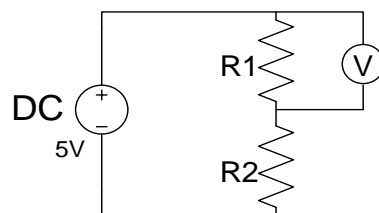
Pada tahap pemasangan sensor tegangan DC ini diputuskan dengan membeli modul sensor tegangan DC yang sudah jadi dan siap digunakan hal ini tentu dapat meminimalisir waktu dalam proses pengerjaan proyek akhir *Trainer kit* Sistem PLTS. Pemasangan sensor tegangan DC di laboratorium elektronika daya. Sensor tegangan DC dibuat sesuai dengan perancangan yang telah di konsep sebelumnya.



Gambar 4. 17 Pemasangan sensor tegangan DC

#### 4.4.9. 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 4.18 rangkaian pengujian sensor tegangan DC sebagai berikut.



Gambar 4. 18 Rangkaian Pengujian Sensor Tegangan DC

Berikut adalah *list* program pada pengujian Sensor Tegangan DC menggunakan *software* Arduino UNO :

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>           //i2C LCD Library
Void loop()
{
    lcd.init();                          // initialize the lcd
    lcd.clear();
    int T1=analogRead(A0);                // nilai ADC A0 dengan variable T1
    float T2=((T1*0.004)*5);              // nilai ukur dari kalibrasi ADC
    lcd.setCursor(0,0);                   // mengatur LCD baris 0 kolom 0
    lcd.print("VDC:");                    // menampilkan kata VDC:
    lcd.setCursor(4,0);                   // mengatur baris 0 kolom 4
    lcd.print(T2);                         // menampilkan hasil ukur dari T2
}
```

Tabel 4.3 adalah data pengujian sensor tegangan DC. Hasil dari pengujian Sensor tegangan DC dapat dilihat pada gambar 4.19 berikut.

Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Sensor Tegangan DC

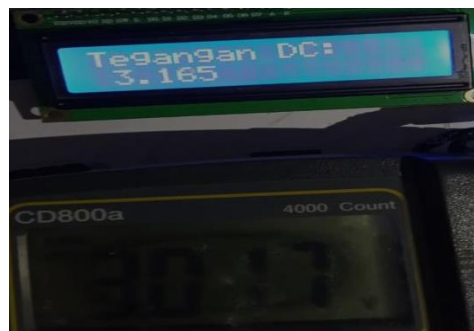
No.	Nilai Resistansi ( $\Omega$ )		Vin (V)	Tegangan Keluaran (V)		Perhitungan Teori (V)	Persentase Kesalahan (%)
	R1	R2		Tegangan Sensor	Tegangan Multimeter		
	1.	4.7K		4.7K	4.5		
2.	4.7K	1.2K	4.5	3.165	3.117	3,58	1,53%

Dari tabel hasil pengujian pengukuran sensor tegangan DC terhadap alat ukur multimeter, dapat dilihat beberapa pembacaan nilai dengan persentase kesalahan 1,34% sampai 1,53%. 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. 19 Pengujian A sensor tegangan DC terhadap alat ukur multimeter

Dari hasil pengujian A terdapat pada gambar 4.19 menunjukkan bahwa sensor tegangan DC menghasilkan tegangan sebesar 1,965 V dan tegangan yang terukur di multimeter yaitu sebesar 1,939 sehingga selisih dari sensor tegangan DC dan alat ukur sebesar 0,026 V.



Gambar 4. 20 Pengujian B sensor tegangan DC terhadap alat ukur multimeter

Dari hasil pengujian A terdapat pada gambar 4.20 menunjukkan bahwa sensor tegangan DC menghasilkan tegangan sebesar 1,965 V dan tegangan yang

terukur di multimeter yaitu sebesar 1,939 sehingga selisih dari sensor tegangan DC dan alat ukur sebesar 0,026 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:

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_1+R_2} \times V_{in} \dots\dots\dots(4.3)$$

$V_{out}$  = Tegangan Keluaran

$V_{in}$  = Tegangan Masukan

$R_1, R_2$  = Resistansi

Sedangkan rumus persentase kesalahan, dimana:

$$\text{Persentase Kesalahan} = \left| \frac{V_{\text{Alat Ukur}} - V_{\text{sensor}}}{V_{\text{Alat Ukur}}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(4.4)$$

$V_{\text{Alat Ukur}}$  = Tegangan pada multimeter

$V_{\text{sensor}}$  = Tegangan pada sensor

Berikut ini perhitungan sensor secara teori:

- $V_{out} = \frac{4700\Omega}{4700\Omega+4700\Omega} \times 4,5V = 2,25V$
- $V_{out} = \frac{4700\Omega}{4700\Omega+1200\Omega} \times 4,5V = 3,58V$

Perhitungan persentase kesalahan pada tabel 4.3 pengujian sensor tegangan DC dengan beberapa sampel yang didapat.

- $\text{Persentase error} = \left| \frac{1,939-1,965}{1,939} \right| \times 100\% = 1,34\%$
- $\text{Persentase error} = \left| \frac{3,117-3,165}{3,117} \right| \times 100\% = 1,53\%$

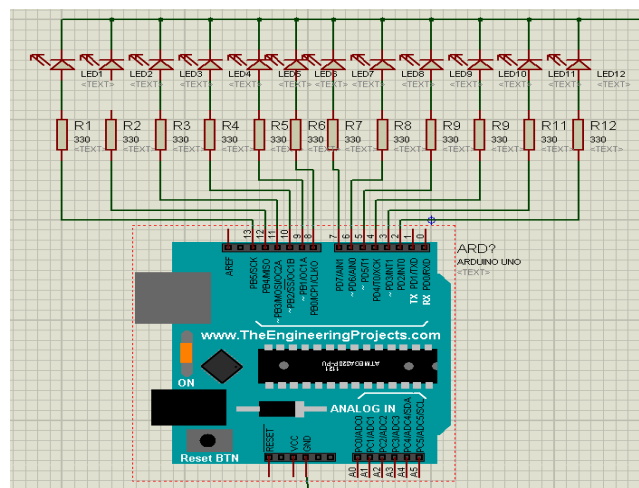
#### 4.4.10. Arduino UNO

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 VA tester.

#### 4.4.11. Perencanaan Arduino UNO

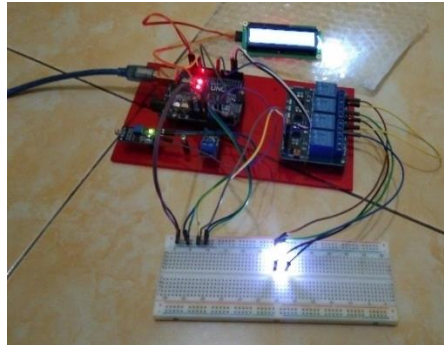
Perencanaan Arduino UNO bertujuan untuk mengetahui prinsip kerja dari Arduino UNO itu sendiri, serta memudahkan penulis dalam melakukan pemasangan komponen - komponen elektrik. Perancangan Arduino UNO digunakan sebagai mikrokontroler dari sistem pemrograman yang akan digunakan pada proyek akhir. Arduino UNO digunakan untuk membuat suatu sistem sebagai kontrol dari berbagai komponen elektronika sehingga memudahkan dalam melakukan pemrograman mikrokontroler. Gambar 4.21 adalah pengujian pada Arduino UNO 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.



Gambar 4. 21 Schematic Pengujian Arduino UNO



Berdasarkan gambar 4.22 di bawah ini bahwa modul Arduino UNO yang dipakai dapat berfungsi dengan baik dan dapat digunakan untuk pembuatan proyek akhir.



Gambar 4. 22 Hasil Pengujian Arduino UNO

#### 4.4.12. Pemasangan 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 laboratorium elektronika daya. Hasil pemasangan Arduino UNO dapat dilihat pada gambar 4.23 berikut.



Gambar 4. 23 Pemasangan Arduino UNO

### 4.5. Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

#### 4.5.1. Solar cell

*Solar cell* ialah energi untuk membangkitkan tegangan yang dihubungkan dengan beban sehingga teraliri arus pada waktu yang sama. Listrik

tenaga matahari yang didapat dari *solar 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.

#### 4.5.2. Wiring Solar cell

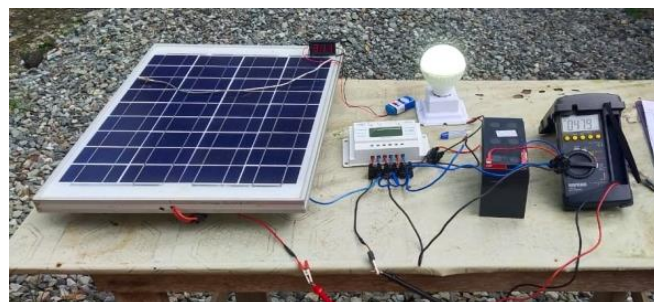
*Solar cell* diputuskan dengan membeli modul *solar cell* yang telah jadi dan mudah didapat dipasaran. Pemasangan *solar cell* pada *trainer kit* system PLTS dapat dilihat pada gambar 4.24 berikut.



Gambar 4. 24 *Schematic Solar cell*

#### 4.5.3. Pengujian Solar cell

Pengujian *solar cell* untuk mengetahui *solar cell* bekerja dengan baik atau tidak ketika mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Untuk hasil pengujian *solar cell* dapat dilihat pada tabel 4.4 dan 4.5 berikut.



Gambar 4. 25 *Pengujian Solar cell*

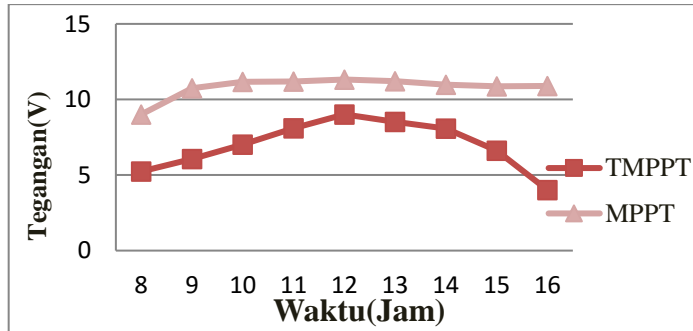
Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dan beban menggunakan kabel *jumper*. Berikut ini hasil data pengukuran *solar cell* selama 3 hari dan juga menggunakan beban seperti  $5,6 \Omega$  dan  $1,5K\Omega$ , dapat dilihat pada tabel 4.4, 4.5 dibawah ini.

Tabel 4. 4 Data Hasil Pengukuran Solar cell Hari pertama

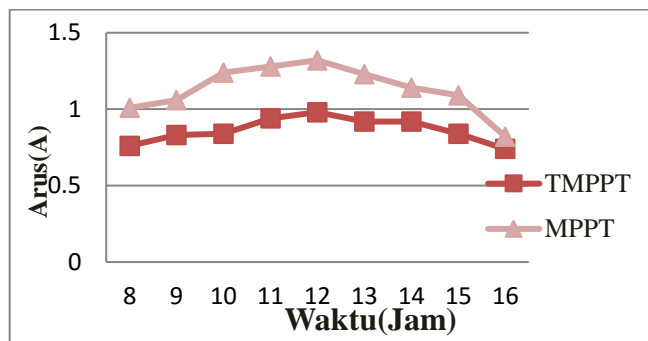
No	Jam	Beban	Tegangan(V)		Arus(A)		Daya(Watt)		Suhu
			Tanpa MPPT	MPPT	Tanpa MPPT	MPPT	Tanpa MPPT	MPPT	
1	08.00	5,6	5,23	9,01	0,76	0,98	3,9748	8,8298	32 °C
2	09.00	5,6	6,07	10,74	0,82	1,04	4,9774	11,1696	32,7 °C
3	10.00	5,6	7,02	11,16	0,9	1,22	6,318	13,6152	34,2 °C
4	11.00	5,6	8,1	11,18	0,93	1,28	7,533	14,3104	34,8 °C
5	12.00	5,6	9,01	11,32	1,01	1,29	9,1001	14,6028	34,3 °C
6	13.00	5,6	8,52	11,2	0,89	1,24	7,5828	13,888	33,6 °C
7	14.00	5,6	8,07	10,98	0,9	1,17	7,263	12,8466	33 °C
8	15.00	5,6	6,61	10,87	0,79	1,1	5,2219	11,957	32 °C
9	16.00	5,6	4,01	10,89	0,78	1,01	3,1278	10,9989	31 °C

Dari tabel 4.4 pengecekan diambil pada hari senin, 10 Agustus 2020. Data menunjukkan hasil data nilai tegangan, arus, dan daya yang didapatkan dalam satu hari dengan menggunakan MPPT dan tidak menggunakan menggunakan MPPT.

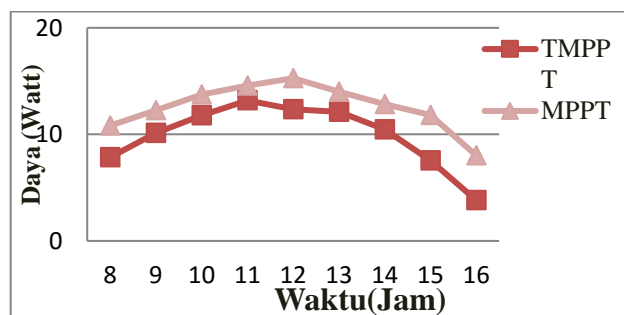
Grafik dari tabel diatas dapat di lihat dalam grafik tegangan terhadap waktu, arus terhadap waktu, dan daya terhadap waktu. Berikut ini gambar grafik sesuai dengan tabel diatas:



Gambar 4. 26 Grafik Tegangan terhadap Arus dengan Beban 5,6Ω



Gambar 4. 27 Grafik Tegangan terhadap Arus dengan Beban 5,6Ω



Gambar 4. 28 Grafik Daya terhadap Waktu dengan Beban 5,6 Ω

Untuk grafik pada gambar 4.26 adalah nilai tegangan terhadap waktu diambil sampel data dan untuk grafik pada gambar 4.27 adalah nilai arus terhadap

waktu diambil sampel data kedua serta grafik pada gambar 4.28 adalah nilai daya terhadap waktu diambil sampel data ketiga dengan menggunakan beban 5,6  $\Omega$ .

Dari grafik pengambilan data *solar cell* pada table 4.4 dapat dilihat bahwa nilai tegangan, arus, dan daya berada pada nilai maksimum ketika jam 12.00 siang saat intensitas cahaya matahari tinggi.

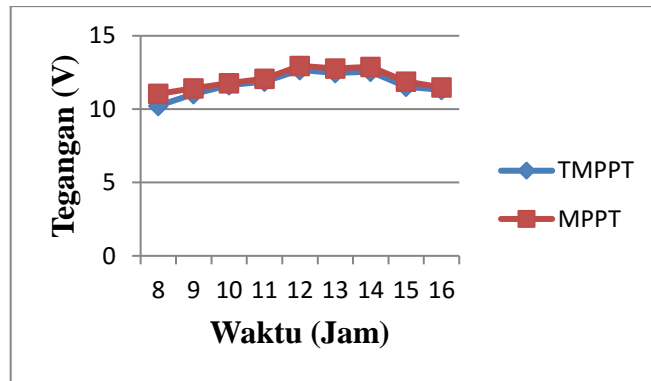
Dapat dilihat dari table 4.4 bahwa data pengukuran menggunakan MPPT memiliki data lebih tinggi dibandingkan dengan pengukuran tanpa MPPT, hal ini sesuai dengan tujuan pemakaian MPPT yaitu untuk mendapatkan nilai daya maksimum pada *solar cell*.

Tabel 4. 5 Data Hasil Pengukuran *Solar cell* Hari Kedua

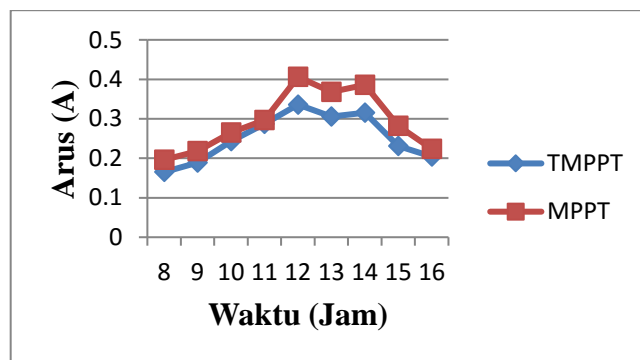
No	Jam	Baban	Tegangan(V)		Arus(A)		Daya(Watt)		Suhu (°C)
			Tanpa MPPT	MPPT	Tanpa MPPT	MPPT	Tanpa MPPT	MPPT	
1	8:00	1,5K $\Omega$	10.23	11.04	0.165	0.196	1.68795	2.16384	10.23
2	9:00	1,5K $\Omega$	11.03	11.43	0.189	0.218	2.08467	2.49174	11.03
3	10:00	1,5K $\Omega$	11.65	11.77	0.243	0.265	2.83095	3.11905	11.65
4	11:00	1,5K $\Omega$	11.88	12.07	0.287	0.297	3.40956	3.58479	11.88
5	12:00	1,5K $\Omega$	12.67	12.95	0.336	0.406	4.25712	5.2577	12.67
6	13:00	1,5K $\Omega$	12.46	12.78	0.306	0.368	3.81276	4.70304	12.46
7	14:00	1,5K $\Omega$	12.56	12.89	0.315	0.386	3.9564	4.97554	12.56
8	15:00	1,5K $\Omega$	11.53	11.87	0.231	0.282	2.66343	3.34734	11.53
9	16:00	1,5K $\Omega$	11.32	11.48	0.204	0.224	2.30928	2.57152	11.32

Dari tabel 4.5 pengecekan diambil pada hari sabtu, 3 September 2020. Data menunjukkan hasil data nilai tegangan, arus, dan daya yang didapatkan dalam satu hari dengan menggunakan MPPT dan tidak menggunakan MPPT. Grafik dari

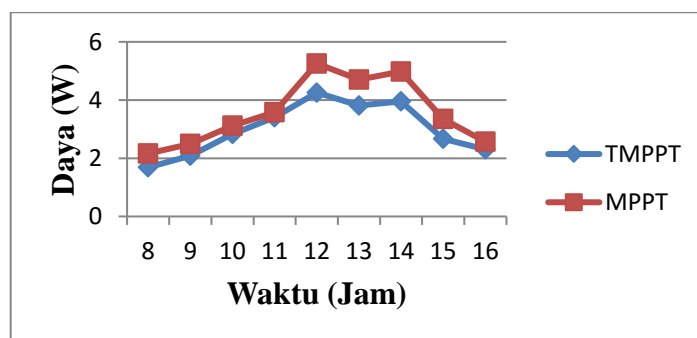
tabel diatas dapat di lihat dalam grafik tegangan terhadap waktu, arus terhadap waktu, dan daya terhadap waktu. Berikut ini gambar grafik sesuai dengan tabel diatas:



Gambar 4. 29 Grafik Tegangan terhadap Waktu dengan Beban 1,5KΩ



Gambar 4. 30 Grafik Arus terhadap Waktu dengan Beban 1,5KΩ



Gambar 4. 31 Grafik Daya terhadap Waktu dengan Beban 1,5KΩ

Untuk grafik pada gambar 4.29 adalah nilai tegangan terhadap waktu diambil sampel data dan untuk grafik pada gambar 4.30 adalah nilai arus terhadap waktu diambil sampel data kedua serta grafik pada gambar 4.31 adalah nilai daya

terhadap waktu diambil sampel data ketiga dengan menggunakan beban 1,5k  $\Omega$ . Grafik pengambilan data *solar cell* pada table 4.5 dapat dilihat bahwa nilai tegangan, arus, dan daya berada pada nilai maksimum jam 12.00 siang dan ada penurunan nilai pada jam 1 dikarenakan cuaca mendung.

Dapat dilihat dari grafik pengambilan data *solar cell* pada tabel 4.4 dan 4.5 disimpulkan bahwa MPPT dapat berfungsi dengan baik dan dapat digunakan dengan semestinya.

#### 4.5.4. Uji coba pengukuran tegangan dan arus pada beban lampu TL AC dan lampu DC.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 2 alat ukur yaitu multimeter dan VA *Tester*. Pengambilan data diambil dari modul praktikum pada percobaan 6 dan hasil dari percobaan dapat dilihat pada tabel 4.6 dan tabel 4.7.

Tabel 4. 6 Uji Coba Tegangan pada Beban AC dan DC

No	Tegangan				% error	
	Multimeter		VA <i>Tester</i>		Tegangan	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC
1	215.08	11.40	215	11.30	0.037195	0.877193
2	215.06	11.12	215	11.20	0.027899	0.71942
3	215.08	11.14	215	11.08	0.037195	0.5386
4	215.07	10.95	215	10.86	0.032548	0.821918
	Rata-rata				0.033709	0.739284

Tabel 4. 7 Uji Coba Arus pada Beban AC dan DC

No	Arus				% error	
	Multimeter		VA <i>Tester</i>		Arus	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC
1	0.0317	286.6	0.0313	283.6	1.26183	1.046755
2	0.0315	288.6	0.0312	286.6	0.952381	0.693001
3	0.0315	273.7	0.0312	272.7	0.952381	0.365364
4	0.0315	256.6	0.0312	254.6	0.952381	0.779423
	Rata-rata				1.029743	0.721136

#### 4.5.5. Baterai

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.

$$Ah = I \cdot t \dots\dots\dots(4.5)$$

Keterangan :

Ah = Kapasitas aki

I = Kuat Arus (Ampere)

T = Waktu (jam/sekon)

Vbaterai= 12 volt

#### 4.5.6. Beban

Lampu DC 12 Watt yang akan digunakan sebagai beban

Tabel 4. 8 Beban Pengujian Lampu Penerangan

Daya (Watt)	Waktu (Jam)	Total Beban (WH)
12	1	12
12	2	24
Total		36 Watt

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

- Beban 36 Watt.

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

Dirumuskan di (2.10) maka dapat perhitungan arus pemakaian :

$$I = \frac{36 \text{ wH}}{12 \text{ V}} = 3 \text{ Ah}$$

Dirumuskan di (2.6) maka dapat perhitungan waktu pemakaian

$$t = \frac{7,2 \text{ Ah}}{3 \text{ A}} = 2,4 \text{ jam}$$



Kesimpulan :

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

#### **4.5.7. Pengisian Aki**

Kapasitas Aki = 7,2 Ah

Arus Pengisian= 1,14 A

Arus Pengisian didapat dari rata-rata arus pada pengujian *solar cell* dan MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) dengan beban *resistor* 5,6  $\Omega$ . Perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk pengisian batrai dapat dihitung sebagai berikut :

$$t = \frac{7,2 \text{ Ah}}{1,14\text{A}} = 6 \text{ jam } 18 \text{ menit}$$

#### **4.6. Modul Praktikum *Trainer Kit* Sistem PLTS**

Modul praktikum *trainer kit* sistem PLTS ini merupakan buku ajar yang telah disesuaikan dengan kurikulum dan RPS di Polman Babel dalam mata kuliah elektronika daya dan energi terbarukan.

##### **4.6.1. Perencanaan Modul Praktikum *Trainer Kit* Sistem PLTS**

Dalam perencanaan pembuatan modul praktikum ini kami berdiskusi dengan pembimbing dan mengambil dari jurnal - jurnal yang berkaitan dengan *trainer kit* sistem PLTS yang kami buat.

##### **4.6.2. Perancangan Modul Praktikum *Trainer Kit* Sistem PLTS**

Pembuatan modul praktikum *Trainer kit* PLTS dilakukan di laboratorium elektronika daya. Modul praktikum dibuat disesuaikan dengan kurikulum dan RPS pada mata kuliah elektronika daya dan energi terbarukan. Dengan adanya modul praktikum ini diharapkan pembelajaran sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini mahasiswa elektronika khususnya materi elektronika daya dan energi terbarukan bisa dengan mudah mempelajari, memahami, membuat dan

merangkai sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sesuai dengan yang diinginkan.

#### **4.6.3. Pengujian Modul Praktikum *Trainer Kit* Sistem PLTS**

Pengujian modul praktikum *trainer kit* sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah kami ambil data melalui form kuisisioner ( lampiran ) yang diuji oleh 8 orang mahasiswa dan mendapatkan rata-rata nilai 4 (empat) atau baik.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari pengujian alat dan analisa serta fungsi alat yang berjudul "Rancang Bangun *Trainer kit* Sistem pembangkit Listrik Tenaga Surya" dapat diketahui bahwa:

1. Desain pengembangan unit *trainer kit* sistem PLTS dibuat dengan menampilkan secara langsung komponen yang digunakan untuk sistem PLTS sehingga mahasiswa dapat menggunakan *trainer kit* sistem PLTS dalam praktikum energi terbarukan di laboratorium Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
2. Pembacaan persentase nilai *error VA Tester* pada beban DC untuk tegangan sebesar 0,73% dan arus 0,72%, sedangkan pada beban AC untuk tegangan sebesar 0,033% dan arus 1,029%.
3. Modul praktikum menjelaskan sistem *wiring* dengan menyesuaikan unit *trainer kit* sistem PLTS dan berfungsi sebagai panduan dalam menjalankan praktikum sehingga mahasiswa dapat melakukan praktikum dengan baik.
4. Modul praktikum terdiri dari tujuan, langkah kerja, gambar rangkaian dan tabel hasil praktikum yang disusun secara terstruktur agar mempermudah mahasiswa memahami materi saat praktikum.

#### **5.2. Saran**

Dari keseluruhan proyek akhir yang telah dikerjakan ini ada beberapa saran yang disampaikan untuk mengembangkan proyek akhir ini kedepannya, yaitu:

1. *VA Tester* dapat dimaksimalkan lagi hasil pengukurannya agar lebih presisi, baik dari pemrograman atau pun sensor yang digunakan .
2. Materi pada modul praktikum dapat ditambahkan agar praktikum PLTS lebih jelas serta jumlah latihan yang ada pada modul praktikum dapat ditambah agar mahasiswa dapat lebih memahami praktikum PLTS.

## Daftar Pustaka

- [1] Indharto. [Online]. [https://id.m.wikipedia.org/wiki/Energi\\_Surya](https://id.m.wikipedia.org/wiki/Energi_Surya)
- [2] Sahori M., "PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI CATU DAYA LAMPU LALU LINTAS DI PEKANBARU," Riau Pekanbaru, 2011.
- [3] Partaonan Harahap, "Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang," 2020.
- [4] Bouallegue and A.Khedher S. Amara, "Theoretical and Practical Study of a Photovoltaic MPPT Algorithm Applied to Voltage Battery Regulation," 2014.
- [5] P. Jaiswal And A.Mahor, "Review on MPPT Techniques in Solar Photovoltaic System," July 2014.
- [6] Faizal Ahmad and Setyaji Bagus, "Desain Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Panel Surya Menggunakan Metode Sliding Mode Control," *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 14, no. 1693-2390, pp. 22-31, Desember 2016.
- [7] Andre Jason Maabuat, "Perancangan Alat Proteksi Inverter Berbasis Arduino Uno," 2020.
- [8] Utari Lusiana Evita, Mustiadi Ikhwan, and Winardi Sugeng, "Penyuluhan & Aplikasi Energi Terbarukan (Solar Cell) Guna Memenuhi Kebutuhan Energi Alternatif Pengganti Listrik Di Wilayah Dusun Nglinggo Kelurahan Pagerharjo Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulon Progo ," *Pengabdian “ Dharma Bakti ”*, vol. 1, no. 615 - 2118 , p. 1, February 2018.
- [9] [Online]. [https://id.wikipedia.org/wiki/Daya\\_listrik](https://id.wikipedia.org/wiki/Daya_listrik)
- [10] [Online]. <https://teknikelektronika.com/pengertian-daya-listrik-rumus-cara-menghitung/>
- [11] Anggraini Dina Forsa and Pangestu Restu, "RANCANG BANGUN PAPAN

INFORMASI BERBASIS DOT," 2018.

- [12] Jimmi Siteou. (2019, Desember) Learning Sharing. [Online]. <https://mikroavr.com/sensor-pzem-004t-Arduino/>
- [13] RIMA MEI HANDAYANI, "SISTEM INSTRUMENTASI DATA LOGGER PARAMETER ELEKTRIK SEL ELEKTROKIMIA SECARA OTOMATIS BERBASIS ARDUINO DAN BORLAND DELPHI 7," 2019.
- [14] Siregar A Ruli Riki and Wardana Nurfachri & Luqman, "SISTEM MONITORING KINERJA PANEL LISTRIK TENAGA SURYA MENGGUNAKAN ARDUINO UNO," *JETri*, vol. 14, no. 1412-0372, pp. 81-100, Februari 2017.
- [15] Akbar Tanjung, "Aplikasi Liquid Crystal Display (LCD) 16x2 Sebagai Tampilan Pada Coconut Milk Auto Machine," 2015.
- [16] (2019, July) Primal Cortex's Weblog. [Online]. <https://primalcortex.wordpress.com/tag/pzem004t/>
- [17] (2020, Agustus) InnovatorGuru. [Online]. <https://innovatorsguru.com/wp-content/uploads/2019/06/PZEM-004T-V3.0-Datasheet-User-Manual.pdf>
- [18] (2020, Agustus) Texas Instrumenst. [Online]. <https://e2e.ti.com/support/amplifiers/f/14/t/628774?INA219-I2C-bus-failure>
- [19] (2020, Agustus) Ebay. [Online]. <https://www.ebay.com/itm/INA219-Misurazione-Tensione-e-Corrente-Sensore-DC-Current-Monitor-Modulo-/263555585356>