

**PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
HYBRID PADA POMPA AIR UNTUK TANAMAN  
HIDROPONIK**

**PROYEK AKHIR**

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



Disusun oleh :

Lilik Ade Putri	NPM	1051712
Muhammad Hafiz	NPM	1051715

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI  
BANGKA BELITUNG  
TAHUN 2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**JUDUL PROYEK AKHIR**

**Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa  
Air Untuk Tanaman Hidroponik**

Oleh :

Lilik Ade Putri    NPM 1051712  
Muhammad Hafiz   NPM 1051715

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

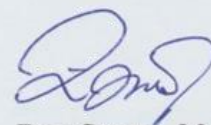
Menyetujui

Pembimbing 1



Nofriyani, M.Tr.T

Pembimbing 2



Zanu Saputra, M.Tr.T

Penguji 1



Ocsirendi, M.T

Penguji 2



Surojo, M.T

Penguji 3



Sari Mubaroh, M.Pd

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa 1 : Lilik Ade Putri NPM 1051712  
Nama Mashasiswa 2 : Muhammad Hafiz NPM 1051715

Dengan Judul : PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
HYBRID PADA POMPA AIR UNTUK TANAMAN HIDROPONIK

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, 16 Februari 2021

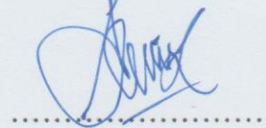
Nama Mahasiswa

TandaTangan

1. Lilik Ade Putri



2. Muhammmad Hafiz



## ABSTRAK

*Perkembangan teknologi di sektor pertanian dapat menggunakan hidroponik sistem DFT. Tetapi sistem hidroponik ini sangat banyak menggunakan energi listrik hal ini disebabkan penggunaan pompa selama 24 jam. Salah satu cara untuk pengefesien dengan mengabungkan dua sumber yaitu PLN dan PLTS (hybrid). Tujuan dari alat ini adalah mampu mendapatkan hasil analisa perbandingan yang efesien antara PLN dan sistem hybrid dengan menampilkan penggunaan daya dan biaya pada sistem yang digunakan. Pada alat ini yang dilakukan adalah membuat sistem kontrol, memonitoring pengecasan baterai dan pengosongan baterai oleh sensor tegangan dan sensor arus yang dikontrol arduino ATmega 2560 dan memonitoring penggunaan daya pada pompa AC oleh sensor Pzem. Pada penelitian ini sistem hybrid dari PLTS akan berganti ke PLN secara otomatis ketika baterai sudah dibawah tegangan 11,7 V dan akan berganti ke dari PLN ke PLTS ketika tegangan baterai sudah mencapai 13 V, dari hasil data sistem hybrid ini dapat mengurangi penggunaan PLN dengan selisih 0.168 KWH untuk perhari. Dengan penggunaan pompa AC sistem hybrid dapat meningkatkan efesiensi dari penghematan biaya sebesar 404 % dengan biaya sebesar Rp 6.692,4 dalam waktu satu bulan bila dibandingkan dengan PLN.*

***Kata Kunci :*** Sensor, Baterai, Pompa AC, Panel Surya, Arduino Atmega 2560

## ABSTRACT

*Technological developments in the agricultural sector can use the DFT system hydroponics. But this hydroponic system uses a lot of electrical energy, this is due to the use of a pump for 24 hours. One way to make efficiency is by combining two sources, namely PLN and PLTS (hybrid). The purpose of this tool is to be able to obtain efficient comparative analysis results between PLN and the hybrid system by displaying power usage and costs in the system used. In this tool what is done is to make a control system, monitor battery charging and battery discharge by the voltage sensor and current sensor controlled by the Arduino ATmega 2560 and monitor the use of power on the AC pump by the Pzem sensor. In this study, the hybrid system from PLTS will change to PLN automatically when the battery is below 11.7 V and will switch from PLN to PLTS when the battery voltage reaches 13 V, from the data this hybrid system can reduce PLN usage by a difference. 0.168 KWH per day. By using an AC pump with a hybrid system, it can increase the efficiency of the cost savings of 40,4% at a cost of Rp. 6,692.4 in one month when compared to PLN.*

**Keywords:** *sensor, battery, AC Pump, Solar Panel, Arduino ATmega 2650*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat, rahmat dan ridho-Nyalah penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir ini. Serta shalawat dan salam penulis panjatkan kepada Rasullullah SAW, yang telah membawa umat manusia ke dunia yang terang dan penuh pengetahuan.

Proyek akhir “ Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik “ merupakan salah satu persyaratan dan kewajiban mahasiswa untuk menyelesaikan kurikulum program Pendidikan Diploma IV di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Laporan proyek akhir ini berisikan hasil penelitian yang penulis laksanakan selama program Proyek Akhir berlangsung. Adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu mahasiswa sebagai media pembelajaran.

Karya tulis ini dapat diselesaikan dengan adanya usaha dan kerja tim yang baik serta bantuan, saran-saran dan informasi dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih pada pihak tersebut, antara lain:

1. Orang tua dan keluarga penulis yang telah banyak memberikan dukungan baik material maupun moral serta diiringi doa.
2. Ibu Nofriyani, M.Tr.T selaku pembimbing I yang telah memberikan saran-saran dan solusi dari masalah-masalah yang dihadapi selama proses perencanaan dan pembuatan alat serta penyusunan laporan.
3. Bapak Zanu Saputra, M.Tr.T selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam mengarahkan proses perencanaan dan pembuatan alat serta penulisan laporan proyek akhir ini.
4. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng.,Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Indra Dwisaputra, M.T selaku kepala Prodi DIV Teknik Elektronika.

6. Seluruh staf pengajar dan instruktur yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Proyek Akhir ini.
7. Rekan-rekan seangkatan DIV Teknik Elektronika yang telah banyak membantu selama pengerjaan Proyek Akhir ini.
8. Pihak-pihak lain yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan laporan proyek ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari kata sempurna, terutama dari segi isi maupun rancangan. Hal ini karena keterbatasan waktu dan hambatan yang penulis hadapi, oleh sebab itu penulis mengharapkan masukan dari pembaca agar dapat mengembangkan dan memperbaiki penulisan selanjutnya.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih. Besar harapan penulis semoga karya tulis ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang berkepentingan dan baik bagi perkembangan ilmu teknologi pada umumnya, Wassalamua'alaikum Warahmatullahi Wabaraktuh.

Sungailiat, 16 Februari 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Proyek Akhir.....	2
BAB II.....	3
DASAR TEORI / STUDI PUSTAKA.....	3
2.1 Hidroponik .....	3
2.2 Prinsip Kerja Panel Surya .....	4
2.3 Listrik AC ( <i>Alternating Current</i> ).....	6
2.4 Arduino <i>ATmega 2560</i> .....	7
2.5 Sensor Tegangan DC .....	7
2.6 Sensor INA219.....	9
2.7 PZEM-0004T .....	9
2.8 <i>Buck Converter</i> .....	10
2.9 AKI .....	11
2.10 Modul Driver Relay .....	12
2.11 RTC DS3231.....	12
2.12 Micro SD.....	13
2.13 MPPT .....	13
2.14 <i>Inverter</i> .....	14
2.15 Sistem Kontrol .....	16
2.16 Pompa Resun SP2500.....	16
BAB III .....	17



METODE PELAKSANAAN .....	17
3.1    Flowchart perancangan dan pembuatan alat .....	18
3.2    Survei .....	19
3.3    Perancangan <i>Hardware</i> Konstruksi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik .....	20
3.4    Perancangan <i>Hardware</i> Konstruksi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik .....	20
3.5    Perakitan <i>Hardware</i> Konstruksi Sistem Pembangkit Tenaga Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik.....	20
3.6    Perancangan <i>Hardware</i> Elektrik Sistem Pembangkit Tenaga Listrik Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik.....	20
3.7    Pembuatan <i>Hardware</i> Elektrik Sistem Pembangkit Tenaga Listrik Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik.....	21
3.8    Pengujian <i>Hardware</i> Elektrik Sistem Pembangkit Tenaga Listrik Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik.....	21
3.9    Perakitan <i>Hardware</i> Kontruksi, Elektrik Serta Pembuatan Program Keseluruhan .....	21
3.10   Pembuatan Laporan Proyek Akhir.....	21
3.11   Blok Diagram Sistem Kerja Alat .....	22
3.12   Prinsip Kerja Blok Diagram.....	22
3.13   Perancangan <i>hardware</i> konstruksi Sistem <i>Hybrid</i> Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik .....	23
3.14   Pembuatan <i>Hardware</i> kontruksi Sistem <i>Hybrid</i> Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik .....	25
BAB IV .....	26
PEMBAHASAN .....	26
4.1    Sensor Tegangan DC .....	26
4.1.1    Pemasangan Sensor Tegangan DC .....	26
4.1.2    Pengujian Sensor Tegangan DC.....	26
4.2    Sensor INA219.....	35
4.2.1    Pemasangan Sensor INA219.....	35
4.2.2    Pengujian Sensor INA219.....	36
4.3    Sensor Pzem-004t .....	43
4.3.1    Pemasangan Sensor Pzem-004t .....	43
4.3.2    Pengujian Sensor Pzem-004t .....	43
4.4    Sensor LM35.....	48
4.4.1    Pemasangan Sensor LM35.....	48
4.4.2    Pengujian Sensor LM35.....	48
4.5    Panel Surya .....	52

4.5.1	Pemasangan Panel Surya .....	52
4.5.2	Pengujian Panel Surya .....	53
4.6	Pengujian Proses Pengisian Baterai dengan Panel Surya berkapasitas 50Wp ..	56
4.7	Pengujian Proses Pengosongan Baterai dengan beban pompa berkapasitas 20 Watt	58
4.8	Uji Coba Alat .....	59
4.8.1	Pengambilan data pemakaian Pompa AC dengan PLN selama 24 jam ....	60
4.8.2	Pengambilan data pemakaian pompa AC dengan sistem kontrol .....	62
BAB V .....		71
PENUTUP .....		71
5.1	Kesimpulan .....	71
5.2	Saran .....	72
DAFTAR PUSTAKA .....		73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Sistem Hidroponik DFT (Laylanasution, 2019).....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 2.2 Gelombang sinusoidal listrik AC (Dewi et al., 2017).....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 2. 3 Pin out Arduino ATmega 2560 (Saravana Electronics, n.d.)....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 2.4 Sensor tegangan DC (Komputer, 2018).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 2.5 Konfigurasi pin sensor INA219 (Monda et al., 2018).....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 2.6 Sensor INA219 (Monda et al., 2018) .	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2.7 Sensor PZEM-004T.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2.8 Rangkaian <i>Ekivalen Buck Converter</i> (Pulungan et al., 2018) ....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 2.9 AKI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2.10 Module <i>driver relay</i> (Pengertian Relay,Fungsi, 2018) .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 2. 11 RTC DS3231 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2. 12 SD <i>card module</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2. 13 MPPT (Faizal & Setyaji, 2016).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2. 14 <i>Inverter</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 2. 15 Gelombang Sinus inverter(Pangemanan, 2017)...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Gambar 2. 16 Pompa Resun SP2500 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3.1 Flowchart Perancangan dan Pembuatan Alat.....	19
Gambar 3. 2 Diagram Blok Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Air untuk Tanaman Hidroponik .....	22
Gambar 3. 3 Tampak samping rancangan sistem hybrid .....	24

Gambar 3. 4 Tampak depan rancangan sistem hybrid .....	24
Gambar 3. 5 Rancangan kontruksi sistem hybrid .....	24
Gambar 3. 6 Kontruksi sistem hybrid .....	25
Gambar 4. 1 Pemasangan sensor tegangan DC.....	26
Gambar 4. 2 Skematik pengujian sensor tegangan DC.....	27
Gambar 4. 3 Grafik tabel 4.1 Sensor Tegangan DC .....	28
Gambar 4. 4 Grafik tabel 4.2 Sensor Tegangan DC .....	30
Gambar 4. 5 Grafik tabel 4.3 Sensor Tegangan DC .....	31
Gambar 4. 6 Grafik tabel 4.4 Sensor Tegangan DC .....	33
Gambar 4. 7 Hasil Pengujian sensor tegangan terhadap alat ukur multimeter ....	34
Gambar 4. 8 Pemasangan sensor INA219.....	36
Gambar 4. 9 Skematik Pengujian Sensor INA219.....	36
Gambar 4. 10 Grafik tabel 4.5 Sensor INA219.....	38
Gambar 4. 11 Grafik tabel 4.6 Sensor INA219.....	39
Gambar 4. 12 Grafik tabel 4.7 Sensor INA219.....	41
Gambar 4. 13 Hasil Pengujian sensor INA219 terhadap alat ukur multimeter.....	42
Gambar 4. 14 Pemasangan Sensor Pzem-004t.....	43
Gambar 4. 15 Skematik Sensor Pzem-004t .....	44
Gambar 4. 16 Hasil pengujian Sensor Pzem-004t terhadap alat ukur.....	47
Gambar 4. 17 Pemasangan Sensor LM35 .....	48
Gambar 4. 18 Skematik Sensor LM35 .....	49
Gambar 4. 19 Grafik tabel 4.9 sensor LM35 .....	50
Gambar 4. 20 Hasil pengujian Sensor LM35 terhadap <i>Thermometer</i> digital .....	51
Gambar 4. 21 Pemasangan panel surya.....	52
Gambar 4. 22 Skematik pengujian panel surya.....	53
Gambar 4. 23 Grafik tegangan terhadap waktu dengan beban 12 $\Omega$ .....	54
Gambar 4. 24 Grafik arus terhadap waktu dengan beban 12 $\Omega$ .....	55
Gambar 4. 25 Grafik daya terhadap waktu dengan beban 12 $\Omega$ .....	56
Gambar 4. 26 Grafik pengisian AKI terhadap waktu .....	57
Gambar 4. 27 Grafik pengosongan tegangan AKI terhadap waktu .....	59
Gambar 4. 28 Grafik tabel 4.12.....	61

Gambar 4. 29 Skematik menggunakan sistem hybrid.....	62
Gambar 4. 30 Grafik pemakaian daya terhadap waktu pada pompa AC.....	63
Gambar 4. 31 Grafik perbandingan pemakaian energi .....	66
Gambar 4. 32 Grafik pemakaian rupiah terhadap waktu penggunaan .....	68

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pin dari Modul Sensor Tegangan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 2. 2 Konfigurasi pin <i>driver relay</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Sensor Tegangan DC .....	28
Tabel 4.2 Hasil pengukuran sensor tegangan DC .....	29
Tabel 4.3 Hasil pengukuran sensor tegangan DC .....	31
Tabel 4. 4 Tabel 4.4 Hasil pengukuran sensor tegangan DC .....	32
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Sensor INA219 .....	37
Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran Sensor INA219 .....	38
Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Sensor Arus DC .....	40
Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Sensor Pzem-004t.....	46
Tabel 4.9 Hasil Pengukuran Sensor LM35 .....	50
Tabel 4. 10 Data hasil pengukuran panel surya .....	53
Tabel 4. 11 Data proses pengisian baterai.....	57
Tabel 4. 12 Data proses pengosongan baterai .....	58
Tabel 4. 13 Data pemakaian pompa AC selama satu hari dari PLN .....	60
Tabel 4. 14 Data pemakaian pompa AC sistem hybrid.....	63
Tabel 4. 15 Pemakaian biaya .....	67

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 : Gambar Rancangan

Lampiran 3 : Program Sistem Kontrol

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pertanian adalah sektor yang sangat penting bagi masyarakat Indonesia. Sektor pertanian merupakan menjadi sumber penghasilan bagi beberapa masyarakat, karena sebagian besar kawasan Indonesia merupakan lahan pertanian. Melihat banyaknya penduduk dan jumlah lahan yang semakin sempit untuk lahan pertanian, maka saat ini ada cara lain untuk memanfaatkan lahan sempit sebagai usaha untuk mengembangkan hasil pertanian, yaitu dengan cara bercocok tanam secara hidroponik. Hidroponik adalah suatu cara bercocok tanam pemberian nutrisi pada tanaman dengan menggunakan air. Sistem hidroponik sebenarnya ada beberapa macam, tapi pada penelitian kali ini menggunakan sistem hidroponik yaitu *Deep Flow Technique* (DFT). Metode ini akan merendam akar tanaman di larutan nutrisi, dengan kedalaman lapisan berkisar antara 4 – 6 cm. Prinsip kerja sistem ini yaitu mensirkulasikan larutan nutrisi tanaman secara terus menerus selama 24 jam menggunakan pompa, oleh karena itu pompa dapat hidup jika dialiri listrik dan biaya listrik cukup tinggi, sehingga pemborosan dalam pemakaian listrik dirumah, untuk menghemat dan dan mengefesien kebutuhan pada tanaman hidroponik. Salah satu diantaranya adalah penggunaan sistem hybrid pada tanaman hidroponik (Roidah, 2014)(Ningrum et al., 2014).

Sistem hybrid yakni kombinasi gabungan dua atau lebih sumber energi yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan beban yang ada. Salah satu sistem pembangkit listrik hybrid yang berpotensi untuk dikembangkan ditanaman hidroponik di Indonesia adalah kombinasi antara listrik PLN dengan Panel Surya. Energi hybrid memiliki kehandalan yang tinggi, efesiensi yang tinggi, tidak menimbulkan polusi dan biaya yang rendah (Putri & Koenhardono, 2016)(Harmini & Nurhayati, 2018).

Dari kendala yang dialami timbul ide untuk membuat suatu alat untuk meningkatkan sistem yang sudah ada sebelumnya yaitu dengan cara membuat perancangan sistem pembangkit tenaga listrik PLN dan Panel Surya (Hybrid)



sebagai pengefisien dalam penggunaan pompa air untuk mengurangi konsumsi energi listrik pada tanaman hidroponik. Diharapkan dalam sistem hybrid ini dapat meningkatkan sisi ekonomis dalam budidaya pada tanaman hidroponik.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang diatas rumusan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem pembangkit listrik tenaga hybrid ?
2. Bagaimana membuat sistem pembangkit tenaga hybrid ?
3. Berapa daya yang dibutuhkan untuk sistem pembangkit tenaga hybrid dengan PLN pada tanaman hidroponik ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Dalam proyek akhir ini yang menjadi batasan masalah adalah :

1. Penelitian ini hanya dibatasi pada analisis efisiensi energi sistem pembangkit tenaga hybrid pada tanaman hidroponik.
2. Kapasitas pembangkit tenaga hybrid hanya dibatasi hingga 50 watt pada sistem hidroponik.

## **1.4 Tujuan Proyek Akhir**

Dari rumusan masalah diatas, maka tujuan dari Proyek Akhir ini yaitu:

1. Membuat rancang alat pembangkit tenaga listrik PLN dan Panel Surya (Hybrid).
2. Membuat sistem pembangkit tenaga hybrid untuk tanaman hidroponik yang menggunakan 2 sumber yaitu PLN dan Panel Surya.
3. Mendapatkan hasil analisa perbedaan penggunaan daya dan biaya bisa lebih hemat dibandingkan dengan menggunakan PLN.

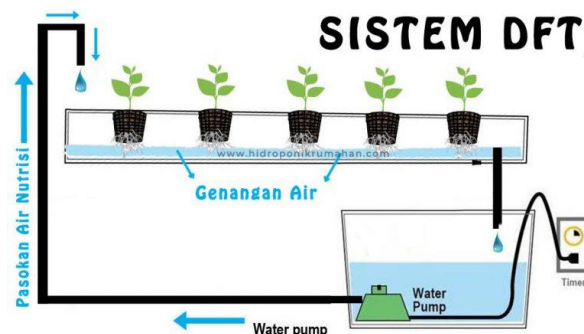
## BAB II

### DASAR TEORI / STUDI PUSTAKA

#### 2.1 Hidroponik

Cara menanam sistem hidroponik ini sangat berguna pada zaman ini, karena sangat menghemat lahan dan media karena termasuk cara menanam yang modern. Hidroponik sebenarnya adalah teknik menanam tumbuhan tanpa media tanam, media tanamnya sendiri diganti dengan sirkulasi air dan nutrisi. Dengan kata lain hidroponik sendiri berarti menanam dalam air dengan kandungan unsur hara. Sistem hidroponik sebenarnya ada beberapa macam, tetapi hanya beberapa yang sering digunakan dan keefektifan teknik ini cukup berhasil diterapkan dari teknik yang lain, seperti teknik NFT, Irigasi dan DFT (Sesanti & Sismanto, 2016).

Pada penelitian kali ini menggunakan sistem hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*). Teknik hidroponik ini digolongkan sebagai sistem hidroponik tertutup. Keuntungan teknik DFT mampu menyediakan air dan oksigen bagi tanaman. Sistem DFT sangat ideal untuk menanam sayuran (Aulia Nurbaiti Mansyur, Sugeng Triyono, 2014). Berikut contoh sistem Hidroponik DFT dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2.1 Contoh Sistem Hidroponik DFT (Laylanasution, 2019)

Diantara sistem yang telah ada, DFT hidroponik merupakan sistem yang efektif untuk pengurangan menggunakan pompa air secara terus menerus tetapi sistem ini tetap menggunakan banyak listrik. Dari kelemahan sistem tersebut dibuat alat untuk membantu pengurangan energi listrik pada tanaman hidroponik.

## 2.2 Prinsip Kerja Panel Surya

Panel Surya merupakan alat yang terdiri dari sel surya yang mampu mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Sel surya konvensional bekerja menggunakan *prinsip p-n junction*, yaitu lapisan silikon tipe-n dan tipe-p yang digunakan untuk membentuk suatu medan listrik sehingga elektron bisa diolah untuk menghasilkan listrik. Apabila semikonduktor tipe-p dan tipe-n terhubung, maka kelebihan elektron dapat bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p, hal tersebut akan membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya akan terjadi kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik dimana ketika cahaya matahari mengenai susunan p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya *hole* bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar dibawah (Yusmiati, 2014).

Pembangkit listrik Panel Surya bergantung pada efisiensi konversi energi dan konsentrasi sinar matahari yang diterima sel hal ini dikarenakan intensitas cahaya matahari yang tidak menentu setiap jamnya. Efisiensi yang terjadi pada sel surya adalah merupakan perbandingan daya yang dapat dibangkitkan oleh sel surya dengan energi input yang diperoleh dari sinar matahari. Semakin rendah radiasi matahari semakin rendah pula efisiensinya. Efisiensi digunakan untuk memprediksi daya keluaran modul surya bila diketahui intensitas cahaya matahari dan luas modul surya (Faranda & Leva, 2008)(Asy'ari et al., 2012).

Panel Surya merupakan salah satu alat konversi energi surya menjadi energi listrik dengan keluaran DC. Daya input dari Panel Surya yakni intensitas cahaya matahari ( $W/m^2$ ) dengan luas penampang Panel Surya ( $m^2$ ). Rumus perhitungan daya masukan panel adalah :

$$P_{inp} = I \cdot A \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

$P_{inp}$  : Daya matahari ( watt)

$I$  : Intesitas matahari ( $watt/m^2$ )

$A$  : Luas penampang Panel Surya ( $m^2$ )

Daya keluaran Panel Surya adalah daya yang keluar dari sistem Panel Surya yang disebabkan oleh adanya intensitas cahaya matahari yang dikonversi oleh system Panel Surya. Daya input AKI ini merupakan daya yang digunakan untuk mengisi AKI 12/15Ah Rumus perhitungan daya keluaran Panel Surya:

$$P_{out} = V.I \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

$P_{out}$  : Daya keluaran panel (watt)

V : tegangan (volt)

I : Arus (ampere)

Efisiensi Panel Surya adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan Panel Surya terhadap daya yang diperoleh dari cahaya matahari. Efisiensi digunakan untuk memprediksi daya keluaran Panel Surya jika diketahui intensitas cahaya matahari dan luas Panel Surya. Untuk menentukan nilai efisiensi Panel Surya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{inp}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

$\eta$  : Efisiensi (%)

$P_{out}$  : Daya keluaran (watt)

$P_{inp}$  : Daya masukan (watt)

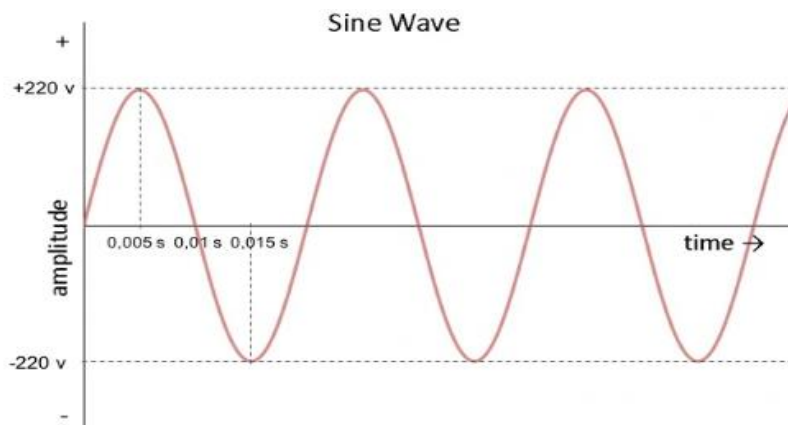
Pengisian aki berkapasitas 12V/35A dari kondisi tegangan minimal hingga penuh menggunakan Panel Surya 100 wp membutuhkan waktu rata-rata selama 4 jam 28 menit. Pemakaian aki berkapasitas 12V/35A dari kondisi tegangan penuh sampai batas minimal untuk menggerakkan pompa air AC membutuhkan waktu rata-rata 1 jam 48 menit dan menghasilkan volume air rata-rata 1855,33 liter. Atau debit air rata-rata yang dihasilkan adalah 17,08 liter/menit (Surya, n.d.).

Berbeda dengan penelitian ini digunakan panel surya dengan kapasitas 50 WP, panel surya ini akan mengisi kapasitas aki 12V/15A yang memungkinkan dapat mengisi data lebih cepat untuk menggerakkan pompa air AC.

### 2.3 Listrik AC (*Alternating Current*)

Sebagian besar di Indonesia 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 (Dewi et al., 2017).

Energi listrik ini bisa mengubah menjadi energi bentuk lain sesuai kebutuhan pada hidroponik seperti penggunaan pompa AC. Pada listrik AC, arus listriknya terkadang dapat bergerak searah jarum jam, namun terkadang dapat bergerak berlawanan arah dengan jarum jam. Perubahannya itu berupa sinusoidal seperti pada gambar 2.2 sebagai berikut:

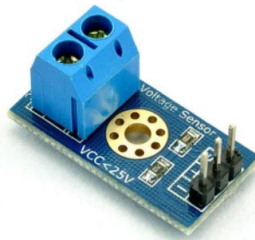


Gambar 2.2 Gelombang sinusoidal listrik AC (Dewi et al., 2017)

Pada gambar 2.2 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 (Dewi et al., 2017).



dilihat pada gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2.4 Sensor tegangan DC (Komputer, 2018)

Berikut pin dari modul sensor tegangan DC dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1 Pin dari Modul Sensor Tegangan

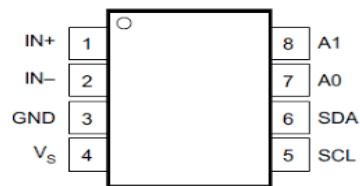
No	Pin Sensor	Keterangan Pin
1	VCC	Terminal positif dari tegangan yang akan diukur (0-25V)
2	GND	Terminal negatif dari tegangan yang akan diukur
3	S	<i>Input</i> Analog dari Arduino
4	+	Tidak terhubung (N / C)
5	-	GND dari Arduino

Prinsip kerja modul sensor tegangan ini dapat membuat tegangan *input* mengurangi 5 kali dari tegangan asli. Dimana, 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 boleh 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 didapatkan rumus seperti persamaan berikut :

$$V_{out} = ((\text{AnalogRead}(A1) \times 0,0049)) \times 5) \dots\dots\dots(2.4)$$

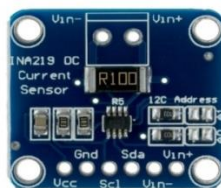
## 2.6 Sensor INA219

Sensor INA219 merupakan modul sensor yang dapat membaca nilai tegangan dan arus pada suatu rangkaian listrik. INA219 dilengkapi dengan *interface* I2C dan dapat mengukur arus hingga  $\pm 3,2A$  dengan kisaran resolusi pada 0,8 mA pada internal data 12 bit ADC (Monda et al., 2018). Konfigurasi pin sensor INA219 dapat dilihat pada gambar 2.5 sebagai berikut:



Gambar 2.5 Konfigurasi pin sensor INA219 (Monda et al., 2018)

Pin IN + dan IN – merupakan pin positif dan negatif input dari arus yang akan di lakukan pengukuran dimana pin positif dihubungkan dengan beban yang di aliri listrik sedangkan yang negatif dihubungkan dengan ground. Pin SCL dan SDA adalah pin serial komunikasi I2C ke arduino (Monda et al., 2018). Bentuk fisik Sensor INA219 dapat dilihat pada gambar 2.6 sebagai berikut:



Gambar 2.6 Sensor INA219 (Monda et al., 2018)

## 2.7 PZEM-0004T

Modul PZEM-004T yakni sebuah modul sensor multifungsi yang digunakan untuk mengukur daya, tegangan, arus dan energi yang terdapat pada sebuah aliran listrik. Modul ini sudah dilengkapi sensor tegangan dan sensor arus (CT) yang sudah terintegrasi. Dalam penggunaannya, alat ini khusus untuk penggunaan dalam ruangan (indoor) dan beban yang terpasang tidak diperbolehkan melebihi daya yang



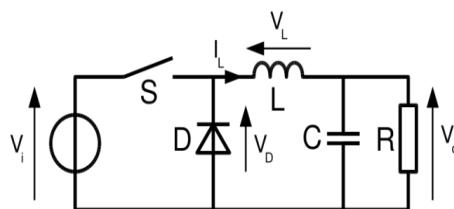
sudah ditetapkan (Habibi et al., 2017). Bentuk fisik Sensor Pzem-004t dapat dilihat pada gambar 2.7 sebagai berikut:



Gambar 2.7 Sensor PZEM-004T

## 2.8 Buck Converter

*Buck converter* adalah *dc to dc converter* jenis penurun tegangan atau *step down*. *Buck converter* dapat menghasilkan nilai tegangan output sama atau lebih rendah dari tegangan *input*-nya. *Buck converter* ini tersusun dari mosfet (saklar aktif) dan dioda (saklar pasif). Saklar pasif dapat diganti dengan aktif pada saat tegangan kerja yang rendah, sehingga dapat mengurangi susut daya yang terjadi. 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 (Pulungan et al., 2018). Rangkaian ekivalen *buck converter* dapat dilihat pada gambar 2.8 sebagai berikut :



Gambar 2.8 Rangkaian *Ekivalen Buck Converter* (Pulungan et al., 2018)

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

$$V_{out} = V_{in} \left( \frac{t_{ON}}{T} + T \right) \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

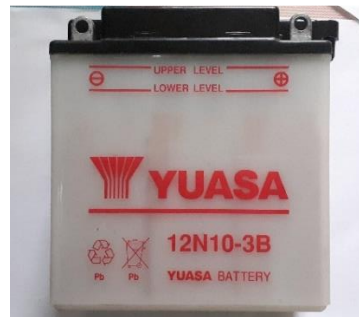
$V_{out}$  = tegangan keluaran (Volt)

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

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

## 2.9 AKI

AKI merupakan alat penyimpan 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 (Lusiana et al., 2018). Aki disini digunakan sebagai pengganti listrik sementara pada pompa AC dan di sistem ini juga dilakukan pengecasan pada aki menggunakan panel surya. Pada proyek akhir ini, menggunakan aki basah 12 volt dan 10 Ah. Bentuk fisik aki basah dapat dilihat pada gambar 2.9 sebagai berikut:



Gambar 2.9 AKI

Kapasitas AKI dapat dinyatakan pada persamaan dibawah ini :

$$Ah = I \cdot t \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

Ah = Kapasitas AKI aki

I = Kuat arus (Ampere)

t = Waktu (jam/sekon)

## 2.10 Modul Driver Relay

*Relay* merupakan komponen elektronika berupa saklar elektrik yang dioperasikan menggunakan prinsip elektromagnetik. *Relay* disini digunakan sebagai penghubung dan pemutus rangkaian. Kontak *normally close* (tertutup), akan menjadi kontak *normally open* (terbuka) pada saat tegangan melewati coil *relay* dan begitupun sebaliknya (Pengertian Relay,Fungsi, 2018).

*Module relay* yang digunakan adalah tipe *module relay 2 channel*. Bentuk fisik *relay* dapat dilihat pada gambar 2.10 sebagai berikut:



Gambar 2.10 Module *driver relay* (Pengertian Relay,Fungsi, 2018)

Konfigurasi pin *driver relay* ke Arduino dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Konfigurasi pin *driver relay*

Pin Driver Relay	Pin Arduino
VCC	5 Volt
GND	Ground
IN	Digital

## 2.11 RTC DS3231

RTC (*Real Time Clock*) merupakan komponen yang dapat informasi tentang waktu. RTC secara sederhana merupakan sistem pengingat detik, menit, jam, hari, bulan, dan tahun. Sebuah RTC dilengkapi dengan AKI sebagai pemasok power yang bernama CMOS (*complementary Metal Oxide Semiconductor*) agar modul ini tetap berjalan, modul ini mengupdate tanggal dan waktu secara berkala sehingga kita dapat menerima tanggal dan waktu akurat dari modul RTC. Bentuk fisik RTC dapat dilihat pada gambar 2.11 sebagai berikut:



Gambar 2. 11 RTC DS3231

## 2.12 Micro SD

*Micro SD* berfungsi sebagai ruang penyimpanan data digital yang fungsinya hampir sama dengan CD dan DVD. Bedanya *Micro SD* berbentuk sangat kecil, dapat membaca dan menulis data berkali-kali tanpa ada batasan, tahan lama, dan memiliki kapasitas penyimpanan yang lebih besar dan difungsikan untuk penyimpanan gadget modern yang berbentuk kompak (Menggunakan Modul Micro SD adapter di arduino, n.d.). Bentuk fisik *Micro SD* dapat dilihat pada gambar 2.12 sebagai berikut:



Gambar 2. 12 SD card module

## 2.13 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 proyek akhir ini MPPT digunakan untuk menyimpan tegangan keluaran dari *panel surya* dan mengatur pengisian AKI di sistem pengecasan (Faizal & Setyaji, 2016). Karakteristik maksimum dari MPPT yaitu *power voltage* 12 volt dan *maximum power current* 10 ampere. Bentuk fisik MPPT dapat dilihat pada gambar 2.13 sebagai berikut:



Gambar 2. 13 MPPT(Faizal & Setyaji, 2016)

## 2.14 *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 mengubah daya DC menjadi ke bentuk daya AC.

Jenis *Inverter* Berdasarkan Bentuk Gelombangnya, dalam memilih *inverter* sebaiknya kita mengetahui bentuk gelombang yang dihasilkan oleh *inverter*. Karena hal ini akan mempengaruhi kinerja dari beban yang akan dihubungkan dengan *inverter*. (Bentuk gelombang sebaiknya disesuaikan dengan karakter baban yang akan dipakai). Menurut bentuk Gelombangnya *inverter* dibagi menjadi dua:

1. *Inverter* dengan bentuk gelombang *sinusoidal* / *sinewave*. Bentuk gelombang sinus ini bentuknya sesuai dengan bentuk gelombang listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik atau genset.
2. *Inverter* dengan bentuk gelombang *non sinusoidal*, ada pula yang menyebutnya *modified sinewave*, juga ada yang berupa *square wave*.

Pengaruh bentuk gelombang ini terhadap beban, Bentuk gelombang *sinus* merupakan bentuk gelombang yang terbaik bagi peralatan elektronik. Dikarenakan peralatan elektronik memang didesain untuk bisa bekerja baik dengan bentuk gelombang ini. Sedangkan bentuk *non sinusiodal* kadangkala membuat peralatan elektronik menjadi lebih panas bila dibandingkan dengan bentuk gelombang listrik yang *sinusiodal*.(Pangemanan, 2017). Bentuk fisik *inverter* dapat dilihat pada gambar 2.14 sebagai berikut :

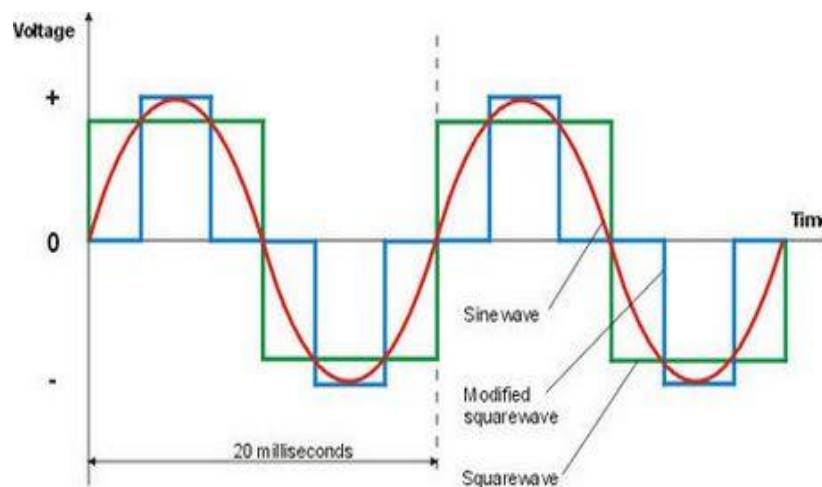


Gambar 2. 14 *Inverter*

Tiga hal yang perlu diperhatikan dalam memilih *inverter*, yaitu :

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

Tipe gelombang yang dihasilkan *inverter* sangat perlu diperhatikan terutama jika beban-beban AC tersebut adalah motor-motor. Distorsi *harmonic* yang ditimbulkan harus serendah mungkin. Secara umum harga *inverter* sebanding dengan kualitas gelombang sinus yang dihasilkan. Dalam pemilihan ukuran *inverter* yang tepat, memungkinkan *inverter* tersebut mempunyai 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 %. Bentuk gelombang *sinus inverter* dapat dilihat pada gambar 2.15 sebagai berikut:



Gambar 2. 15 Gelombang Sinus inverter(Pangemanan, 2017)

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

$$P_i = \frac{\text{daya beban maksimum} \times A}{\text{faktor daya}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

$P_i$  = Kapasitas *inverter* (KVA)

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

### 2.15 Sistem Kontrol

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

### 2.16 Pompa Reson SP2500

Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari tempat satu ketempat posisi lainnya yang bekerja atas dasar mengkonversikan energi mekanik menjadi energi kinetik. Energi mekanik yang diberikan alat tersebut digunakan untuk meningkatkan kecepatan, tekanan atau elevasi (ketinggian) (Helmizar, Endry, & Agus, n.d.). Bentuk bentuk fisik pompa air dapat dilihat pada gambar 2.16 sebagai berikut:



Gambar 2. 16 Pompa Reson SP2500

### **BAB III**

#### **METODE PELAKSANAAN**

Penulisan penelitian ini, penulis menggunakan beberapa metode dalam pelaksanaan yang terdiri dari :

1. Studi Literatur

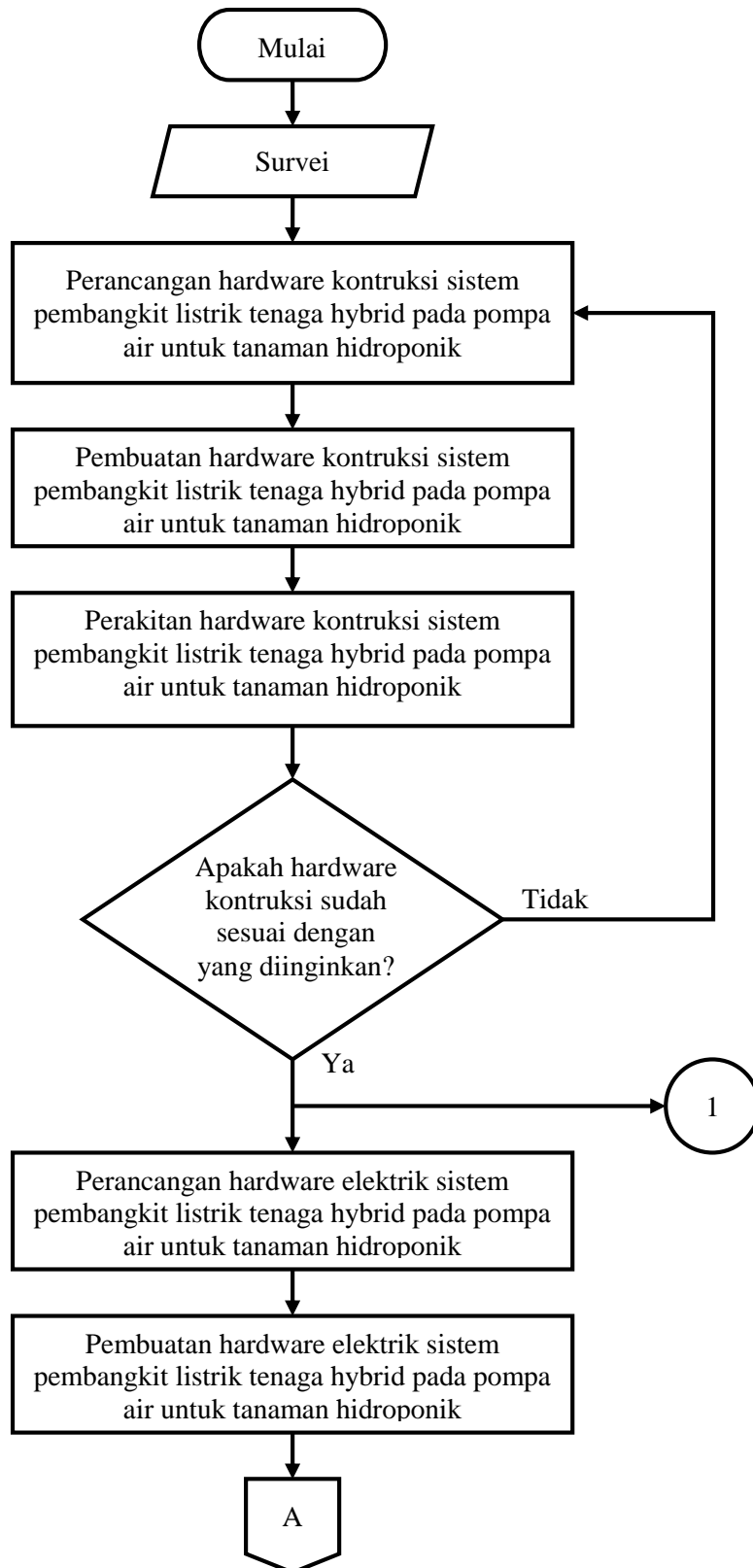
Studi literatur ini berisi mengenai kajian penulis dari beberapa acuan yang diperoleh baik berupa karya ilmiah, jurnal, buku, maupun bersumber dari internet yang ada kaitannya dengan tema penelitian yang berfungsi sebagai penunjang untuk mempermudah dalam proses penelitian ini.

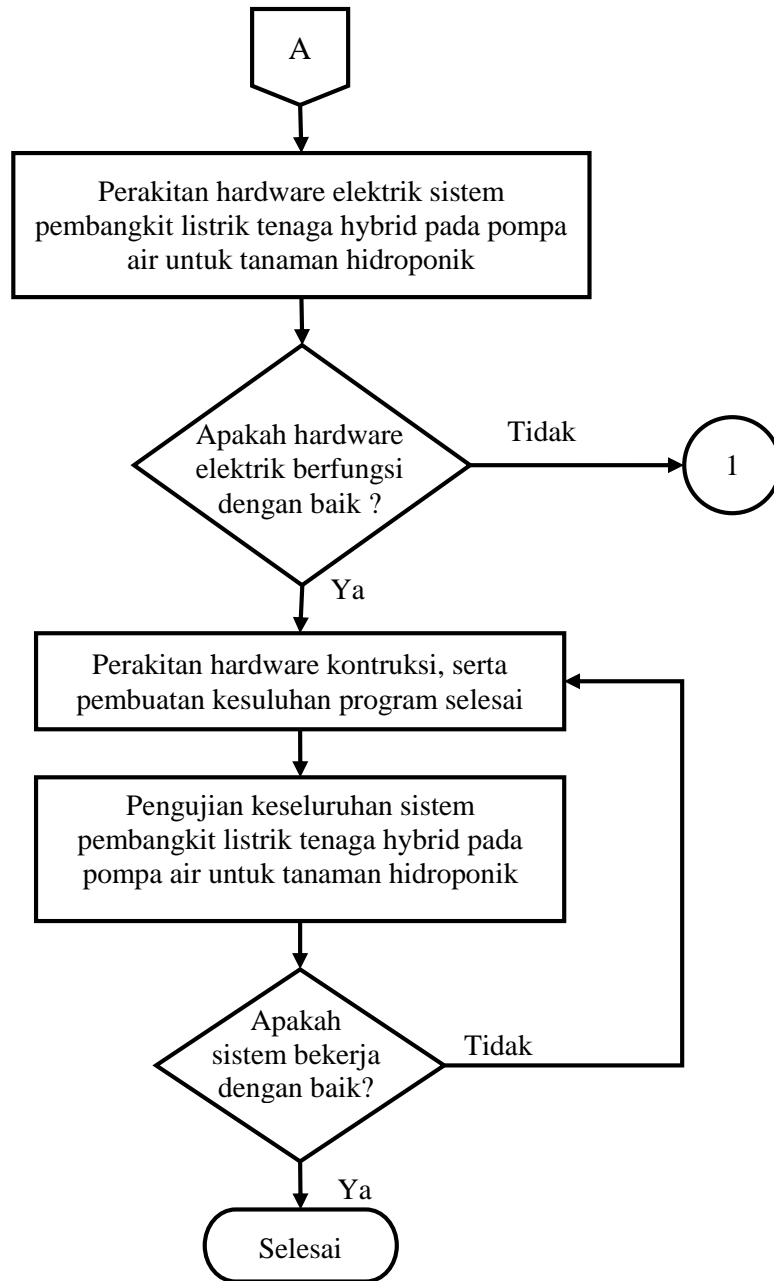
2. Perancangan alat ini menjadi awal langkah untuk menentukan Rancangan Sistem Pembangkit Tenaga Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik.

3. Pengambilan Data ini diperoleh dengan melakukan pengukuran tegangan, arus maupun daya pada sistem pembangkit tenaga hybrid.



### 3.1 Flowchart perancangan dan pembuatan alat





Gambar 3.1 Flowchart Perancangan dan Pembuatan Alat

Penjelasan lebih lanjut dari flowchart di atas dapat dilihat pada Langkah-langkah berikut ini :

### 3.2 Survei

Survei data merupakan pengumpulan data-data yang berkaitan dengan proyek akhir. Pengumpulan data secara tidak langsung didapatkan dari karya jurnal, buku,

maupun bersumber dari internet yang ada kaitannya dengan proyek akhir.

### **3.3 Perancangan *Hardware* Konstruksi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik**

Perancangan *hardware* konstruksi pada proyek akhir ini dibuat sesuai dengan bentuk yang telah ditentukan. Pada proyek ini rancangan konstruksi seperti bentuk hidroponik sederhana yang terdiri dari rangka dan pipa untuk sirkulasi air.

### **3.4 Perancangan *Hardware* Konstruksi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik**

Pembuatan *hardware* konstruksi dilakukan diluar Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung karena tidak menggunakan peralatan laboratorium maupun menggunakan alat mekanik.

### **3.5 Perakitan *Hardware* Konstruksi Sistem Pembangkit Tenaga Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik**

Perakitan *hardware* konstruksi dilakukan dengan pembuatan rangka dan melubangi pipa, lalu menempatkan pipa pada rangka sesuai bentuk untuk sirkulasi air. Lalu menempatkan panel kontrol elektrik pada bagian bawah rangka hidroponik kemudian panel surya diletakkan diatas konstruksi.

### **3.6 Perancangan *Hardware* Elektrik Sistem Pembangkit Tenaga Listrik Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik**

Perancangan *hardware* elektrik Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik dilakukan dengan menentukan komponen elektrik yang akan digunakan seperti Sensor Arus dan tegangan, sensor Pzem 004t, sensor suhu LM35, LCD 20x4, ArduinoAT Mega 2560, Rtc DS3231, relay, *step down*, *micro SD*, MPPT, AKI/Aki, Pompa AC dan panel surya.

### **3.7 Pembuatan Hardware Elektrik Sistem Pembangkit Tenaga Listrik Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik**

Proses pembuatan *hardware* elektrik Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik dilakukan di luar Politeknik Negeri Bangka Belitung. Komponen elektrik sendiri membeli yang sudah jadi dan siap digunakan serta langsung dapat dirakit.

### **3.8 Pengujian Hardware Elektrik Sistem Pembangkit Tenaga Listrik Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik**

Pengujian komponen elektrik ini dilakukan untuk mengetahui apakah komponen yang digunakan bekerja sesuai dengan fungsi yang diinginkan. Uji coba komponen elektrik berupa :

1. Uji coba sensor arus
2. Uji coba sensor tegangan
3. Uji coba sensor Pzem-004t
4. Uji coba sensor suhu LM35
5. Uji coba pompa AC
6. Uji coba Panel Surya
7. Uji coba sistem kontrol

### **3.9 Perakitan *Hardware* Kontruksi, Elektrik Serta Pembuatan Program Keseluruhan**

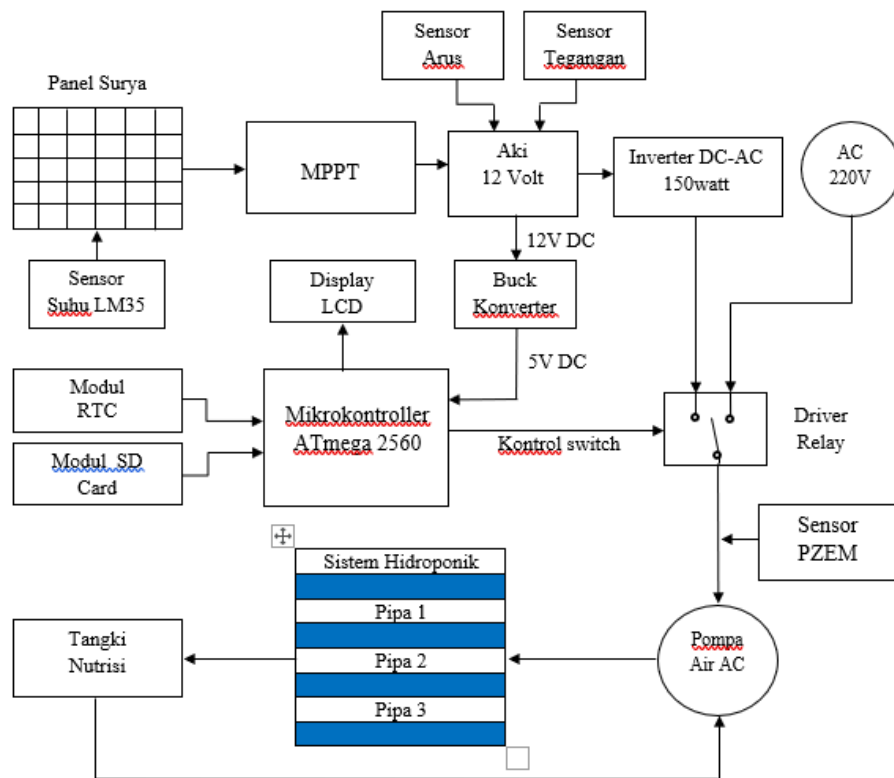
Perakitan *hardware* kontruksi, *hardware* elektrik dilakukan dengan cara merakit keseluruhan pada setiap bagian dari *hardware* kontruksi, *hardware* elektrik dan pembuatan program keseluruhan digabung menjadi satu kesatuan.

### **3.10 Pembuatan Laporan Proyek Akhir**

Pembuatan laporan merupakan tahap terakhir dalam pembuatan proyek akhir. Pembuatan laporan bertujuan untuk merangkum keseluruhan yang berhubungan dengan proyek akhir sekaligus memberikan informasi yang didapat pada proyek akhir yang telah dibuat.

### 3.11 Blok Diagram Sistem Kerja Alat

Diagram blok dari Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut:



Gambar 3. 2 Diagram Blok Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Air untuk Tanaman Hidroponik

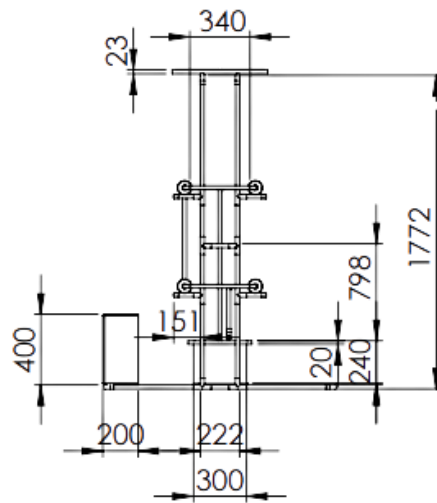
### 3.12 Prinsip Kerja Blok Diagram

Cara kerja dari blok diagram yakni dengan memakai energi listrik tegangan AC 220 Volt sebagai sumber tegangan utama, Sistem pemakaian beban awal pompa AC menggunakan Aki sebagai *supply* utama. Jika kondisi awal aki saat keadaan penuh, maka arus dan tegangan pada aki juga memberikan *supply* pada Arduino Atmega 2560 melalui penurun tegangan terlebih dahulu. Arduino Atmega 2560 akan memonitoring pemakaian arus dan tegangan pada pompa air. Pengukuran tegangan dan arus pada pompa menggunakan sensor PZEM dan RTC digunakan penghitung waktu pemakaian, setelah itu data disimpan dalam *Micro SD card* data

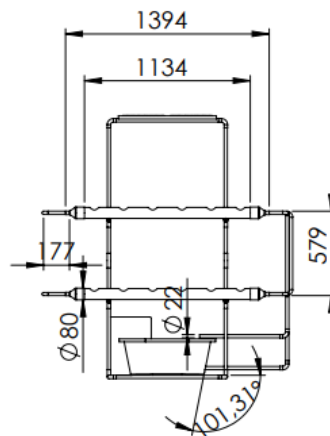
akan di tampilkan ke display LCD. Jika arus tegangan aki sudah menurun sesuai pengaturan *range* yang ditentukan, fungsi *driver relay* digunakan untuk memutuskan pompa air yang menggunakan sumber aki awal, berganti ke PLN itu sendiri sebagai *backup* jika aki dalam proses pengecasan, sehingga pompa air secara kontinyu mendapatkan energi listrik walaupun aki dalam proses pengecasan. Sistem pengecasan menggunakan sensor INA219 sebagai pengukur arus dan tegangan DC pada aki. Kemudian fungsi dari Panel surya itu sendiri sebagai pembantu pengecasan aki. Pengecasan aki disini menggunakan timer sebagai pengatur waktu dari pengecasan, setelah waktu yang ditentukan telah tercapai, maka tegangan dan arus pada aki akan di periksa melalui sensor INA219 dan tegangan DC, jika tegangan dan arus sudah terpenuhi terlebih dahulu masuk kerangkaian *inverter* difungsikan untuk mengkonversi sinyal DC ke AC untuk selanjutnya menghidupkan pompa air. Jika sudah maka sistem pengecasan akan berganti ke sistem pemakaian kembali, apabila tegangan dan arus belum terpenuhi untuk menghidupkan pompa air, maka akan dilakukan pengecasan aki kembali.

### **3.13 Perancangan *hardware* konstruksi Sistem *Hybrid* Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik**

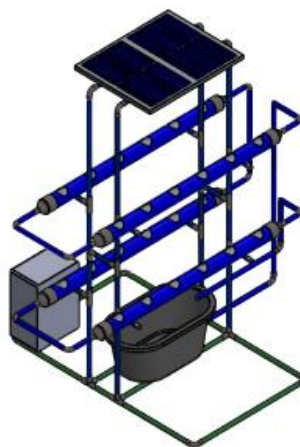
Pada tahap *hardware* Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik ini dirancang sesuai dengan konsep yang telah ditentukan. Perancangan ini dirancang menggunakan *software solidwork*. Ukuran dari segi rangka sistem hidroponik memiliki panjang  $\pm 140$  cm, dan tinggi  $\pm 170$  cm. Dan untuk ukuran panel memiliki panjang 30 cm, lebar 20 cm, dan tinggi 40 cm. Berikut adalah gambar rancangan konstruksi alat sistem pembangkit listrik tenaga hybrid pada pompa air untuk tanaman hidroponik dapat dilihat pada gambar 3.3, gambar 3.4, dan gambar 3.5 sebagai berikut :



Gambar 3. 3 Tampak samping rancangan sistem hybrid



Gambar 3. 4 Tampak depan rancangan sistem hybrid



Gambar 3. 5 Rancangan kontruksi sistem hybrid

### 3.14 Pembuatan *Hardware* Kontruksi Sistem *Hybrid* Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik

Pada tahap pembuatan *hardware* kontruksi sistem hybrid pompa air untuk tanaman hidroponik ini sesuai dengan konsep yang telah dirancang sebelumnya, pada tahap pembuatan *hardware* kontruksi ini dibuat di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Kontruksi sistem hybrid pada pompa air untuk tanaman hidroponik ini dibuat sesuai dengan konsep dan yang telah dirancang, ukuran dari rangka sistem hidroponik memiliki Panjang  $\pm$  cm, dan tinggi  $\pm$ . Dan untuk ukuran panel memiliki panjang 30 cm, lebar 20 cm, dan tinggi 40 cm. Berikut gambar kontruksi sistem hybrid pada pompa air untuk tanaman hidroponik dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut :



Gambar 3. 6 Kontruksi sistem hybrid



## **BAB IV**

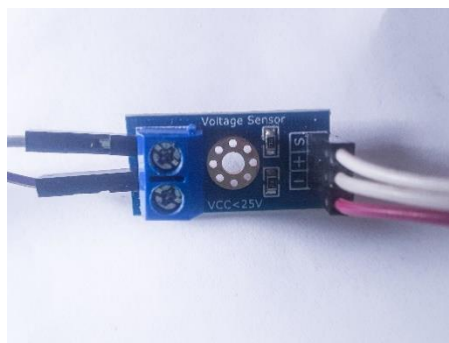
### **PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dibahas mengenai proses serta pengujian alat yang dikembangkan dalam pembuatan Proyek Akhir dengan judul “*Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Air untuk Tanaman Hidroponik*”, yaitu sebagai berikut :

#### **4.1 Sensor Tegangan DC**

##### **4.1.1 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 Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* pada Pompa Air untuk Tanaman Hidroponik. Lokasi pemasangan sensor tegangan DC di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Pemasangan sensor DC dapat dilihat pada gambar 4.1 sebagai berikut :

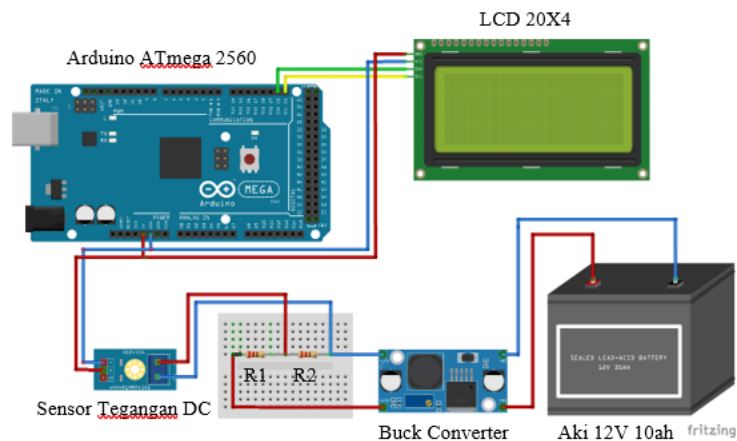


Gambar 4. 1 Pemasangan sensor tegangan DC

##### **4.1.2 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 Aki dengan tegangan *input* 12 V, GND dihubungkan ke terminal negatif Aki, S dihubungkan ke input analog dari Arduino ATmega 2560 pin A1,

“+” dihubungkan ke 5 V arduino ATmega 2560 dan “-” dihubungkan ke GND dari Arduino ATmega 2560. Kemudian dilakukan dengan membuat program menampilkan nilai tegangan *input* yang terbaca oleh sensor tegangan DC pada *software* Arduino ATmega 2560. Adapun gambar 4.2 skematik pengujian sensor tegangan DC sebagai berikut :



Gambar 4. 2 Skematik pengujian sensor tegangan DC

Berikut adalah *list* program pada pengujian Sensor Tegangan DC :

```
float BacaTegangan;
float tegangan;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  BacaTegangan = analogRead(A1);
  tegangan = ((BacaTegangan * 0.00495) *
  Serial.print("Tegangan:");
  Serial.print(tegangan);
  Serial.println("V");
  delay(1000)
}
```

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

} Menampilkan nilai tegangan pada serial monitor dan pembacaan nilai tegangan pada pin A1

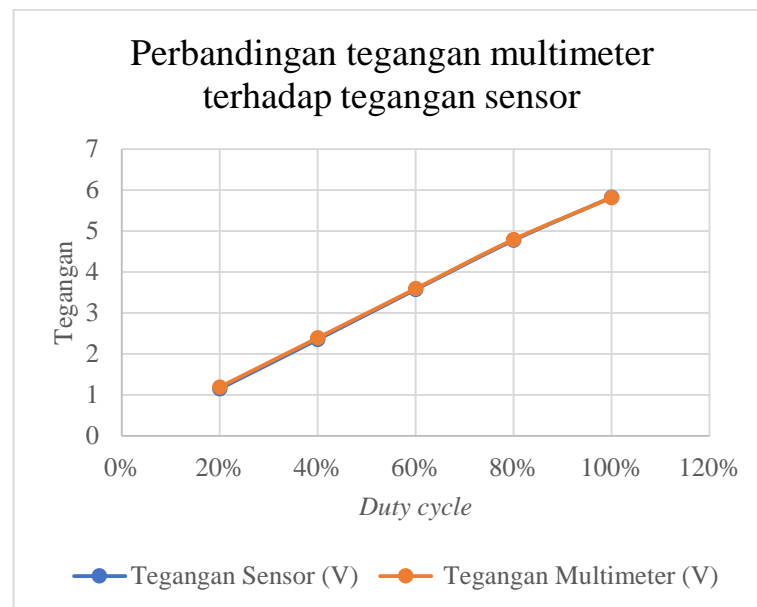
Berikut hasil dari pengujian Sensor Tegangan DC dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Sensor Tegangan DC

$V_{in} = 11.7 \text{ V}$ ,  $R1 = 470 \Omega$ ,  $R2 = 470 \Omega$

No	Duty cycle	Tegangan Duty Cycle (V)	Tegangan Multimeter (V)	Tegangan Sensor (V)	Perhitungan (V)	Persentase kesalahan %
1	20%	2.4	1.19	1.15	1.2	0.04
2	40%	4.8	2.39	2.35	2.4	0.04
3	60%	7.2	3.59	3.57	3.6	0.02
4	80%	9.6	4.79	4.77	4.8	0.02
5	100%	11.7	5.81	5.82	5.85	0.01

Berikut grafik yang dihasilkan dari tabel 4.1



Gambar 4. 3 Grafik tabel 4.1 Sensor Tegangan DC

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa *duty cycle* telah diatur pada posisi 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari sumber sebesar 11,7 V, hambatan  $R1 = 470 \Omega$  dan

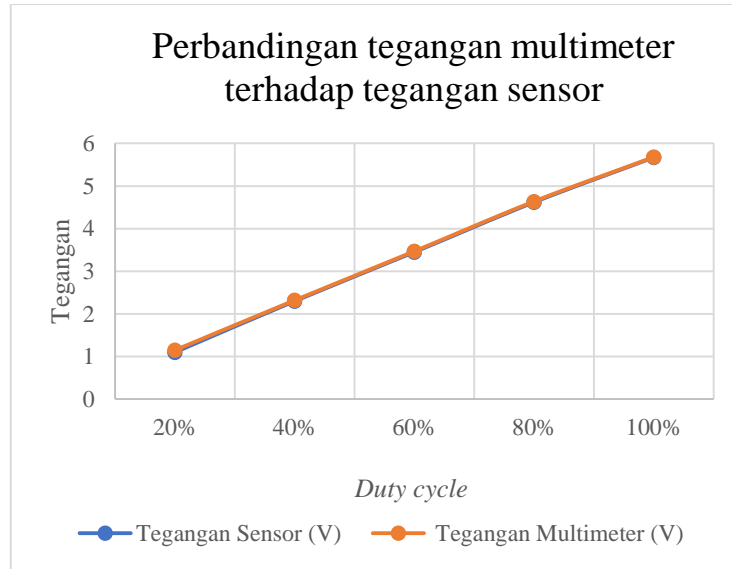
hambatan  $R_2 = 470 \Omega$ . Penggunaan *duty cycle* untuk mengatur keluaran tegangan, saat *duty cycle* diatur pada pada posisi 20% akan mengeluarkan tegangan 2,4 V, pada posisi 40% akan mengeluarkan tegangan 4,8 V, pada posisi 60% akan mengeluarkan tegangan 7,2 V, pada posisi 80% akan mengeluarkan tegangan 9,6V dan pada posisi 100% akan mengeluarkan tegangan 11,7 V maka semakin besar posisi *duty cycle* maka semakin besar pula tegangan yang dikeluarkan. Dari hasil pengujian pengukuran sensor DC terhadap alat ukur multimeter, dapat dilihat beberapa pembacaan nilai dengan persentase kesalahan 0.01% hingga 0.04%. hal ini disebabkan oleh nilai tegangan sumber yang tidak tetap dan selalu berubah tiap waktu, namun dengan begitu sensor tegangan DC ini dapat digunakan dengan semestinya. Berikut hasil dari pengujian Sensor Tegangan DC dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Hasil pengukuran sensor tegangan DC

$V_{in} = 11.7 \text{ V}$ ,  $R_1 = 470 \Omega$ ,  $R_2 = 2200 \Omega$

No	<i>Duty cycle</i>	Tegangan <i>Duty Cycle</i> (V)	Tegangan Multimeter (V)	Tegangan Sensor (V)	Perhitungan (V)	Persentase kesalahan %
1	20%	2.4	1.95	1.91	1.97	0.04
2	40%	4.8	3.91	3.89	3.95	0.02
3	60%	7.2	5.87	5.87	5.93	0
4	80%	9.6	7.84	7.85	7.91	0.01
5	100%	11.7	9.59	9.58	9.64	0.01

Berikut grafik yang dihasilkan dari tabel 4.2



Gambar 4. 4 Grafik tabel 4.2 Sensor Tegangan DC

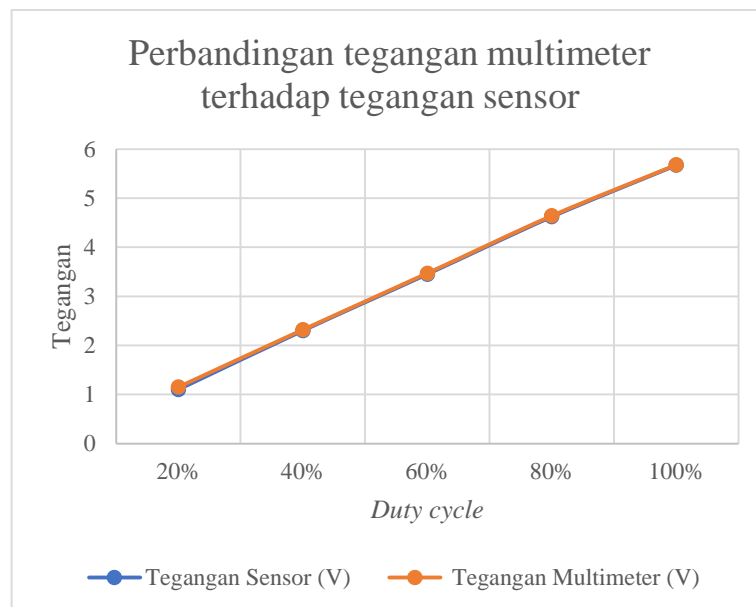
Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa *duty cycle* telah diatur pada posisi 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari sumber sebesar 11,7 V, hambatan  $R1 = 470 \Omega$  dan hambatan  $R2 = 2200 \Omega$ . Penggunaan *duty cycle* untuk mengatur keluaran tegangan, saat *duty cycle* diatur pada pada posisi 20% akan mengeluarkan tegangan pada sensor 2,4 V , pada posisi 40% akan mengeluarkan tegangan 4,8 V, pada posisi 60% akan mengeluarkan tegangan 7,2 V, pada posisi 80% akan mengeluarkan tegangan 9,6 V dan pada posisi 100% akan mengeluarkan tegangan 11,7 V maka semakin besar posisi *duty cycle* maka semakin besar pula tegangan yang dikeluarkan. Dari hasil pengujian pengukuran sensor DC terhadap alat ukur multimeter, dapat dilihat beberapa pembacaan nilai dengan persentase kesalahan 0% hingga 0.04%. hal ini disebabkan oleh nilai tegangan sumber yang tidak tetap dan selalu berubah tiap waktu, namun dengan begitu sensor tegangan DC ini dapat digunakan dengan semestinya. Berikut hasil dari pengujian Sensor Tegangan DC dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut :

No	Duty cycle	Tegangan Duty Cycle (V)	Tegangan Multimeter (V)	Tegangan Sensor (V)	Perhitungan (V)	Persentase kesalahan %
1	20%	2.4	1.15	1.1	1.2	0.05
2	40%	4.8	2.32	2.3	2.4	0.02
3	60%	7.2	3.47	3.45	3.6	0.02
4	80%	9.6	4.64	4.62	4.8	0.02
5	100%	11.7	5.68	5.67	5.85	0.01

Tabel 4.3 Hasil pengukuran sensor tegangan DC

$V_{in} = 11.7V$ ,  $R_1 = 2200 \Omega$ ,  $R_2 = 2200\Omega$

Berikut grafik yang dihasilkan dari tabel 4.3



Gambar 4. 5 Grafik tabel 4.3 Sensor Tegangan DC

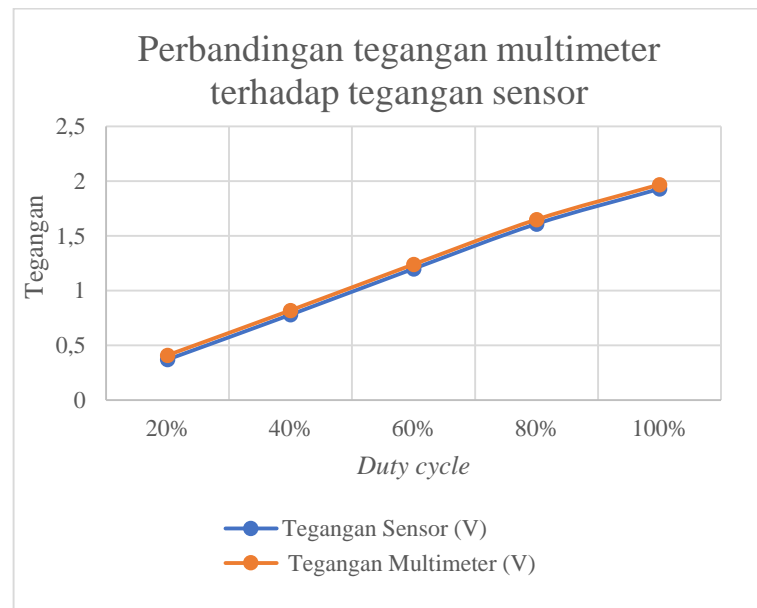
Dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa *duty cycle* telah diatur pada posisi 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari sumber sebesar 11,7 V, hambatan  $R_1 = 2200 \Omega$  dan hambatan  $R_2 = 2200 \Omega$ . Penggunaan *duty cycle* untuk mengatur keluaran tegangan, saat *duty cycle* diatur pada pada posisi 20% akan mengeluarkan tegangan pada sensor 2,4 V , pada posisi 40% akan mengeluarkan tegangan 4,8 V, pada posisi 60% akan mengeluarkan tegangan 7,2 V, pada posisi 80% akan mengeluarkan tegangan 9,6 V dan pada posisi 100% akan mengeluarkan tegangan 11,7 V maka semakin besar posisi *duty cycle* maka semakin besar pula tegangan yang dikeluarkan. Dari hasil pengujian pengukuran sensor DC terhadap alat ukur multimeter, dapat dilihat beberapa pembacaan nilai dengan persentase kesalahan 0,01% hingga 0.05%. hal ini disebabkan oleh nilai tegangan sumber yang tidak tetap dan selalu berubah tiap waktu, namun dengan begitu sensor tegangan DC ini dapat digunakan dengan semestinya. Berikut hasil dari pengujian Sensor Tegangan DC dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut :

Tabel 4. 4 Tabel 4.4 Hasil pengukuran sensor tegangan DC

No	<i>Duty cycle</i>	Tegangan <i>Duty Cycle</i> (V)	Tegangan Multimeter (V)	Tegangan Sensor (V)	Perhitungan (V)	Persentase kesalahan %
1	20%	2.4	0.41	0.37	0.42	0.04
2	40%	4.8	0.82	0.78	0.84	0.04
3	60%	7.2	1.24	1.2	1.26	0.04
4	80%	9.6	1.65	1.61	1.68	0.04
5	100%	11.7	1.97	1.93	2.06	0.04

$V_{in} = 11.7 \text{ V}$ ,  $R_1 = 2200 \Omega$ ,  $R_2 = 470 \Omega$

Berikut grafik yang dihasilkan dari tabel 4.4



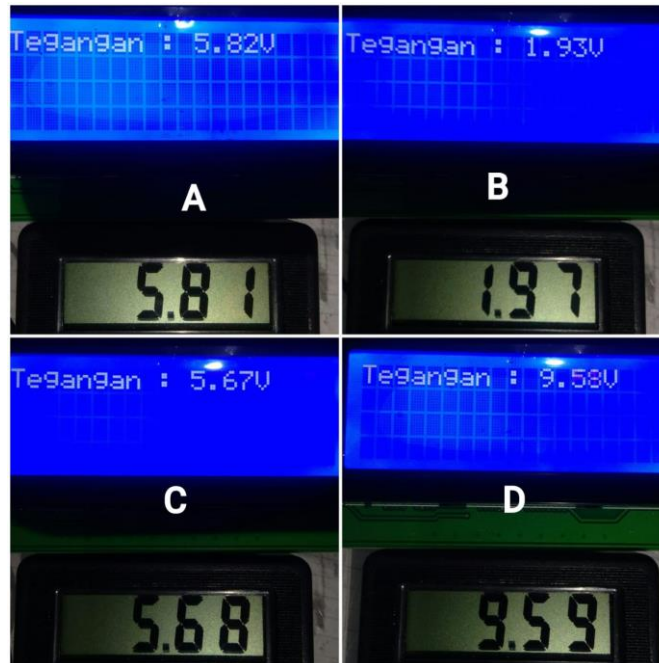
Gambar 4. 6 Grafik tabel 4.4 Sensor Tegangan DC

Dari gambar 4.6 dapat dilihat bahwa *duty cycle* telah diatur pada posisi 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari sumber sebesar 11,7 V, hambatan  $R_1 = 2200 \Omega$  dan hambatan  $R_2 = 470 \Omega$ . Penggunaan *duty cycle* untuk mengatur keluaran tegangan, saat *duty cycle* diatur pada pada posisi 20% akan mengeluarkan tegangan pada sensor 2,4 V , pada posisi 40% akan mengeluarkan tegangan 4,8 V, pada posisi 60% akan mengeluarkan tegangan 7,2 V, pada posisi 80% akan mengeluarkan tegangan 9,6 V dan pada posisi 100% akan mengeluarkan tegangan 11,7 V maka semakin besar posisi *duty cycle* maka semakin besar pula tegangan yang dikeluarkan. Dari hasil pengujian pengukuran sensor DC terhadap alat ukur multimeter, dapat dilihat beberapa pembacaan nilai dengan persentase kesalahan rata-rata 0.04%. hal ini disebabkan oleh nilai tegangan sumber yang tidak tetap dan selalu berubah tiap waktu dan kalibrasi sensor, namun dengan begitu sensor tegangan DC ini dapat digunakan dengan semestinya.

Dari analisa tabel 4.1, tabel 4.2, tabel 4.3 dan tabel 4.4 hasil pengujian pengukuran sensor tegangan DC terhadap alat ukur multimeter, semakin besar hambatan pada  $R_2$  maka semakin besar pula  $V_{out}$  pada  $R_2$ . Berikut adalah gambar dari hasil percobaan sensor tegangan terhadap alat ukur multimeter pada tabel 4.1,



tabel 4.2, tabel 4.3 dan tabel 4.4 pada kondisi *duty cycle* maksimum :



Gambar 4. 7 Hasil Pengujian sensor tegangan terhadap alat ukur multimeter

Dari hasil pengujian A terdapat pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa sensor tegangan DC menghasilkan tegangan sebesar 5.82V dan tegangan yang terukur di multimeter yaitu sebesar 5.81V sehingga selisih dari sensor tegangan DC dan alat ukur sebesar 0,01%. Dari hasil pengujian B terdapat pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa sensor tegangan DC menghasilkan tegangan sebesar 1,93 V dan tegangan yang terukur di multimeter yaitu sebesar 1,97 V sehingga selisih dari sensor tegangan DC dan alat ukur sebesar 0,04%. Dari hasil pengujian C terdapat pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa sensor tegangan DC menghasilkan tegangan sebesar 5,67 V dan tegangan yang terukur di multimeter yaitu sebesar 5,68V sehingga selisih dari sensor tegangan DC dan alat ukur sebesar 0,01%. Dari hasil pengujian D terdapat pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa sensor tegangan DC menghasilkan tegangan sebesar 9.58V dan tegangan yang terukur di multimeter yaitu sebesar 5.59 V sehingga selisih dari sensor tegangan DC dan alat ukur sebesar 0,01%.

Berikut ini adalah rumus perhitungan sensor secara teori, rumus perhitungan persentase kesalahan dan error pada hasil pengujian sensor tegangan DC terhadap alat ukur multimeter yaitu sebagai berikut.

Rumus perhitungan secara teori, dimana :

$$V_{out\ R2} = \frac{R_2}{R_1+R_2} \times V_{in} \dots\dots\dots(4.1)$$

$V_{out\ R2}$  = Tegangan Keluaran

$V_{in}$  = Tegangan Masukan

$R_1, R_2$  = Resistansi

Sedangkan rumus persentase kesalahan, dimana :

$$\text{Persentase Kesalahan} = \left| \frac{V_{\text{sensor}} - V_{\text{multi}}}{100} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(4.2)$$

$V_{\text{multi}}$  = Tegangan pada multimeter

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

Berikut contoh perhitungan  $V_{out\ R2}$  :

Dik =  $R_1 = 470\ \Omega$

$R_2 = 470\ \Omega$

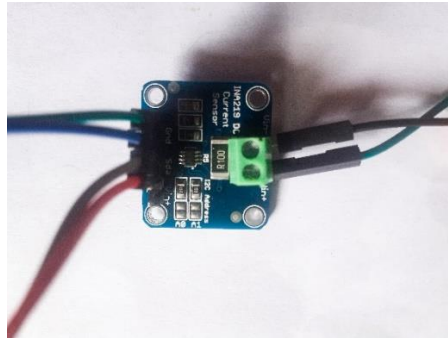
$V_{in} = 11.7\ V$

$$\begin{aligned} \text{Dit} = V_{out\ R2} &= \frac{R_2}{R_1+R_2} \times V_{in} \\ &= \frac{470}{470+470} \times 11.7 \\ &= 5.85\ V \end{aligned}$$

## 4.2 Sensor INA219

### 4.2.1 Pemasangan Sensor INA219

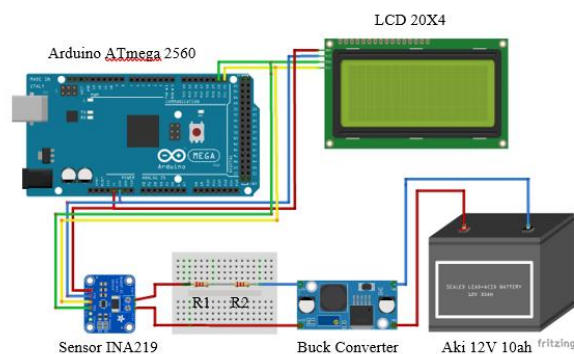
Pada tahap pemasangan sensor tegangan DC ini diputuskan dengan membeli modul sensor INA219 yang sudah jadi dan siap digunakan dan pemasangan sensor INA219 di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka belitung yaitu di ruangan Laboratorium elektronika. Sensor INA219 di buat sesuai dengan perancangan yang telah di konsep sebelumnya. Berikut pemasangan Sensor INA219 dapat dilihat pada gambar 4.8 sebagai berikut :



Gambar 4. 8 Pemasangan sensor INA219

#### 4.2.2 Pengujian Sensor INA219

Pengujian modul sensor INA219 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 4.9 skematik pengujian sensor INA219 :



Gambar 4. 9 Skematik Pengujian Sensor INA219

Berikut ini adalah *list* program pada pengujian Sensor INA219 :

```
#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

```

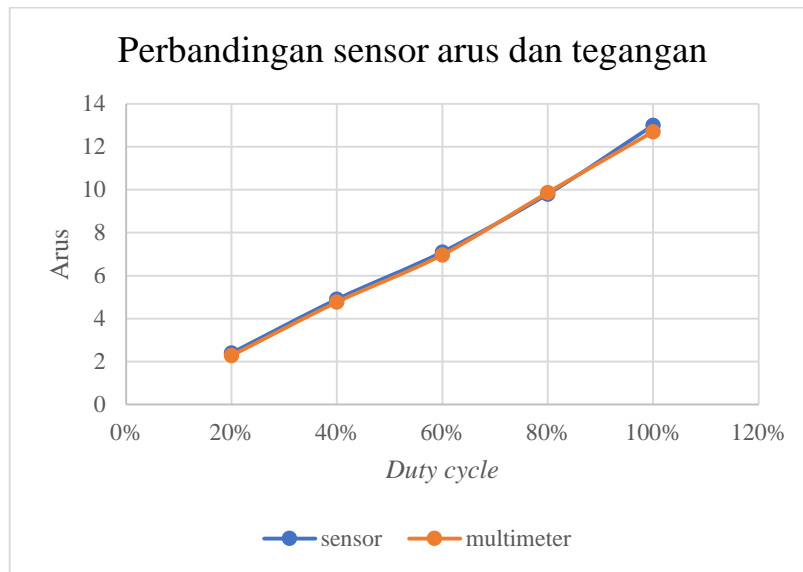
Hasil dari pengujian Sensor INA219 dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Sensor INA219

R1 = 470  $\Omega$ ; R2 = 470  $\Omega$

No	<i>Duty cycle</i>	Tegangan <i>Duty Cycle</i> (V)	Arus Sensor (A)	Arus Multimeter (A)	Perhitungan (A)	persentase kesalahan %
1	20%	2,4	2,4	2,28	2,55	0,12
2	40%	4,8	4,9	4,77	5,11	0,13
3	60%	7,2	7,1	6,97	7,66	0,13
4	80%	9,6	9,8	9,87	10,21	0,07
5	100%	11,7	13	12,73	12,4	0,27

Berikut grafik yang dihasilkan dari tabel 4.5



Gambar 4. 10 Grafik tabel 4.5 Sensor INA219

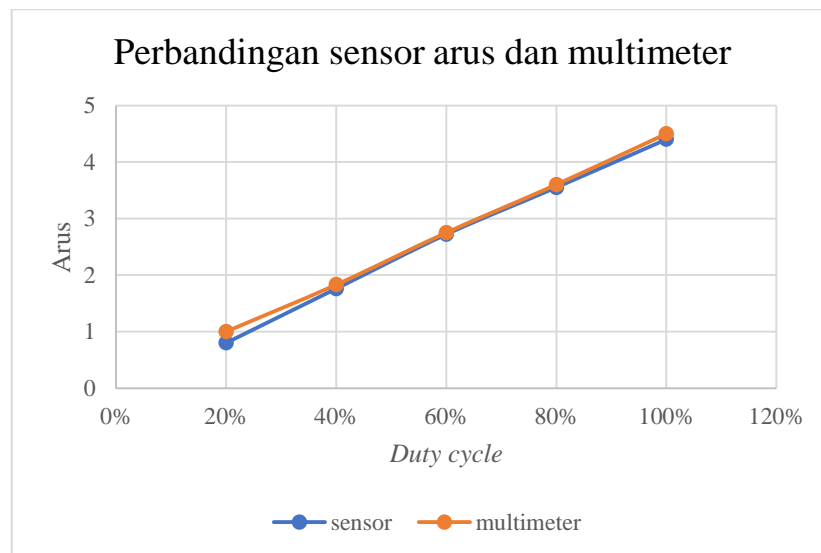
Dari gambar 4.10 dapat dilihat bahwa *duty cycle* telah diatur pada posisi 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari sumber sebesar 11,7 V, hambatan  $R1 = 2200 \Omega$  dan hambatan  $R2 = 470 \Omega$ . Penggunaan *duty cycle* untuk mengatur keluaran tegangan, saat *duty cycle* diatur pada pada posisi 20% akan mengeluarkan arus pada sensor 2.4 A , pada posisi 40% akan mengeluarkan arus 4.9 A, pada posisi 60% akan mengeluarkan arus 7.1 A, pada posisi 80% akan mengeluarkan arus 9,8 A dan pada posisi 100% akan mengeluarkan arus 13 A maka semakin besar posisi *duty cycle* maka semakin besar pula arus yang dikeluarkan oleh sensor. Dari hasil pengujian pengukuran sensor INA219 terhadap alat ukur multimeter, dapat dilihat beberapa pembacaan nilai dengan persentase kesalahan dari 0.07% hingga 0.27%. Hal ini disebabkan oleh nilai tegangan sumber yang tidak tetap, kalibrasi sensor INA219 yang kurang tepat namun dengan begitu sensor INA219 ini dapat digunakan dengan semestinya. Hasil dari pengujian Sensor INA219 dapat dilihat pada tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran Sensor INA219

$R1 = 470 \Omega$ ;  $R2 = 2200 \Omega$

No	<i>Duty Cycle</i>	Tegangan <i>Duty Cycle</i> (V)	Arus Sensor (A)	Arus Multimeter (A)	Perhitungan (A)	persentase kesalahan %
1	20%	2,4	0,8	1	0,90	0,20
2	40%	4,8	1,76	1,83	1,80	0,07
3	60%	7,2	2,72	2,75	2,70	0,03
4	80%	9,6	3,55	3,6	3,60	0,05
5	100%	11,7	4,4	4,5	4,38	0,10

Berikut grafik yang dihasilkan dari tabel 4.6



Gambar 4. 11 Grafik tabel 4.6 Sensor INA219

Dari gambar 4.11 dapat dilihat bahwa *duty cycle* telah diatur pada posisi 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari sumber sebesar 11,7 V, hambatan  $R1 = 2200 \Omega$  dan hambatan  $R2 = 470 \Omega$ . Penggunaan *duty cycle* untuk mengatur keluaran

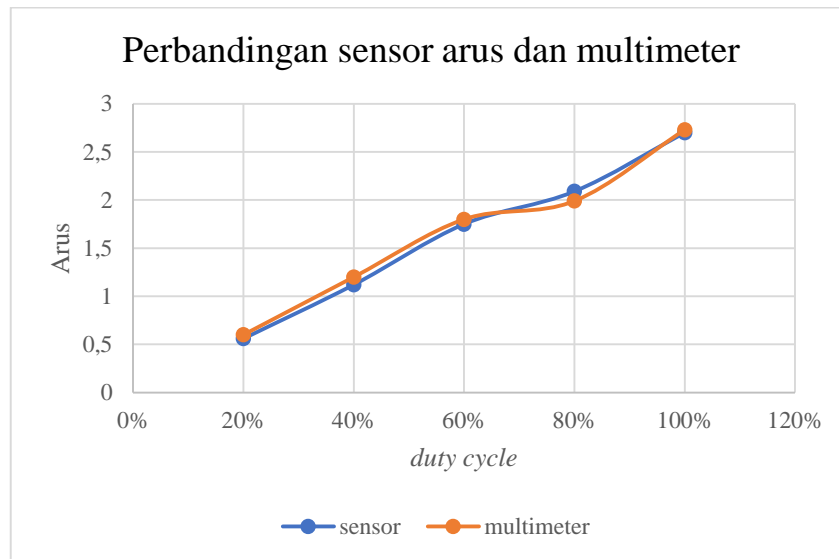
tegangan, saat *duty cycle* diatur pada pada posisi 20% akan mengeluarkan arus pada sensor 0.8 A , pada posisi 40% akan mengeluarkan arus 1.76 A, pada posisi 60% akan mengeluarkan arus 2.72 A, pada posisi 80% akan mengeluarkan arus 3.55 A dan pada posisi 100% akan mengeluarkan arus 4.4 A maka semakin besar posisi *duty cycle* maka semakin besar pula arus yang dikeluarkan oleh sensor. Dari hasil pengujian pengukuran sensor INA219 terhadap alat ukur multimeter, dapat dilihat beberapa pembacaan nilai dengan persentase kesalahan dari 0.03% hingga 0.2%. Hal ini disebabkan oleh nilai tegangan sumber yang tidak tetap, kalibrasi sensor INA219 yang kurang tepat namun dengan begitu sensor INA219 ini dapat digunakan dengan semestinya. Hasil dari pengujian Sensor INA219 dapat dilihat pada tabel 4.7 sebagai berikut :

Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Sensor Arus DC

R1 = 2200  $\Omega$ ; R2 = 2200  $\Omega$

No	<i>Duty cycle</i>	Tegangan <i>Duty Cycle</i> (V)	Arus Sensor (A)	Arus Multimeter (A)	Perhitungan (A)	persentase kesalahan %
1	20%	2,4	0,56	0,6	0,55	0,04
2	40%	4,8	1,12	1,2	1,09	0,08
3	60%	7,2	1,75	1,8	1,64	0,05
4	80%	9,6	2,09	1,99	2,18	0,1
5	100%	11,7	2,7	2,73	2,66	0,03

Berikut grafik yang dihasilkan dari tabel 4.7



Gambar 4. 12 Grafik tabel 4.7 Sensor INA219

Dari gambar 4.12 dapat dilihat bahwa *duty cycle* telah diatur pada posisi 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari sumber sebesar 11,7 V, hambatan  $R1 = 2200 \Omega$  dan hambatan  $R2 = 470 \Omega$ . Penggunaan *duty cycle* untuk mengatur keluaran tegangan, saat *duty cycle* diatur pada pada posisi 20% akan mengeluarkan arus pada sensor 0.56 A, pada posisi 40% akan mengeluarkan arus 1.12 A, pada posisi 60% akan mengeluarkan arus 1. 75 A, pada posisi 80% akan mengeluarkan arus 2.09 A dan pada posisi 100% akan mengeluarkan arus 2.7 A maka semakin besar posisi *duty cycle* maka semakin besar pula arus yang dikeluarkan oleh sensor. Dari hasil pengujian pengukuran sensor INA219 terhadap alat ukur multimeter, dapat dilihat beberapa pembacaan nilai dengan persentase kesalahan dari 0.03% hingga 0.1%. Hal ini disebabkan oleh nilai tegangan sumber yang tidak tetap, kalibrasi sensor INA219 yang kurang tepat namun dengan begitu sensor INA219 ini dapat digunakan dengan semestinya. Berikut adalah gambar dari hasil percobaan sensor INA219 pada gambar 4.13 berikut:





Gambar 4. 13 Hasil Pengujian sensor INA219 terhadap alat ukur multimeter

Dari hasil pengujian terdapat pada gambar 4.13 menunjukkan bahwa sensor INA219 menghasilkan arus dengan kesalahan error kecil. Berikut ini adalah rumus perhitungan sensor secara teori dan rumus perhitungan error pada hasil pengujian sensor INA219 yaitu sebagai berikut. Berikut ini rumus perhitungan sensor secara teori sensor INA219 :

Rumus perhitungan secara teori, dimana :

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

$I_{out}$  = Arus Keluaran

$V_{in}$  = Tegangan Masukan

$R_1, R_2$  = Resistansi

Sedangkan rumus persentase kesalahan, dimana :

$$Error = \frac{\text{pengukuran-perhitungan}}{\text{pengukuran}} \times 100\% \dots\dots\dots(4.4)$$

pengukuran = Arus pada sensor

perhitungan = Arus hasil perhitungan

Berikut contoh perhitungan  $I_{out}$  :

Dik =  $R_1 = 470 \Omega$

$R_2 = 470 \Omega$

$V_{in} = 11.7 \text{ V}$

$$\begin{aligned} \text{Dit} = I_{out} &= \frac{V_{in}}{R_1+R_2} \\ &= \frac{11.7}{470+470} \end{aligned}$$

$$= 0.01244 \text{ A}$$

$$= 12.44 \text{ mA}$$

### 4.3 Sensor Pzem-004t

#### 4.3.1 Pemasangan Sensor Pzem-004t

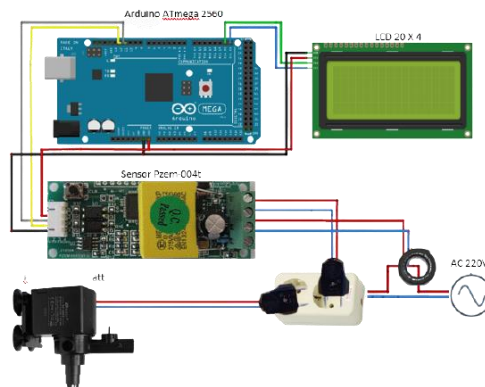
Pada tahap pemasangan Sensor Pzem-004t ini diputuskan dengan membeli modul Sensor Pzem-004t yang sudah jadi dan siap digunakan hal ini tentu dapat meminimalisir waktu dalam proses pengerjaan proyek. Pemasangan Sensor Pzem-004t di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yaitu di ruangan Laboratorium elektronika. Sensor Pzem-004t di buat sesuai dengan perancangan yang telah di konsep sebelumnya. Pemasangan sensor Pzem-004t dapat dilihat pada gambar 4.14 sebagai berikut :



Gambar 4. 14 Pemasangan Sensor Pzem-004t

#### 4.3.2 Pengujian Sensor Pzem-004t

Pengujian berfungsi untuk mengukur : Voltage / Tegangan, Arus, Daya, Frekuensi, Energi dan Power Faktor. Untuk menguji kepresisian alat yang telah dibuat dalam mengukur nilai tegangan, arus, daya, energi dan power factor yang digunakan, maka dibandingkan dengan alat ukur *Kew Kyoritsu Power Quality Analyzer*. Adapun gambar 4.15 skematik sensor Pzem-004t sebagai berikut :



Gambar 4. 15 Skematik Sensor Pzem-004t

Berikut adalah list program pada pengujian Sensor Pzem-004t :

```

#include <PZEM004Tv30.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
/* Use software serial for the PZEM
 * Pin 11 Rx (Connects to the Tx pin on the PZEM)
 * Pin 12 Tx (Connects to the Rx pin on the PZEM)
 */
PZEM004Tv30 pzem(9, 10); // 11 TX 12 RX
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
}
void loop()
{
  float voltage = pzem.voltage();
  if( !isnan(voltage) )
  {
    Serial.print("Voltage: ");
    Serial.print(voltage);
    Serial.print("V"); Serial.print('\t');
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("V: ");
    lcd.print(voltage);
    lcd.print("V");
  }
  else
  {
    Serial.print("Error reading voltage"); Serial.print('\t');
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Error");
  }
}

```

```

float current = pzem.current();
if( !isnan(current) )
{
    Serial.print("Current: ");
    Serial.print(current);
    Serial.print("A"); Serial.print('\t');
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("I: ");
    lcd.print(current);
    lcd.print("A");
}
else
{
    Serial.print("Error reading current"); Serial.print('\t');
    lcd.print("Error");
}
float power = pzem.power();
if( !isnan(power) )
{
    Serial.print("Power: ");
    Serial.print(power);
    Serial.print("W"); Serial.print('\t');
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("P: ");
    lcd.print(power);
    lcd.print("W");
}
else
{
    Serial.print("Error reading power"); Serial.print('\t');
    lcd.print("Error");
}
float energy = pzem.energy();
if( !isnan(energy) )
{
    Serial.print("Energy: ");
    Serial.print(energy,3);
    Serial.print("kWh"); Serial.print('\t');
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("Energy: ");
    lcd.print(energy,3);
    lcd.print("kWh");
}
else
{
    Serial.print("Error reading energy"); Serial.print('\t');
    lcd.print("Error");
}
float frequency = pzem.frequency();
if( !isnan(frequency) )
{
    Serial.print("Frequency: ");
    Serial.print(frequency, 1);
    Serial.print("Hz"); Serial.print('\t');
    lcd.setCursor(11,0);
    lcd.print("F: ");
}

```

```

        lcd.print(frequency, 1);
        lcd.print("Hz");
    }
    else
    {
        Serial.print("Error reading frequency"); Serial.print('\t');
        lcd.print("Error");
    }
    float pf = pzem.pf();
    if( !isnan(pf) )
    {
        Serial.print("PF: ");
        Serial.print(pf); Serial.print('\t');
        lcd.setCursor(11,1);
        lcd.print("PF: ");
        lcd.print(pf);
    }
    else
    {
        Serial.print("Error reading power factor");
        Serial.print('\t');
        lcd.print("Error");
    }
    Serial.println();
    delay(2000);
}
}
}

```

Hasil dari pengujian Sensor Pzem-004t dapat dilihat pada tabel 4.8 Berikut :

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Sensor Pzem-004t

Pengujian	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Power Faktor
Alat Ukur Sensor	213	230.2	2.186	0.42
Pzem-004t	215.5	230.1	2.14	0.44

Berikut pada gambar 4.16 dari hasil percobaan Sensor Pzem-004t terhadap alat ukur *Kew Kyoritsu Power Quality Analyze* :



Gambar 4. 16 Hasil pengujian Sensor Pzem-004t terhadap alat ukur

Dari hasil pengujian terdapat pada gambar 4.16 menunjukkan bahwa Sensor Pzem-004t didapatkan nilai tegangan 230.1 V dan pada alat ukur 230.2 V terdapat selisih 0.04%, pada arus sensor Pzem-004t mendapat nilai 2.14 A dan pada alat ukur 2.186 A, pada daya sensor Pzem-004t mendapat nilai 215.5 Watt dan pada alat ukur 213 Watt hal ini dikarenakan teknik penyambungan kabel yang kurang baik sehingga menyebabkan turun naiknya tegangan, arus, daya serta energi yang terukur tetapi masih bisa digunakan dengan semestinya. Berikut ini adalah Perhitungan persentase *error* tegangan, arus, daya dan power faktor pada hasil pengujian sebagai berikut:

Rumus perhitungan *error*, dimana :

$$error = \frac{\text{alat ukur} - \text{sensor}}{\text{alat ukur}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4.5)$$

Error = Selisih persentase *error*

Alat ukur = Pengukuran alat ukur *Kew Kyoritsu Power Quality Analyze*

Sensor = Pengukuran Sensor Pzem-004t

Perhitungan persentase *error* pada tabel 4.8 Pengujian sensor Pzem-004t terhadap alat ukur *Kew Kyoritsu Power Quality Analyze* sebagai berikut:

- Persentase *error* daya =  $\frac{213 - 215.5}{213} \times 100\%$   
= 1.17%
- Persentase *error* arus =  $\frac{2.186 - 2.14}{2.186} \times 100\%$   
= 2.1%

- Persentase *error* tegangan  $= \frac{230.2-230.1}{230.2} \times 100 \%$   
 $= 0.04\%$
- Persentase *error* power factor  $= \frac{0.423-0.44}{0.423} \times 100 \%$   
 $= 0.7\%$

#### 4.4 Sensor LM35

##### 4.4.1 Pemasangan Sensor LM35

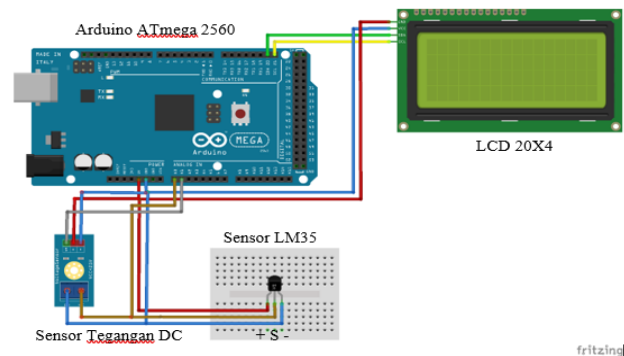
Pada tahap pemasangan Sensor LM35 ini diputuskan dengan membeli modul Sensor LM35 yang sudah jadi dan siap digunakan hal ini tentu dapat meminimalisir waktu dalam proses pengerjaan proyek. Pemasangan sensor LM35 di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yaitu di ruangan Laboratorium elektronika. Sensor LM35 di buat sesuai dengan perancangan yang telah di konsep sebelumnya. Pemasangan sensor LM35 dapat dilihat pada gambar 4.17 sebagai berikut :



Gambar 4. 17 Pemasangan Sensor LM35

##### 4.4.2 Pengujian Sensor LM35

Pengujian berfungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Untuk menguji kepresisian alat yang telah dibuat dalam mengukur suhu maka dibandingkan dengan alat ukur. Adapun gambar 4.18 skematik sensor LM35 sebagai berikut :



Gambar 4. 18 Skematik Sensor LM35

Berikut adalah list program pada pengujian Sensor LM35 :

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
// Memanggil library LCD
int nilaiAnalog; // Variabel untuk menyimpan hasil pembacaan analog
int pinSensor = A1; // Variabel untuk PIN analog yang disambungkan
ke sensor
float volts; // Variabel untuk menyimpan hasil dalam satuan Volts
float suhuCelsius; // Variabel untuk menyimpan nilai suhu dalam
satuan Celsius
//LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); // Mengatur alamat LCD dan
dimensi LCD, yaitu 16 kolom dan 2 baris
void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Komunikasi serial dengan baud 9600
  // Memulai LCD
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
}
void loop()
{
  nilaiAnalog = analogRead(pinSensor); // Membaca nilai analog dari
PIN sensor
  volts = nilaiAnalog/1024.0*5000; // Merubah nilai analog menjadi
skala 10 Bit ADC
  // Membagi angka voltase yang telah dirubah menjadi mili volts
dengan angka 10
  suhuCelsius = volts/10;
  // Hasil pembacaan disajikan melalui Serial Monitor
  Serial.print("Suhu Celsius : ");
  Serial.print(suhuCelsius);
  Serial.println("°C ");
  // Hasil pembacaan disajikan melalui LCD 16x2 I2C
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Suhu Celcius:");
  lcd.print(suhuCelsius);
  lcd.print("C ");
  delay(1000);}

```

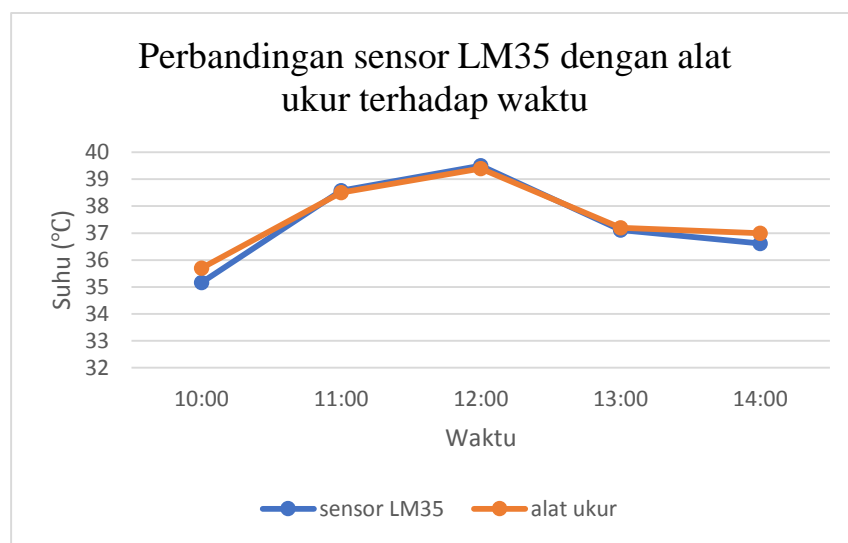


Hasil pengujian Sensor LM35 dapat dilihat pada tabel 4.9 sebagai berikut:

Tabel 4.9 Hasil Pengukuran Sensor LM35

Waktu	Tegangan Sensor (V)	Suhu Sensor (°C)	Alat Ukur (°C)	Error %
10:00	0.33	35.16	35.7	1.51
11:00	0.34	38.57	38.5	0.18
12:00	0.37	39.5	39.4	0.25
13:00	0.35	37.11	37.2	0.24
14:00	0.36	36.62	37	1.03

Berikut grafik tabel 4.9 dapat dilihat pada gambar 4.19 :



Gambar 4. 19 Grafik tabel 4.9 sensor LM35

Dari gambar 4.19 hasil uji coba sensor LM35 terhadap alat ukur thermometer pengujian ini dilakukan dengan meletakkan sensor dan alat ukur diatas permukaan panel surya. Setiap tahap pengujian dilakukan setiap 1 jam sekali. Hasil uji coba sensor LM35 terhadap alat ukur maka didapat hasil bahwa persentase error dari pada jam 10:00 sensor LM35 menghasilkan suhu 35.16°C dan suhu yang dikeluarkan alat ukur sebesar 35.7°C sehingga mendapat selisih error sebesar 1,51%, pada jam 11:00 sensor LM35 menghasilkan suhu 38.57°C dan suhu yang dikeluarkan

alat ukur sebesar 38,5°C sehingga mendapat selisih error sebesar 0.18%, pada jam 12:00 sensor LM35 menghasilkan suhu 39.5°C dan suhu yang dikeluarkan alat ukur sebesar 39.4°C sehingga mendapat selisih error sebesar 0.25%, pada jam 13:00 sensor LM35 menghasilkan suhu 37,11°C dan suhu yang dikeluarkan alat ukur sebesar 37,2°C sehingga mendapat selisih error sebesar 0.24%, pada jam 14:00 sensor LM35 menghasilkan suhu 36.62°C dan suhu yang dikeluarkan alat ukur sebesar 37°C sehingga mendapat selisih error sebesar 1,03%, dengan selisih error dari 0.18% hingga 1.15% hal ini di sebabkan kondisi cuaca yang berubah-ubah serta peletakan sensor LM35 dan alat ukur yang tidak diposisi yang sama tetapi dengan sensor suhu LM35 tetap bisa digunakan dengan semestinya. Berikut adalah gambar dari hasil percobaan Sensor LM35 terhadap alat ukur *Thermometer* digital dapat dilihat pada gambar 4.20:



Gambar 4. 20 Hasil pengujian Sensor LM35 terhadap *Thermometer* digital

Dari hasil pengujian terdapat pada gambar 4.20 menunjukkan bahwa Sensor LM35 yang diperoleh terdapat *range* atau selisih pada alat ukur dan sensor. Untuk melihat besarnya selisih yang didapat pada sensor dan alat ukur. Berikut ini adalah Perhitungan persentase *error* suhu sebagai berikut :

Rumus perhitungan *error*, dimana:

$$error = \frac{\text{alat ukur} - \text{sensor}}{\text{alat ukur}} \times 100\% \dots\dots\dots(4.6)$$

Error = Selisih persentase *error*

Alat ukur = Pengukuran alat ukur *Thermometer* digital

Sensor = Pengukuran Sensor LM35

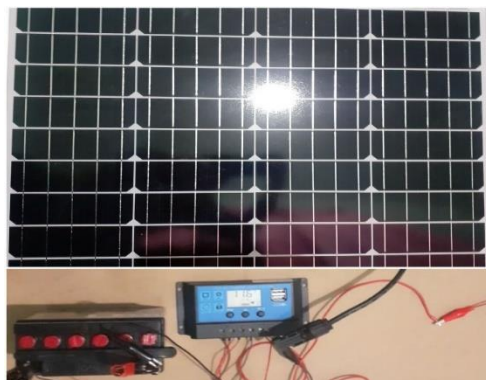
Perhitungan persentase error pada tabel 4.9 Pengujian sensor LM35 terhadap alat ukur *Thermometer* digital sebagai berikut :

- Persentase *error* pukul 10:00  $= \frac{35.7-35.16}{35.7} \times 100 \%$   
 $= 1.51\%$
- Persentase *error* pukul 11:00  $= \frac{38.5-38.57}{38.5} \times 100 \%$   
 $= 0.18\%$
- Persentase *error* pukul 12:00  $= \frac{39.4-39.5}{39.4} \times 100 \%$   
 $= 0.25\%$
- Persentase *error* pukul 13:00  $= \frac{37.11-37.2}{37.11} \times 100 \%$   
 $= 0.24\%$
- Persentase *error* pukul 14:00  $= \frac{37-36.62}{37} \times 100 \%$   
 $= 1.03\%$

## 4.5 Panel Surya

### 4.5.1 Pemasangan Panel Surya

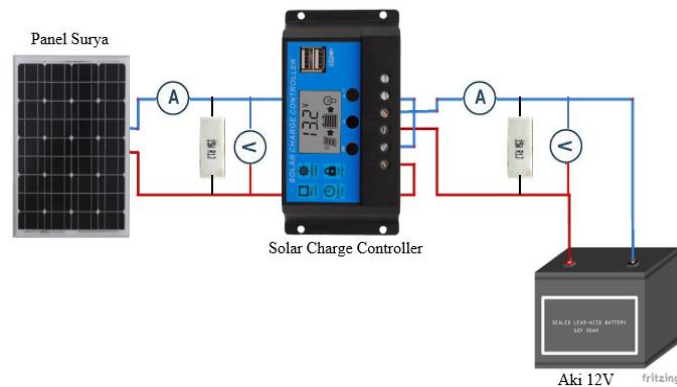
Pada tahap pemasangan panel surya ini diputuskan dengan membeli modul panel surya yang sudah jadi dan siap digunakan. Pemasangan panel surya di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yaitu di ruangan Laboratorium elektronika. Panel Surya di buat sesuai dengan perancangan yang telah di konsep sebelumnya. Pemasangan panel surya dapat dilihat pada gambar 4.21 sebagai berikut :



Gambar 4. 21 Pemasangan panel surya

#### 4.5.2 Pengujian Panel Surya

Pengujian berfungsi untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan sebagai kebutuhan kehidupan sehari-hari. Penyesuaian panel surya sangat mempengaruhi permukaan panel mendapatkan nilai optimal saat siang hari. Dimana sudut optimal yang diperoleh merupakan nilai optimal, yang berarti matahari tegak lurus terhadap panel surya saat matahari pada posisi maksimum. Adapun skematik pengujian panel dapat dilihat pada gambar 4.22 sebagai berikut :



Gambar 4. 22 Skematik pengujian panel surya

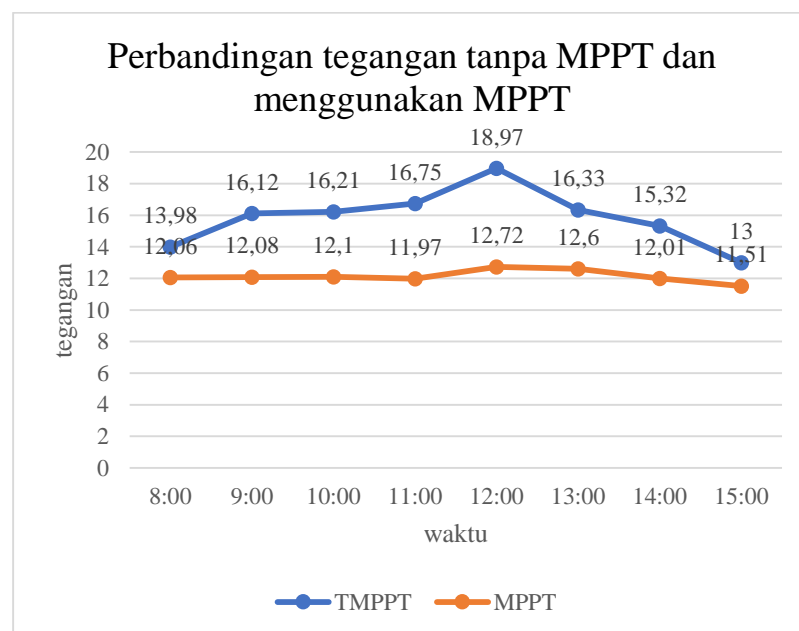
Berikut ini hasil data pengukuran Panel Surya dan juga menggunakan beban yang berbeda-beda seperti 12  $\Omega$  dan 15  $\Omega$  dapat dilihat pada tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4. 10 Data hasil pengukuran panel surya

Waktu	Beban (ohm)	Tegangan (V)		Arus (A)		Daya (Watt)		°C
		Tanpa MPPT	MPPT	Tanpa MPPT	MPPT	Tanpa MPPT	MPPT	
08:00	12	13,98	12,06	1,78	1,1	24,9	13,3	35,8
	15	15,74	12,3	1,63	1,08	25,7	13,3	
09:00	12	16,12	12,08	1,73	1,05	27,9	12,7	36,3
	15	16,52	12,45	1,77	1,06	29,2	13,2	
10:00	12	16,21	12,1	1,74	1,02	28,2	12,3	38
	15	16,62	12,45	1,77	1,08	29,4	13,4	
11:00	12	16,75	11,97	1,8	0,96	30,2	11,5	39,3

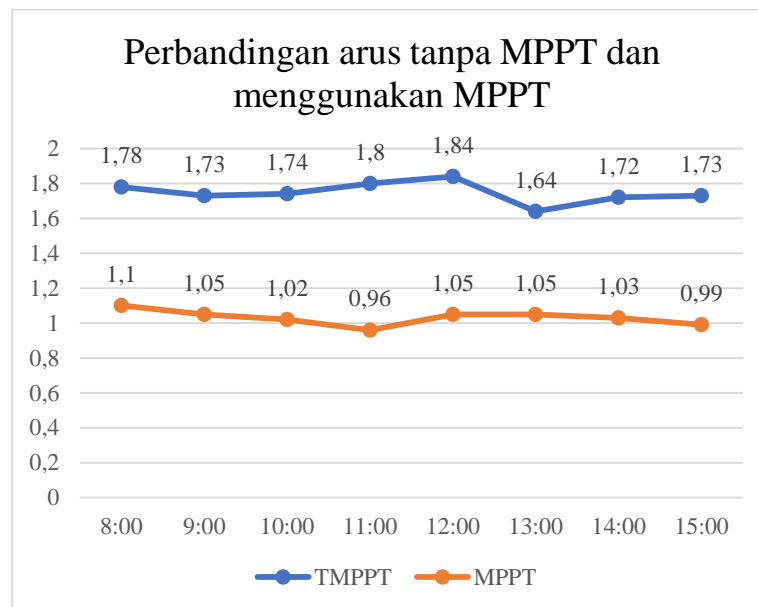
	15	16,92	12,46	1,64	1,08	27,7	13,5	
12:00	12	18,97	12,72	1,84	1,05	34,9	13,4	41,2
	15	19,64	12,83	1,92	1,09	37,7	14,0	
13:00	12	16,33	12,6	1,64	1,05	26,8	13,2	39,8
	15	17,2	12,77	1,8	1,06	31,0	13,5	
14:00	12	15,32	12,01	1,72	1,03	26,4	12,4	36,8
	15	15,77	12,15	1,64	1	25,9	12,2	
15:00	12	13	11,51	1,73	0,99	22,5	11,4	36
	15	13,56	11,57	1,66	0,96	22,5	11,1	
Rata-Rata		15,84	12,13	1,75	1,03	27,7	12,5	

Dari tabel 4.10 data menunjukkan hasil data nilai tegangan, arus dan daya yang didapatkan dalam satu hari dengan menggunakan MPPT dan tanpa menggunakan MPPT. Berikut grafik tegangan sesuai data tabel 4.10 diatas :



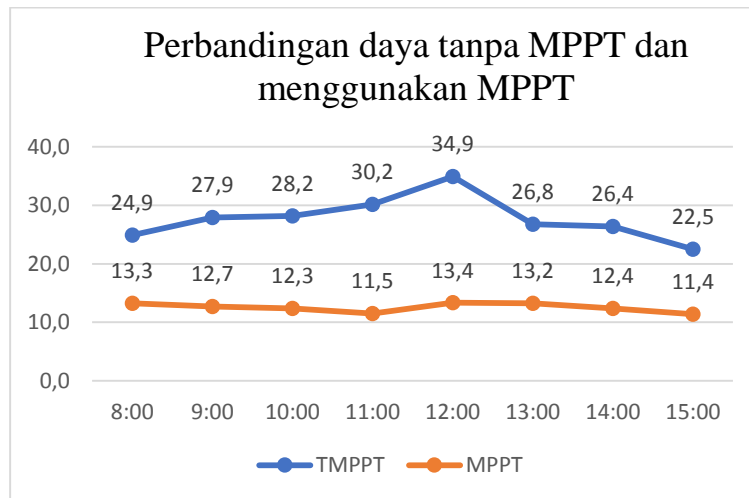
Gambar 4. 23 Grafik tegangan terhadap waktu dengan beban 12  $\Omega$

Dari gambar 4.23 dapat dilihat bahwa pengujian dimulai dari pukul 08:00 WIB hingga pukul 15:00 WIB. Tegangan maksimal dihasilkan pada jam 12 tanpa menggunakan MPPT sebesar 18.97 V dan menggunakan MPPT sebesar 12.72 V. Tegangan tanpa menggunakan MPPT dengan menggunakan beban 12  $\Omega$  diukur menggunakan multimeter menghasilkan tegangan yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan MPPT selain itu tegangan yang dihasil MPPT relative lebih konstan. Sehingga tidak akan merusak baterai saat pengecasan. Berikut grafik arus sesuai data tabel 4.10 diatas :



Gambar 4. 24 Grafik arus terhadap waktu dengan beban 12  $\Omega$

Dari gambar 4.24 dapat dilihat bahwa pengujian dimulai dari pukul 08:00 WIB hingga pukul 15:00 WIB. Pada data dapat dilihat bahwa arus yang dihasilkan lebih stabil baik tanpa MPPT maupun dengan menggunakan MPPT dengan menggunakan beban 12  $\Omega$ . Hanya saja jika menggunakan MPPT nilai arus lebih kecil dengan rata-rata 1.03 A dan tanpa MPPT menghasilkan arus dengan rata-rata 1.75 A. Kapasitas arus ini masih dapat diterima oleh baterai dengan kapasitas baterai 12 Volt 15Ah. Berikut grafik daya sesuai data tabel 4.10 diatas :



Gambar 4. 25 Grafik daya terhadap waktu dengan beban 12  $\Omega$

Dari gambar 4.25 dapat dilihat bahwa pengambilan data daya berada pada nilai maksimum ketika jam 12.00 WIB siang saat intensitas cahaya matahari tinggi dan dapat dilihat bahwa data pengukuran menggunakan MPPT memiliki data relative stabil dibandingkan dengan pengukuran tanpa MPPT, daya rata-rata yang dihasilkan tanpa menggunakan MPPT sebesar 27.7 Watt dan daya yang dihasilkan menggunakan MPPT sebesar 12.5 Watt. Penggunaan MPPT ini untuk mengatasi perubahan daya drastis karena intensitas cahaya.

Dari tabel 4.10 didapatkan Analisa bahwa tegangan, arus dan daya menggunakan MPPT lebih stabil walaupun terhadap perubahan cuaca secara drastis hal ini sesuai dengan tujuan pemakaian MPPT yaitu sebagai alat pengatur tegangan aki agar tidak melampaui batas toleransi dayanya. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa MPPT dapat berfungsi dengan baik dan dapat digunakan dengan semestinya.

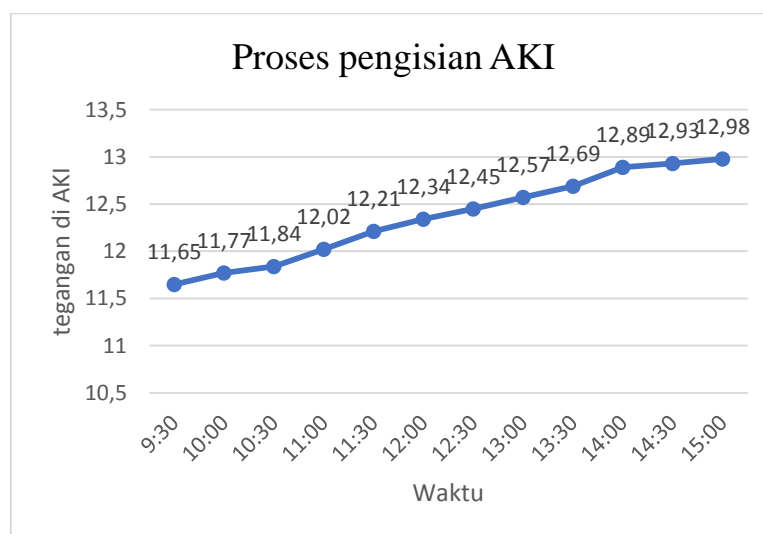
#### 4.6 Pengujian Proses Pengisian Baterai dengan Panel Surya berkapasitas 50Wp

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar potensi energi surya yang digunakan untuk proses pengisian baterai berkapasitas 15Ah menggunakan panel surya 50Wp. Pengukuran Proses Pengisian Baterai Menggunakan Panel Surya 50Wp. Proses pengisian baterai dapat dilihat pada tabel 4.11 sebagai berikut.

Tabel 4. 11 Data proses pengisian baterai

Waktu Pengecekan	Tegangan ( V )		Arus (A)	Daya (Watt)	Kondisi AKI
	Sebelum MPPT	Sesudah MPPT			
09:30	15.75	11.98	0.94	11.26	11.65
10:00	16.21	12.1	1.02	12.34	11.77
10:30	16.56	12.03	0.99	11.91	11.84
11:00	18.67	11.98	0.96	11.50	12.02
11:30	17.93	12.57	1.08	13.58	12.21
12:00	19.64	12.72	1.05	13.36	12.34
12:30	18.72	12.79	1.09	13.94	12.45
13:00	18.48	12.6	1.05	13.23	12.57
13:30	17.2	12.46	1.02	12.71	12.69
14:00	15.32	12.11	1.03	12.47	12.89
14:30	14.87	12.15	1.06	12.88	12.93
15:00	14.68	12.04	1.01	12.16	12.98
Total Rata-rata	17.00	12.29	1.03		

Berikut grafik proses pengisian AKI sesuai data tabel 4.11 diatas :



Gambar 4. 26 Grafik pengisian AKI terhadap waktu



Pada gambar 4.26 ini Baterai yang digunakan berkapasitas 15Ah. Saat kondisi baru (belum terpakai) baterai ini memiliki tegangan baterai sebesar 12.98 V dengan State of Charge (SOC) baterai sebesar 100% dan setelah digunakan sampai DOD sebesar 80% baterai ini memiliki tegangan sebesar 11,65V. Dari data yang diperoleh pada proses pengisian baterai menggunakan panel surya berkapasitas 50Wp saat kondisi cuaca cerah didapat nilai arus rata-rata sebesar 1,03A dan tegangan keluaran panel surya sebelum MPPT rata-rata sebesar 17 V dan tegangan keluaran sesudah MPPT rata-rata 12,29 V. Pada tabel pengukuran proses pengisian dapat dilihat bahwa daya yang masuk ke AKI mengalami penaikan sesuai dengan penaikan tegangan pada AKI, dimana pada jam 15:00 tegangan baterai sebesar 13,0Vdc dan SOC baterai sebesar 100%.

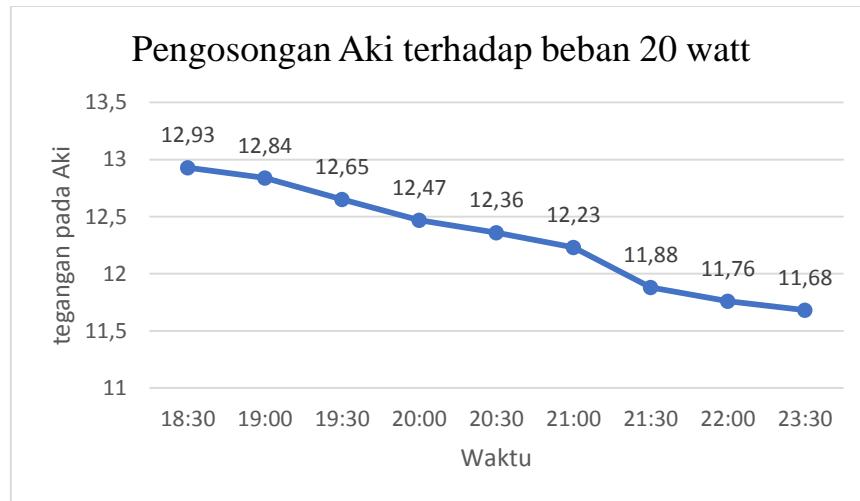
#### **4.7 Pengujian Proses Pengosongan Baterai dengan beban pompa berkapasitas 20 Watt**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa lama pemakaian aki terhadap beban 20 Watt yang digunakan untuk proses pengosongan baterai berkapasitas 15Ah. Pengukuran proses pengosongan baterai dapat dilihat pada tabel 4.12 sebagai berikut.

Tabel 4. 12 Data proses pengosongan baterai

Waktu Pengecekan	Arus	Pengosongan Aki
18:30	0.97	12.93
19:00	0.95	12.84
19:30	0.99	12.65
20:00	0.96	12.47
20:30	0.93	12.36
21:00	0.94	12.23
21:30	0.94	11.88
22:00	0.95	11.76
23:30	0.97	11.68

Berikut grafik pengosongan AKI sesuai data tabel 4.12 diatas :



Gambar 4. 27 Grafik pengosongan tegangan AKI terhadap waktu

Pada gambar 4.27 ini Baterai yang digunakan berkapasitas 15Ah. Saat kondisi baru (belum terpakai) baterai ini memiliki tegangan baterai sebesar 12.93 V dengan State of Charge (SOC) baterai sebesar 100% dan setelah digunakan sampai DOD sebesar 80% baterai ini memiliki tegangan sebesar 11,68V. Dari data yang diperoleh pada proses pengosongan baterai menggunakan beban pompa 20 Watt. Pada tabel pengukuran proses pengosongan dapat dilihat bahwa tegangan yang keluar dari AKI ke beban mengalami penurunan dimana pada saat jam 23:30 tegangan baterai sebesar 11,68 Vdc dan baterai tidak dapat digunakan lagi sehingga dilakukan pengecasan kembali.

#### 4.8 Uji Coba Alat

Pengujian alat dapat dilakukan setelah semua sistem kontrol selesai dikerjakan dan telah terpasang pada kontruksi sistem hidroponik. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan berapa penghematan pemakaian daya dan biaya yang dipakai sistem kontrol dengan pemakaian daya dan biaya pada pompa AC. pengujian yang dilakukan antara lain sebagai berikut.

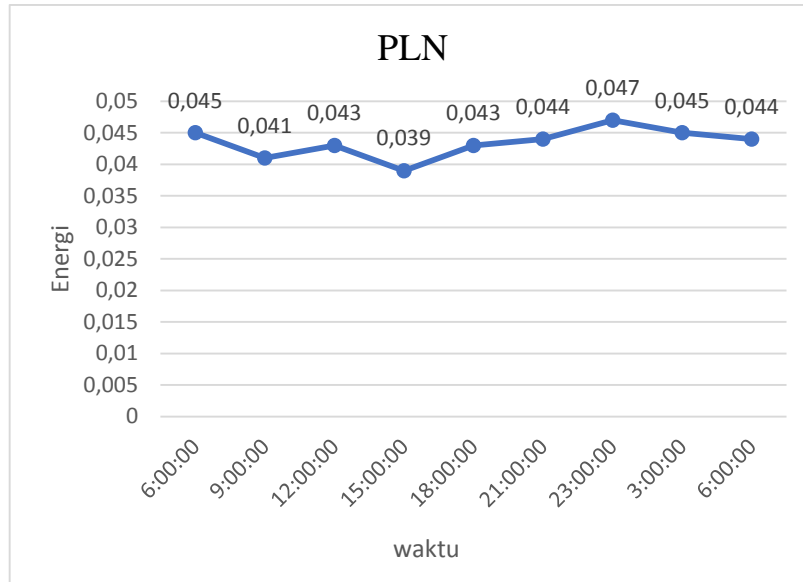
#### 4.8.1 Pengambilan data pemakaian Pompa AC dengan PLN selama 24 jam

Pengambilan data pemakaian daya dari pompa AC dengan daya 20 watt. Pengambilan data ini untuk mendapatkan nilai tegangan, arus, daya dan biaya. Data diambil setiap satu jam selama 24 jam dengan menggunakan sumber PLN dengan perbandingan 2:1 sehingga pompa akan hidup setiap 2 jam sekali, selama 1 jam. Berikut ini tabel dari pemakaian tegangan, arus, daya dan energi dari pompa AC yang dapat dilihat pada tabel 4.13 sebagai berikut :

Tabel 4. 13 Data pemakaian pompa AC selama satu hari dari PLN

Durasi Waktu	Tegangan ( V )	Arus ( mA )	Daya ( Watt )	Energy (Kwh)
05:00 - 06:00	232.1	0.14	16.7	0.045
08:00 - 09:00	231.8	0.13	15.7	0.041
11:00 - 12:00	232.1	0.13	15.8	0.043
14:00 - 15:00	232.5	0.13	15.7	0.039
17:00 - 18:00	231.7	0.13	15.8	0.043
20:00 - 21:00	233.3	0.14	15.7	0.044
22:00 - 23:00	234.6	0.14	15.8	0.047
02:00 - 03:00	235.2	0.13	15.7	0.045
05:00 - 06:00	229.2	0.13	15.8	0.044
Total Pemakaian			143	0.391

Berikut grafik yang dihasilkan dari tabel 4.13



Gambar 4. 28 Grafik tabel 4.12

Pada gambar 4.28 dapat dilihat bahwa pengujian menggunakan PLN berlangsung selama 24 jam dengan perbandingan 2:1 sehingga pompa akan hidup setiap 2 jam sekali, selama 1 jam, maka didapatkan penggunaan pompa selama hanya 9 jam pemakaian. Pada pengujian ini menggunakan beban pompa AC sebesar 20 Watt. Energi(KWH) yang dihasilkan dalam sehari sebesar 0.391 KWH dengan rata-rata setiap pemakaian perjam sebesar 0.043 KWH.

Berikut ini adalah Perhitungan biaya per-KWH sebagai berikut:

Rumus perhitungan *error*, dimana:

$$Biaya = energi \times harga KWH \dots\dots\dots(4.7)$$

Biaya = Tarif listrik yang dikeluarkan

Energi = Jumlah kwh yang terukur pada pada alat ukur

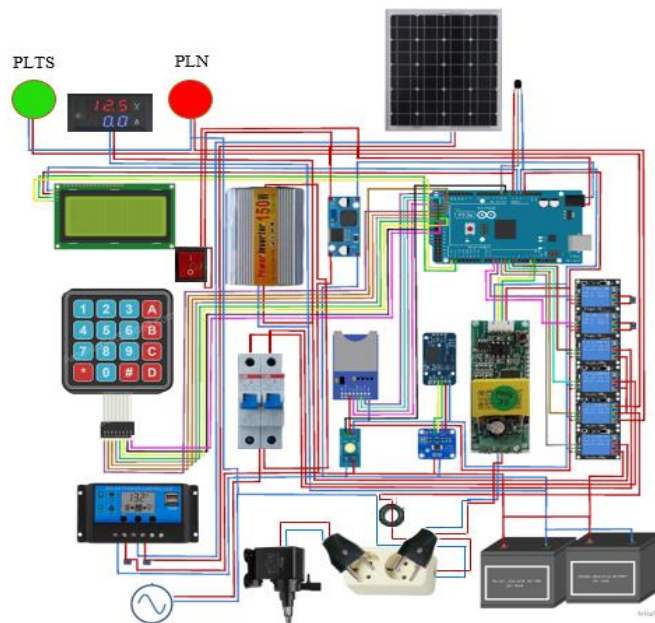
Harga KWH = Biaya listrik 1 KWH

Perhitungan biaya pada tabel 4.12 Uji coba pompa AC selama 24 jam terhadap beban 20 watt sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Penggunaan biaya selama 24 jam} &= 0.391 \times 1.352/\text{kwh} \\ &= \text{Rp } 528.6 \end{aligned}$$

#### 4.8.2 Pengambilan data pemakaian pompa AC dengan sistem kontrol

Pengambilan data pemakaian daya dari pompa AC dengan daya 20 watt menggunakan sistem kontrol *hybrid*. Pengambilan data ini untuk mendapatkan nilai tegangan, arus, daya dan biaya. Data diambil setiap satu jam selama 24 jam dengan menggunakan PLN dan AKI dengan pengambilan data 2:1 dimana setiap 2 jam sekali pompa akan menyala, maka didapatkan penggunaan pompa selama 9 jam pemakaian. Dengan sistem kontrol hybrid ini, maka PLTS akan berganti ke PLN secara otomatis ketika baterai (AKI) sudah dibawah tegangan 11.7 V, dan akan berganti dari PLN akan berganti ke PLTS ketika tegangan baterai (AKI) sudah mencapai 13 V. Waktu untuk pengecasan AKI selama 5-6 jam pada siang hari, sistem hybrid berjalan dengan penggunaan siang hari menggunakan PLN dan pada malam hari menggunakan AKI. Berikut Skematik menggunakan sistem kontrol hybrid pada gambar 4.29 :



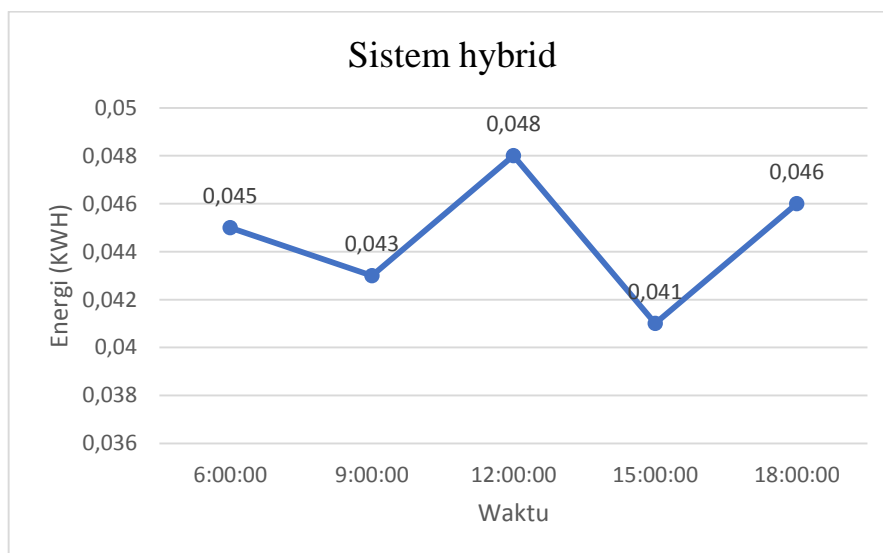
Gambar 4. 29 Skematik menggunakan sistem hybrid

Berikut ini tabel dari pemakaian tegangan, arus, daya dan energy dari pompa AC yang dapat dilihat pada tabel 4.14 sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Data pemakaian pompa AC sistem hybrid

	Durasi Waktu	Tegangan ( V )	Arus ( mA )	Daya ( Watt )	Energy ( Kwh )
PLN	05:00 - 06:00	232.1	0.14	16.7	0.045
	08:00 - 09:00	231.9	0.13	15.8	0.043
	11:00 - 12:00	232.5	0.13	15.8	0.048
	14:00 - 15:00	232.1	0.13	15.8	0.041
	17:00 - 18:00	232.3	0.13	15.8	0.046
Total Pemakaian				79.9	0.223
AKI	20:00 - 21:00	214.3	0.17	16.2	0.048
	22:00 - 23:00	214.7	0.19	20.4	0.051
	02:00 - 03:00	214.7	0.19	20.9	0.046
	05:00 - :06:00	215.7	0.16	15.6	0.047
Total Pemakaian				73.1	0.192

Berikut grafik yang dihasilkan dari tabel 4.14



Gambar 4. 30 Grafik pemakaian daya terhadap waktu pada pompa AC

Pada gambar 4.30 dapat dilihat bahwa pengujian menggunakan sistem berlangsung selama 24 jam. dengan perbandingan 2:1 jadi pompa menyala selama 1 jam maka setelah itu pompa akan berhenti selama 2 jam, maka didapatkan total dalam satu hari pompa bekerja selama 9 jam sehingga mendapatkan pembagian penggunaan PLN selama 5 jam yaitu dari pukul 06:00 WIB hingga pukul 17:00 WIB dan PLTS selama 4 jam yaitu dari pukul 18:00 WIB hingga pukul 05:00 WIB, penggunaan PLN selama 5 jam ini menghasilkan energi (KWH) sebesar 223 KWH, dengan rata-rata setiap pemakaian perjam sebesar 0.043 KWH. Penggunaan AKI selama 4 jam ini disebabkan pada inverter memiliki tegangan drop sebesar 11,77 V dengan tegangan maksimal AKI sebesar 13 V. Dengan perhitungan kapasitas pemakaian AKI pada inverter sebagai berikut :

$$\text{daya efektif} = \text{tegangan AKI} - \text{tegangan drop AKI} \dots\dots\dots(4.6)$$

Dimana :

$$\text{Tegangan AKI} = 13\text{V}$$

$$\text{Tegangan drop AKI} = 11.7\text{V}$$

Berikut perhitungan daya efektif pada AKI :

- Daya efektif = 13 V - 11.7 V  
= 1.3 V

Sehingga pada saat AKI dalam kondisi penuh tegangan maksimal AKI yakni 13V kemudian AKI dapat digunakan dalam pemakaian sampai batas tegangan drop inverter 11.7V, dimana AKI hanya dapat digunakan sebanyak 1.3V tegangan ini dapat mensuplay pompa selama 4 jam dalam penguanaan sistem kontrol hybrid, ini merupakan suatu kendala dalam sistem hybrid ini. Dimana secara perhitungan seharusnya AKI mampu mensuplay pompa selama 7,2 jam dengan tegangan minimal mampu hingga 10,4V. Berikut pemakaian AKI secara perhitungan maka di dapat :

Perhitungan pemakaian AKI

Kapasitas AKI 15Ah

$$= 12\text{V} \times 15\text{Ah}$$

$$= 180 \text{ Watt}$$

$$= 180 \text{ watt} \times 80\%$$

$$= 144 : 20 \text{ Watt}$$

$$= 7.2 \text{ jam}$$

Full penggunaan AKI

$$V(\text{AKI}) = 13\text{V} \times 80\% = 10,4\text{V}$$

Dalam penggunaan sistem pembangkit tenaga hybrid ini menggunakan AKI 12V/15aH, dimana untuk mendapatkan daya AKI maka tegangan 12V dikalikan kapasitas Aki 15aH di dapat daya sebesar 180 watt, untuk mecegah kerusakan maka AKI dibatasi pemakaian sebesar 80% didapat daya sebesar 144 watt dengan tegangan minimal terpakai hingga 10,4V, untuk mendapatkan lamanya kapasitas AKI waktu pemakaian pada pompa maka daya 144 watt dibagi dengan beban pada pompa sebesar 20 watt didapat lamanya waktu pemakaian pada sistem hybrid selama 7,2 jam. Berikut perhitungan pemakaian biaya dengan sistem kontrol *hybrid*:

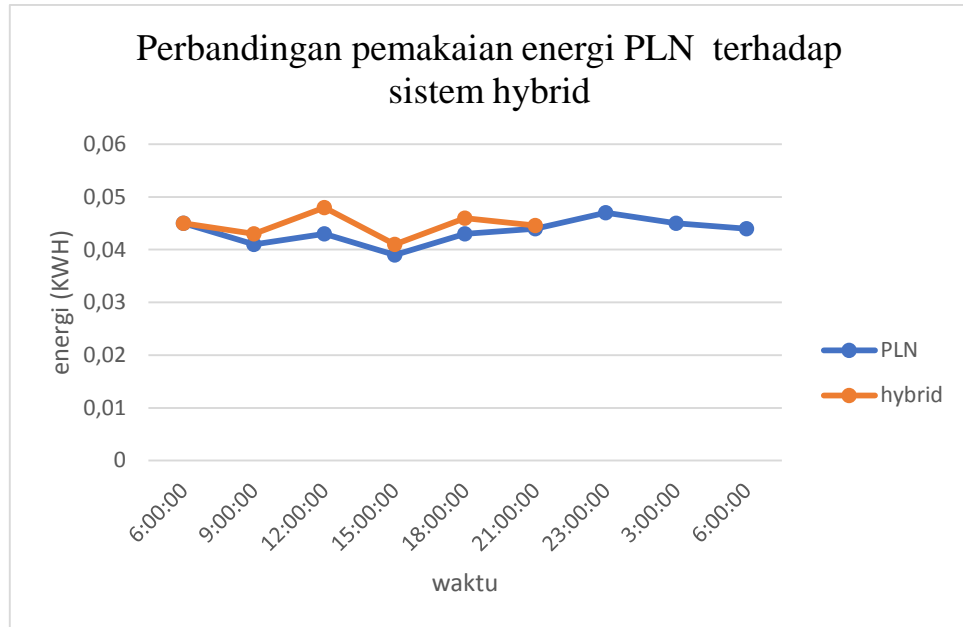
$$\begin{aligned} \text{Penggunaan biaya 24 jam} &= 0.223 \times 1.352/\text{kwh} \\ &= \text{Rp } 315,00 \end{aligned}$$

Dari sistem kontrol yang dibuat membutuhkan 5-6 jam pengecasan aki pada siang hari untuk 4 jam pemakaian aki diwaktu malam hari. Berikut perbandingan *persentase* pemakaian biaya pada pompa AC dengan menggunakan PLN terhadap sistem kontrol *hybrid* selama 24 jam.

- Total penggunaan KWH selama 24 jam menggunakan PLN dengan beban 20 Watt (tabel 4.11) = 0.391 KWH
- Total penggunaan KWH selama 24 jam menggunakan sistem *hybrid* dengan beban 20 Watt (tabel 4.12) = 0.223 KWH



Berikut grafik yang hasil perbandingan tabel 4.13 dan 4.14



Gambar 4. 31 Grafik perbandingan pemakaian energi

Pada gambar 4.31 dapat dilihat bahwa sistem hybrid dapat mengurangi penggunaan PLN dalam pemakaian 24 jam. Pada sistem hybrid penggunaan PLN dari jam 06:00 hingga jam 18:00 s.

Berikut perhitungan *persentase* penghematan daya yang didapat.

$$\text{Penghematan daya} = \left| \frac{\text{PLN}-\text{sistem hybrid}}{\text{PLN}} \right| \times 100 \%$$

$$\text{Penghematan daya} = \left| \frac{0,391-0,223}{0,391} \right| \times 100 \%$$

$$\text{Penghematan daya} = 42.96\%$$

Jadi, pengecasan aki dengan sistem kontrol yang kami gunakan dapat menghemat daya sebanyak 42.96% dengan selisih daya 0,168 KWH. Berikut perbandingan *persentase* penghematan biaya yang digunakan selama 24 jam:

- Total penggunaan biaya selama 24 jam dengan PLN (tabel 4.13)  
= Rp 528.60
- Total penggunaan biaya selama 24 jam dengan sistem *hybrid* (tabel 4.14)  
= Rp 315,00

Berikut perbandingan *persentase* penghematan biaya yang digunakan selama satu bulan :

Pemakaian sebulan = biaya perhari  $\times$  30 *hari*

- Pemakaian menggunakan PLN = Rp 528.6 x 30 hari  
= Rp 15.858,00
- Pemakaian menggunakan sistem *hybrid* = Rp 315 x 30 hari  
= Rp 9.450,00

Berikut perhitungan *persentase* penghematan biaya selama 30 hari yang didapat.

$$\text{Penghematan biaya} = \left| \frac{\text{Biaya PLN} - \text{Biaya sistem hybrid}}{\text{Biaya PLN}} \right| \times 100\%$$

$$\text{Penghematan biaya} = \left| \frac{15.858 - 9.450}{15.858} \right| \times 100\%$$

$$\text{Penghematan biaya} = 40.4\%$$

Jadi dari data yang didapat dan perhitungan menunjukkan bahwa sistem *hybrid* pada pompa air untuk tanaman hidroponik dapat menghemat biaya dan penggunaan energi listrik sebesar 40.4% selama satu bulan, dan dalam satu hari menghemat 0.165 Kwh atau sebesar Rp 227,14. Dalam satu bulan energi yang dapat dihemat 4.95 Kwh atau sebesar Rp 6.692,4. Berikut tabel 4.15 pemakain biaya :

Tabel 4. 15 Pemakaian biaya

Range	PLN		Sistem Hybrid	
1 hari	Rp	529	Rp	315
1 minggu	Rp	3.700	Rp	2.205
1 bulan	Rp	15.858	Rp	9.450
2 bulan	Rp	31.716	Rp	18.900
3 bulan	Rp	47.574	Rp	28.350
1 tahun	Rp	190.296	Rp	113.400
2 tahun	Rp	380.592	Rp	226.800
25 tahun	Rp	4.757.400	Rp	2.835.000

Berikut grafik 4.15 pamakaian biaya



Gambar 4. 32 Grafik pemakaian rupiah terhadap waktu penggunaan

Pada gambar 4.32 ini bahwa dalam menggunakan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Untuk Tanaman Hidroponik dimana panel surya dapat digunakan sampai 25 tahun, dengan perawatan mudah yaitu setiap 6 bulan sekali harus dibersihkan, hal ini merupakan salah satu sisi ekonomis dalam penggunaan panel surya sebagai salah satu pembangkit yang digunakan. Berikut perhitungan persentase penghematan biaya selama 25 tahun yang didapat :

1. Biaya sistem kontrol secara keseluruhan meliputi:

- Arduino ATmega 2560
- Relay
- Sensor pzem
- Pompa AC 20 Watt
- RTC
- SD CARD
- Lcd 20 x 4

Dengan biaya keseluruhan Rp 400.000,-

2. Biaya menggunakan PLN

- Pemakaian selama 1 hari = Rp 528.6,-
- Pemakaian selama 1 bulan = Rp 528.6 X 30 hari  
= Rp 15.858,-
- Pemakaian selama 1 tahun = Rp 15.858 X 12 bulan  
= Rp 190.296,-
- Pemakaian selama 25 tahun = Rp 190.296 X 25 tahun  
= Rp 4.757.400,-

3. Biaya menggunakan sistem hybrid (PLTS dan PLN)

- Biaya peralatan PLTS
  - a. Panel surya = Rp 400.000,-
  - b. Inverter = Rp 120.000,-
  - c. Baterai (AKI 12 Volt 15 Ah) = Rp 400.000,-
  - d. MPPT = Rp 30.000,-Dengan biaya total keseluruhan Rp 950.000,-
- Biaya menggunakan PLN sistem hybrid
  - a. Pemakaian selama 1 hari = Rp 315,-
  - b. Pemakaian selama 1 bulan = Rp 315 X 30 hari  
= Rp 9.450 ,-
  - c. Pemakaian selama 1 tahun = Rp 9.450 X 12 bulan  
= Rp Rp 113,400
  - d. Pemakaian selama 25 tahun = Rp 113.400 X 25 tahun  
= Rp 2.835.000 ,-
- Biaya menggunakan sistem hybrid  
Biaya keseluruhan = biaya PLTS + biaya PLN sistem hybrid + biaya sistem kontrol  
Biaya keseluruhan = Rp 950.000 + Rp 2.835.000 + Rp 400.000  
= Rp 4.185.000,-

Berikut perbandingan persentase penghematan biaya dalam sisi ekonomis investasi

Penghematan biaya dalam sisi investasi = Biaya menggunakan PLN

keseluruhan – Biaya menggunakan sistem hybrid

Penghematan biaya = Rp 4.757.400,- Rp 4.185.000

= Rp 572.000,-

Jadi dari perhitungan yang didapat menunjukkan bahwa sistem hybrid pada pompa air untuk tanaman hidroponik dapat menghemat biaya dalam segi ekonomis investasi sebesar Rp 572.000 dalam kurun waktu 25 tahun penggunaan panel surya.

Dalam penggunaan sistem pembangkit tenaga hybrid ini terdapat kendala dalam AKI terhadap beban yang digunakan dikarenakan pada *inverter* memiliki tegangan *drop* penyebab turunnya tegangan *output* bisa disebabkan dalam pemilihan *inverter*. Berikut permasalahan *drop* tegangan pada *inverter* sebagai berikut :

*Output* dari *inverter* yang digunakan dalam penelitian ini yakni *Modified sine wave* dengan bentuk gelombang *square wave* dimana tegangan *drop* pada aki lebih tinggi sehingga *output* pun menjadi tidak stabil. Tetapi jika menggunakan *inverter pure sine wave* maka tegangan *drop* pada *inverter* akan menghasilkan tegangan *drop* yang lebih normal, karena memang gelombang *modified sine wave (square)* dan gelombang *pure sine wave (sinus)* sangat berbeda.

Perbedaannya ada pada *output* yang memberikan perbedaan dalam efisiensi dan distorsi yang dapat mempengaruhi benda elektronik. *Modified sine wave* memiliki kemiripan dengan *square wave*, dapat yang membuatnya berbentuk seperti *pure sine wave*. *Power inverter* dengan *modified sine wave* memberikan solusi murah dan mudah untuk memberikan daya pada benda yang membutuhkan listrik AC. Kelemahannya adalah tidak dapat bekerja dengan maksimum pada beberapa benda seperti komputer dan peralatan kesehatan karena adanya distorsi sinyal.

*Power inverter* dengan tipe *pure sine wave* mampu mensimulasikan listrik AC dengan tepat seperti yang dihasilkan dari listrik konvensional (PLN). Harga dari *power inverter* ini lebih mahal dari pada *modified sine wave* karena rangkaian yang lebih kompleks. Kelebihan dari *power inverter* ini adalah mampu menyalakan berbagai elektronik dengan listrik AC, membuat beban induktif untuk berjalan lebih cepat dan lebih senyap, dan berkurangnya noise pada peralatan audio, dan TV.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari pengujian alat dan Analisa serta fungsi alat yang berjudul Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Air Untuk Tanaman Hidroponik dapat diketahui bahwa:

1. Pengujian panel surya dengan module MPPT mendapatkan hasil yang *relative* lebih stabil pada tegangan sehingga tegangan yang akan masuk kedalam baterai (AKI) dapat terkontrol dengan baik.
2. Dengan sistem kontrol hybrid ini, maka PLTS akan berganti ke PLN secara otomatis dengan waktu yang telah ditentukan yakni dengan perbandingan waktu 2:1 dimana 2 jam pompa mati dan 1 jam pompa menyala dan ketika beterei (AKI) sudah dibawah dibawah tegangan 11.7 V, dan akan berganti dari PLN akan berganti ke PLTS ketika tegangan beterei (AKI) sudah mencapai 13V.
3. Dengan menggunakan sistem kontrol hybrid ini, maka efesiensi dari penghematan biaya PLN sebesar 40.4% dengan biaya sebesar Rp 6.692,4 dalam waktu satu bulan.
4. Dalam penelitian ini *inverter* yakni *Modified sine wave* dengan bentuk gelombang *square wave* dimana tegangan drop pada aki lebih tinggi sehingga output pun menjadi tidak stabil,

## 5.2 Saran

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

1. Pemilihan *inverter* sebaiknya menggunakan tipe *pure sine wave* mampu mensimulasikan listrik AC dengan tepat dan tegangan *drop* pada *inverter* akan menghasilkan tegangan *drop* yang lebih normal sehingga bisa menghemat lebih banyak daya dan biaya yang dikenakan.
2. Pengujian sistem hybrid harus menggunakan sistem skala besar agar bisa membandingkan efisiensi penghematan biaya dan daya lebih baik lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asy'ari, H., Jatmiko, & Angga. (2012). Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya. *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS*, 52–57. <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/xmlui/handle/11617/3930>
- Aulia Nurbaiti Mansyur, Sugeng Triyono, A. T. (2014). Pengaruh Naungan Terhadap Pertumbuhan Sawi (*Brassica Juncea L.*). Pada Sistem Hidroponik DFT (Deep Flow Technique). *Psychology Applied to Work: An Introduction to Industrial and Organizational Psychology, Tenth Edition Paul*, 53(9), 1689–1699.
- Dewi, A. K., Hadi, M. S., & Anwar, S. (2017). Sistem Atap Rumah Otomatis pada Smarhome dengan Menggunakan Arduino. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 5(1), 43. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.5.1.2017.43-48>
- Faizal, A., & Setyaji, B. (2016). Desain Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Panel Surya Menggunakan Metode Sliding Mode Control. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 14(1), 22–31.
- Faranda, R., & Leva, S. (2008). Energy comparison of MPPT techniques for PV Systems. *WSEAS Transactions on Power Systems*, 3(6), 446–455. <http://www.wseas.us/e-library/transactions/power/2008/27-545.pdf>
- Habibi, F. N., Setiawidayat, S., & Mukhsim, M. (2017). Alat Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Android Menggunakan Modul PZEM-004T. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan 2017*, 01(01), 157–162.
- Harmini, H., & Nurhayati, T. (2018). Pemodelan Sistem Pembangkit Hybrid Energi Solar Dan Angin. *Elektrika*, 10(2), 28. <https://doi.org/10.26623/elektrika.v10i2.1167>
- Helmizar, Endry, & Agus, 2019. (n.d.). *Secara Seri Dan Paralel Helmizar [ 1 ]*,



Endry Setiawan [ 2 ], Agus Nuramal [ 3 ] Debit Berdasarkan definisi yaitu volume zat cair. 0736, 31–36.

Komputer, E. (2018). *No Title*. Online.

<http://pulangsore.com/elektronika/rangkaian-elektronika/rangkaian-modul-sensor-tegangan-25v-untuk-arduino-uno/>

Lab Elektronika. (2017). *No Title*.

<http://www.labelektronika.com/2017/02/arduino-mega-2560-mikrokontroler.html>

Laylanasution. (2019). *No Title*. 13 JANUARI. <https://laylanasution.home.blog/>

Lusiana, E., Ikhwan, U., & Sugeng, M. (2018). *Penyuluhan & Aplikasi Energi Terbarukan (Solar Cell) Guna Memenuhi Kebutuhan Energi Alternatif Pengganti Listrik Di Wilayah Dusun Nglinggo Kelurahan Pagerharjo Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulon Progo*. 1(1), 15–21.

Menggunakan Modul Micro SD adapter di arduino. (n.d.). *No Title*. Papermind Invention. <https://papermindvention.blogspot.com/2018/03/menggunakan-modul-micro-sd-adapter-di.html?m=1>

Monda, H. T., Feriyonika, F., & Rudati, P. S. (2018). Sistem Pengukuran Daya pada Sensor Node Wireless Sensor Network. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 9, 28–31.

Ningrum, D. Y., Triyono, S., & Tusi, A. (2014). Pengaruh Lama Aerasi Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) PADA Hidroponik DFT (Deep Flow Technique). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(1), 83–90.

Pangemanan, G. A. (2017). *Kajian Eksperimen Discharge Test Pada Baterai 12v Yang Dihubungkan Dengan Motor Dc Feedback Tipe No. 63-110 Di Laboratorium Listrik Dan Otomasi Kapal*. 63, 93.  
<http://repository.its.ac.id/2964/>

- Pengertian Relay,Fungsi, D. C. K. R. (2018). *No Title*. IMMERSA LAB.  
<http://www.immersa-lab.com/pengertian-relay-fungsi-dan-cara-kerja-relay.html>
- Pulungan, A. B., Sukardi, & Ramadhani, T. (2018). Buck Converter Sebagai Regulator Aliran Daya Pada Pengereman Regeneratif. *Jurnal EECCIS*, 12, 93–97.
- Putri, D. P., & Koenhardono, E. S. (2016). Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid (Sel Surya dan Diesel Generator) Pada Kapal Tanker. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 394–399. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.19318>
- Roidah, I. S. (2014). *Pemanfaatan Lahan Dengan Menggunakan Sistem Hidroponik*. 1(2), 43–50.
- Saravana Electronics. (n.d.). *No Title*. Online. <http://www.alselectro.com/arduino-mega-2560.html>,
- Sesanti, R. N., & Sismanto. (2016). Pertumbuhan dan Hasil Pakchoi (Brassicac rapa L.) pada Dua Sistem Hidroponik dan Empat Jenis Nutrisi. *Jurnal Kelitbangan*, 04(01), 1–9.
- Surya, P. (n.d.). *Studi Analisis Kinerja Pompa Air Dengan*. 10(3), 45–54.
- Yusmiati, E. . (2014). *Energy Supply Solar Cell Pada Sistem Pengendali Portal Parkir Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S52*.

## **LAMPIRAN**

**LAMPIRAN 1**  
**DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### I. Data Pribadi

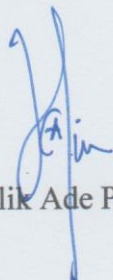
Nama : Lilik Ade Putri  
Tempat dan Tanggal Lahir : Jebus, 28 Oktober 1999  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Agama : Islam  
Warga Negara : WNI  
Alamat KTP : Sp kerang desa jebus rt/rw: 004/012,  
Kec.Jebus Bangka Barat  
Nomor Telepon / HP : 0822 7997 5985  
E-mail : [lilikadep@gmail.com](mailto:lilikadep@gmail.com)



### II. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 1 Jebus Lulus 2011  
SMP Negeri 2 Jebus Lulus 2014  
SMA Negeri 1 Jebus Lulus 2017  
D-IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung 2017- Sekarang

Sungailiat, 16 Februari 2021

  
Lilik Ade Putri

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### I. Data Pribadi


Nama : Muhammad Hafiz  
Tempat dan Tanggal Lahir : Pangkalpinang, 15 Agustus 1999  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Warga Negara : WNI  
Alamat KTP : Jl. Abdullah H.SEMAN 1, rt/rw :  
004/001, Kec Gabek 1, Pangkalpinang  
Nomor Telepon / HP : 0812 7115 1585  
E-mail : [hfh9342@gmail.com](mailto:hfh9342@gmail.com)



### II. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 10 Pangkalpinang Lulus 2011  
MTS Plus Bahrul Ulum Islamic Centre Sungailiat Lulus 2014  
SMK Negeri 2 Pangkalpinang Lulus 2017  
D-IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung 2017- Sekarang

Sungailiat, 16 Februari 2021



Muhammad Hafiz

**LAMPIRAN 2**  
**GAMBAR RANCANGAN**

**LAMPIRAN 3**  
**PROGRAM SISTEM KONTROL**





```

Keypad customKeypad = Keypad( makeKeymap(keys, rowPins, colPins,
ROWS, COLS);

//wiring relay
#define R1_ON 0          // PLTS
#define R1_OFF 1
#define R1 7

#define R2_ON 0          // PLN
#define R2_OFF 1
#define R2 6

#define R3_ON 0          // Lampu PLN
#define R3_OFF 1
#define R3 5

#define R4_ON 0          // Inverter
#define R4_OFF 1
#define R4 4

#define R5_ON 0          // AKI
#define R5_OFF 1
#define R5 3

#define R6_ON 0          // Panel Surya
#define R6_OFF 1
#define R6 2
//////////////////////Setup Pemrograman//////////////////////////////////////
void setup ()
{
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();

  rtc.begin();
  rtc.setDOW(THURSDAY);
  rtc.setTime(9,01,40);
  rtc.setDate(24,2,2021);
  uint32_t currentFrequency;
  ina219.begin();
  pinMode(R1, OUTPUT);
  pinMode(R2, OUTPUT);
  pinMode(R3, OUTPUT);
  pinMode(R4, OUTPUT);
  pinMode(R5, OUTPUT);
  pinMode(R6, OUTPUT);

  digitalWrite(R1,R1_OFF);
  digitalWrite(R2,R2_OFF);
  digitalWrite(R3,R3_OFF);
  digitalWrite(R4,R4_OFF);
  digitalWrite(R5,R5_OFF);
  digitalWrite(R6,R6_OFF);
}

```

```

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Bismillah...");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("Lilik Ade Putri");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("Muhammad Hafiz");
    delay(2000);
    lcd.clear();
    ///////////////////////////////////////////////////Kondisi SD CARD Gagal/Berhasil////////////////////////////////////
    if (!SD.begin(CS))
    {Serial.println("GAGAL/SDcard rusak!");
      while (1);}
    Serial.println("SDcard Berhasil");}
    ///////////////////////////////////////////////////Keypad////////////////////////////////////
void scl()
{ lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print("SISTEM HYBRID");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(waktu);
  lcd.setCursor(10,1);
  lcd.print(tanggal);
//lcd.setCursor(6,2);
//lcd.print("Pompa ON");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print ("*) Pompa");
  lcd.setCursor(8,3);
  lcd.print ("9) Suhu");
  lcd.setCursor(15,3);
  lcd.print ("#) Aki");
  delay(1); }

void sc2()
{ float voltage = pzem.voltage();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("V: ");
  lcd.print(voltage);
  lcd.print("V");
  float current = pzem.current();
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("I: ");
  lcd.print(current);
  lcd.print("A");
  float power = pzem.power();
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("P: ");
  lcd.print(power);
  lcd.print("W");
  float energy = pzem.energy();
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("E: ");
  lcd.print(energy,3);
  lcd.print("kWh");
  float frequency = pzem.frequency();
  lcd.setCursor(11,0);
  lcd.print("F: ");
  lcd.print(frequency, 1);

```

```

    lcd.print("Hz");
    float pf = pzem.pf();
    lcd.setCursor(11,1);
    lcd.print("PF: ");
    lcd.print(pf);
    lcd.setCursor(14,3);
    lcd.print("7)Home");}

void sc3()
{ lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Suhu Panel Saat ini");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Suhu: ");
  lcd.print("35");
  lcd.print("C");
  lcd.setCursor(14,3);
  lcd.print("7)Home");}

void sc4()
{ lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Kondisi Aki Saat ini");
  BacaTegangan = analogRead(A0);
  tegangan = ((BacaTegangan * 0.00489) * 5);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("V: ");
  lcd.print(tegangan);
  lcd.print("V");
  float current_mA = 0;
  //current_mA = ina219.getCurrent_mA();
  float arus_ina = ina219.getCurrent_mA()*2;
  lcd.setCursor(10,1);
  lcd.print("I: ");
  lcd.print("1,67");
  lcd.print("A");
  lcd.setCursor(14,3);
  lcd.print("7)Home");}
//////////////////////////////////Suhu//////////////////////////////////
void suhu()
{
nilaiAnalog = analogRead(pinSensor); // Membaca nilai analog dari
                                        PIN sensor
volts = nilaiAnalog/1024.0*5000;      // Merubah nilai analog
                                        menjadi skala 10 Bit ADC
suhuCelsius = volts/10; // Membagi angka voltase yang dirubah
                                        menjadi mili volts dengan angka 10
//////////////////////////////////PZEM//////////////////////////////////
void PZEM()
{
  float voltage = pzem.voltage();
  if( !isnan(voltage) )
    {Serial.print("Voltage: ");
     Serial.print(voltage);
     Serial.print("V");
     Serial.print('\t');}

  float current = pzem.current();

```

```

    if( !isnan(current) )
        {Serial.print("Current: ");
          Serial.print(current);
          Serial.print("A");
          Serial.print('\t');}

    float power = pzem.power();
    if( !isnan(power) )
        {Serial.print("Power: ");
          Serial.print(power);
          Serial.print("W");
          Serial.print('\t');}

    float energy = pzem.energy();
    if( !isnan(energy) )
        {Serial.print("Energy: ");
          Serial.print(energy,3);
          Serial.print("kWh");
          Serial.print('\t');}

    float frequency = pzem.frequency();
    if( !isnan(frequency) )
        {Serial.print("Frequency: ");
          Serial.print(frequency, 1);
          Serial.print("Hz");
          Serial.print('\t');}

    float pf = pzem.pf();
    if( !isnan(pf) )
        {Serial.print("PF: ");
          Serial.print(pf);
          Serial.print('\t');}

        Serial.println();
        Serial.print("  ");}

void PZEM_SD()
{
    float voltage = pzem.voltage();
    if( !isnan(voltage) )
        {dataku.print(voltage);
          dataku.print(',');}

    float current = pzem.current();
    if( !isnan(current) )
        {dataku.print(current);
          dataku.print(',');}

    float power = pzem.power();
    if( !isnan(power) )
        {dataku.print(power);
          dataku.print(',');}

    float energy = pzem.energy();
    if( !isnan(energy) )
        {dataku.print(energy,3);
          dataku.print(',');}
}

```

```

float frequency = pzem.frequency();
if( !isnan(frequency) )
    {dataku.print(frequency, 1);
    dataku.print(',');}

float pf = pzem.pf();
if( !isnan(pf) )
    {dataku.print(pf);}

    //dataku.print();
    dataku.print(" ");
    //delay(2000); }
//////////////////////////////////Vdc_AKI//////////////////////////////////
void TeganganDC_aki()
{
    BacaTegangan = analogRead(A0);
    tegangan = ((BacaTegangan * 0.00489) * 5);
    Serial.print("Tegangan Aki: ");
    Serial.print(tegangan);
    Serial.print("V");
    Serial.print('\t');
}

//////////////////////////////////Arus_AKI//////////////////////////////////
void ArusINA219_aki()
{
    float current_mA = 0;
    //current_mA = ina219.getCurrent_mA();
    float arus_ina = ina219.getCurrent_mA()*2;
    Serial.print("Arus Aki : ");
    Serial.print(arus_ina);
    Serial.print("mA");
    Serial.print('\t');
}

//////////////////////////////////Relay_MPPT//////////////////////////////////
void Relay_MPPT()
{
    if(waktu=="09:00:00")
    {digitalWrite(R5,R5_ON);    // Aki On Pengecasan Pagi
    delay(2000);
    digitalWrite(R6,R6_ON);    // Panel Surya On Pengecasan Pagi
    }

    if(waktu=="16:00:00")
    {
    digitalWrite(R6,R6_OFF);    // Panel Surya Off Pengecasan Sore
    delay(2000);
    digitalWrite(R5,R5_OFF);    // Aki Off Pengecasan Sore
    }
}

//////////////////////////////////Relay_Sistem 20:00 Malam - 06:00 Pagi//////////////////////////////////
void Relay_Sistem()
{
    if(waktu=="20:00:00"){
        digitalWrite(R1,R1_ON);    // PLTS 1 ON
    }
}

```

```

digitalWrite(R3,R3_OFF); // Lampu PLTS ON
digitalWrite(R4,R4_ON); // Inverter ON
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("Pompa PLTS ON");}

if(waktu=="21:00:00"){
digitalWrite(R1,R1_OFF); // PLTS 1 OFF
digitalWrite(R3,R3_OFF); // Lampu PLTS OFF
digitalWrite(R4,R4_OFF); // Inverter OFF
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("Pompa PLTS OFF");}

if(waktu=="22:00:00"){
digitalWrite(R1,R1_ON); // PLTS 2 ON
digitalWrite(R3,R3_OFF); // Lampu PLTS ON
digitalWrite(R4,R4_ON); // Inverter ON
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("Pompa PLTS ON");}

if(waktu=="23:00:00"){
digitalWrite(R1,R1_OFF); // PLTS 1 OFF
digitalWrite(R3,R3_OFF); // Lampu PLTS OFF
digitalWrite(R4,R4_OFF); // Inverter OFF
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("Pompa PLTS OFF");}

if(waktu=="02:00:00"){
digitalWrite(R1,R1_ON); // PLTS 2 ON
digitalWrite(R3,R3_OFF); // Lampu PLTS ON
digitalWrite(R4,R4_ON); // Inverter ON
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("Pompa PLTS ON");}

if(waktu=="03:00:00"){
digitalWrite(R1,R1_OFF); // PLTS 1 OFF
digitalWrite(R3,R3_OFF); // Lampu PLTS OFF
digitalWrite(R4,R4_OFF); // Inverter OFF
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("Pompa PLTS OFF");}

if(waktu=="05:00:00"){
digitalWrite(R1,R1_ON); // PLTS 2 ON
digitalWrite(R3,R3_OFF); // Lampu PLTS ON
digitalWrite(R4,R4_ON); // Inverter ON
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("Pompa PLTS ON");}

if(waktu=="06:00:00"){
digitalWrite(R1,R1_OFF); // PLTS 1 OFF
digitalWrite(R3,R3_OFF); // Lampu PLTS OFF
digitalWrite(R4,R4_OFF); // Inverter OFF
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("Pompa PLTS OFF");}

```

//////////RELAY\_Sistem 05:00 Pagi - 18:00 Sore//////////

```

if(waktu=="05:00:00"){
digitalWrite(R2,R2_ON); // PLN 1 ON
digitalWrite(R3,R3_ON); // Lampu PLN ON
lcd.setCursor(4,2);
lcd.print("Pompa PLN ON");}

if(waktu=="06:00:00"){
digitalWrite(R2,R2_OFF); // PLN 1 OFF
digitalWrite(R3,R3_ON); // Lampu PLN OFF
lcd.setCursor(4,2);
lcd.print("Pompa PLN OFF");}

if(waktu=="08:00:00"){
digitalWrite(R2,R2_ON); // PLN 2 ON
digitalWrite(R3,R3_ON); // Lampu PLN ON
lcd.setCursor(4,2);
lcd.print("Pompa PLN ON");}

if(waktu=="09:00:00"){
digitalWrite(R2,R2_OFF); // PLN 1 OFF
digitalWrite(R3,R3_ON); // Lampu PLN OFF
lcd.setCursor(4,2);
lcd.print("Pompa PLN OFF");}

if(waktu=="11:00:00"){
digitalWrite(R1,R1_ON); // PLTS 1 ON
digitalWrite(R3,R3_OFF); // Lampu PLTS ON
digitalWrite(R4,R4_ON); // Inverter ON
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("Pompa PLTS ON");}

if(waktu=="12:0:00"){
digitalWrite(R1,R1_OFF); // PLTS 1 OFF
digitalWrite(R3,R3_OFF); // Lampu PLTS OFF
digitalWrite(R4,R4_OFF); // Inverter OFF
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("Pompa PLTS OFF"); }

if(waktu=="14:00:00"){
digitalWrite(R1,R1_ON); // PLTS 2 ON
digitalWrite(R3,R3_OFF); // Lampu PLTS ON
digitalWrite(R4,R4_ON); // Inverter ON
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("Pompa PLTS ON");}

if(waktu=="15:00:00"){
digitalWrite(R1,R1_OFF); // PLTS 1 OFF
digitalWrite(R3,R3_OFF); // Lampu PLTS OFF
digitalWrite(R4,R4_OFF); // Inverter OFF
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("Pompa PLTS OFF"); }

if(waktu=="17:00:00"){
digitalWrite(R2,R2_ON); // PLN 1 ON
digitalWrite(R3,R3_ON); // Lampu PLN ON
lcd.setCursor(4,2);

```



```

lcd.print("Pompa PLN ON"); }

if(waktu=="18:00:00"){
digitalWrite(R2,R2_OFF); // PLN 1 OFF
digitalWrite(R3,R3_ON); // Lampu PLN OFF
lcd.setCursor(4,2);
lcd.print("Pompa PLN OFF"); }
}
////////////////////////////////SD Card////////////////////////////////
void sdcard_pompa()
{
dataku = SD.open("io.txt", FILE_WRITE);
if (dataku)
{
    dataku.print(count);
    dataku.print(" ");
    dataku.print(hari);
    dataku.print(',');
    dataku.print(tanggal);
    dataku.print(',');

    dataku.print(waktu);
    dataku.print(', ');
    PZEM_SD();
    dataku.println();
    dataku.close();

    Serial.println(" | Data Tersimpan");
    Serial.println();
    if(count>300) count=0;
    }
    else
    {
        Serial.println(" | Gagal Tersimpan!");
    }
    count = count + 1;
}
////////////////////////////////Program Loop////////////////////////////////
void loop ()
{
    hari=rtc.getDOWStr();
    waktu=rtc.getTimeStr();
    tanggal=rtc.getDateStr();
    Serial.print(count);
    Serial.print('|');
    Serial.print(hari);
    Serial.print(',');
    Serial.print(tanggal);
    Serial.print('\t');
    Serial.print(waktu);
    Serial.print('\t');
    Relay_System();
    Relay_MPPT();
    PZEM();
    //sdcard_pompa();
    suhu();
}

```

```

////////////////////////////////Looping Screen1////////////////////////////////
if (sc==1){
    sc1();
    char key = customKeypad.getKey();
    if (key == '*')
    {
        lcd.clear();
        sc=2;
    }

    if (key == '9'){
        lcd.clear();
        sc=3;
    }

    if (key == '#'){
        lcd.clear();
        sc=4;
    }
}
////////////////////////////////Looping Screen2////////////////////////////////
if (sc==2){
    sc2();

    char key = customKeypad.getKey();
    if (key == '7')
    {
        lcd.clear();
        sc=1;
    }
}
////////////////////////////////Looping Screen3////////////////////////////////
if (sc==3){
    sc3();
    char key = customKeypad.getKey();
    if (key == '0')
    {
        lcd.clear();
        sc=3;
    }
    if (key == '7')
    {
        lcd.clear();
        sc=1;
    }
}
////////////////////////////////Looping Screen4////////////////////////////////
if (sc==4){
    sc4();
    char key = customKeypad.getKey();
    if (key == '#')
    {
        lcd.clear();
        sc=4;
    }
    if (key == '7')

```

```
{  
    lcd.clear();  
    sc=1;  
}  
}
```