

**EFISIENSI ENERGI LISTRIK PADA HIDROPONIK SISTEM  
*NUTRIENT FILM TECHNIQUE* MENGGUNAKAN  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO**

**PROYEK AKHIR**

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



Disusun Oleh :

Andhika Dwi Putra      NIRM:      1051801

Arrois Syaifullah      NIRM:      1051803

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI  
BANGKA BELITUNG  
TAHUN 2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

### EFISIENSI ENERGI LISTRIK PADA HIDROPONIK SISTEM *NUTRIENT* *FILM TECHNIQUE* MENGGUNAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

	Oleh :	
Andhika Dwi Putra	NIRM	1051801
Arrois Syaifullah	NIRM	1051803

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

Menyetujui,

Pembimbing 1



(Zanu Saputra, M.Tr.T)

Pembimbing 2



(Ocsirendi, M.T)

Penguji 1



(Yuchi, M.T)

Penguji 2



(Aan Febriansyah, M.T)

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Andhika Dwi Putra      NIRM : 1051801

Nama Mahasiswa 2 : Arrois Syaifullah      NIRM : 1051803

Dengan Judul : Efisiensi Energi Listrik Pada Hidroponik Sistem *Nutrient Film Technique* Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

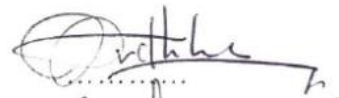
Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata di kemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 19 Januari 2022

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Andhika Dwi Putra



2. Arrois Syaifullah



## ABSTRAK

*Perkembangan teknologi di bidang pertanian tumbuh begitu cepat dan maju. Salah satu pertanian modern yang sering digunakan ialah hidroponik sistem NFT. Keunggulan dari sistem hidroponik ini yaitu menggunakan pupuk dan air yang selalu tersirkulasi sehingga pertumbuhan tanaman lebih efektif dan lebih mudah dirawat. Namun, pemakaian energi listrik pada sistem ini cukup besar, hal ini dikarenakan sirkulasi air dituntut untuk terus aktif selama 24 jam. Penggunaan pompa dalam hidroponik sistem NFT tentu menjadi faktor utama dalam pemborosan energi tersebut. Tujuan dari pembuatan alat ini adalah untuk mendapatkan nilai efisiensi antara PLN dengan sistem PLTMH yang akan diterapkan. Ada berbagai cara dalam melakukan penghematan energi listrik, salah satunya dengan menggabungkan dua masukan energi dalam satu sistem yakni bersumber dari PLN dan PLTMH. Pengujian dilakukan dengan membandingkan daya keluaran PLN terhadap sistem efisiensi menggunakan PLTMH. Kapasitas aki yang digunakan sebagai sumber sistem adalah sebesar 10 Ampere Hour dengan rasio perbandingan waktu aktif terhadap PLN sebesar 7:1, dimana PLN aktif selama 21 jam dan sistem aktif selama 3 jam. Hasil pengujian menunjukkan nilai penggunaan energi dalam 24 jam sebesar 2,451 kWh dengan total biaya Rp3.313,752 ,- dan penghematan energi sebesar 0,35 kWh dengan penghematan biaya sebesar Rp473,2 ,- . Dengan demikian, sistem efisiensi energi menggunakan PLTMH mampu menekan jumlah pemakaian energi dan biaya listrik sebesar 14,27% yang diuji dalam waktu 24 jam.*

*Kata Kunci: efisiensi, hidroponik, mikrohidro, sistem NFT.*

## **ABSTRACT**

*The development of technology in agriculture is growing so fast and advanced. One of the modern agriculture that is often used is the NFT hydroponic system. The advantage of this hydroponic system is the use of fertilizers and circulating water so that plant growth is more effective and easier to maintain. However, the use of electrical energy in this system is quite large, this is because water circulation is required to continue to be active for 24 hours. The use of pumps in the NFT hydroponic system is certainly a major factor in the waste of energy. The purpose of making this tool is to get the efficiency value between PLN and the PLTMH system that will be implemented. There are various ways to save electrical energy, one of which is by combining two energy inputs in one system, namely from PLN and PLTMH. The test is done by comparing the output power of PLN to the efficiency system using PLTMH. The capacity of the battery used as a source of the system is 10 Ampere Hours with a ratio of active time to PLN 7:1, where PLN is active for 21 hours and the system is active for 3 hours. The test results show the value of energy use in 24 hours is 2,451 kWh with a total cost of Rp. 3,313.752, - and energy savings of 0.35 kWh with cost savings of Rp. 473.2, - . Thus, the energy efficiency system using MHP is able to reduce the amount of energy consumption and electricity costs by 14.27% which was tested within 24 hours.*

*Keywords: efficiency, hydroponics, micro hydro, NFT system.*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir yang berjudul “Efisiensi Energi Listrik Pada Hidroponik Sistem *Nutrient Film Technique* Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro” sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Diploma IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro dan Informatika, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Proyek Akhir ini terdapat banyak kekurangan, namun berkat rahmat Allah SWT, serta pengarahan dari berbagai pihak, akhirnya laporan proyek akhir ini dapat diselesaikan. Penulis berharap semoga laporan proyek akhir ini dapat bermanfaat untuk kepentingan bersama.

Sehubungan dengan itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta dan seluruh keluarga yang telah berperan besar dalam meningkatkan semangat penulis.
2. Bapak Zanu Saputra, M.Tr.T dan Bapak Ocsirendi, M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberi arahan kepada penulis dalam menyelesaikan Proyek Akhir ini..
3. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah banyak memberikan kemudahan dalam menyelesaikan pendidikan.
4. Bapak Muhammad Iqbal Nugraha, M.Eng selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro dan Informatika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Indra Dwisaputra, M.T selaku Kepala Program Studi D-IV Teknik Elektronika.

6. Dosen dan Staf Pengajar di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah mendidik, serta membuka pola pikir penulis.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan penelitian.

Setelah melalui proses yang panjang dan penuh tantangan, akhirnya penulis dapat menyelesaikan pembuatan alat dan laporan proyek akhir ini yang tentunya masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Walaupun demikian, penulis berharap laporan Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan penulis khususnya. Semoga Allah senantiasa melimpahkan taufiq dan hidayah-Nya kepada penulis dan semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan alat dan penulisan laporan Proyek Akhir ini. *Wassalamua'laikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Sungailiat, 19 Januari 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Proyek Akhir.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
BAB II DASAR TEORI .....	3
2.1 Hidroponik .....	3
2.2 Perkembangan Teknologi Pada Hidroponik .....	4
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	4
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).....	4
2.4 Debit Air.....	6
2.5 <i>Water</i> Generator DC .....	6
2.6 Inverter DC to AC.....	7
2.6.1 Pure sine wave inverter .....	7
2.6.2 Square sine wave inverter .....	7
2.6.3 Modified sine wave inverter.....	8
2.7 Aki 12V DC .....	8
BAB III METODE PELAKSANAAN .....	9
3.1 Studi Literatur .....	11
3.2 Perancangan Hardware Konstruksi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	



Pada Hidroponik .....	11
3.3 Perakitan Hardware Konstruksi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik .....	11
3.4 Perancangan Hardware Elektrik Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik .....	11
3.5 Pengujian Hardware Elektrik Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik .....	12
3.6 Perakitan Hardware Elektrik Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik .....	12
3.7 Perakitan Keseluruhan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik .....	12
3.8 Analisa Data .....	12
3.9 Pembuatan Laporan Proyek Akhir .....	13
3.10 Rancangan Kontruksi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik .....	13
BAB IV PEMBAHASAN .....	15
4.1 Diagram Blok Sistem Kerja Alat .....	15
4.2 Prinsip Kerja <i>Blok Diagram</i> .....	15
4.3 Sensor Flowmeter .....	17
4.3.1 Pengujian Sensor <i>Flowmeter</i> .....	17
4.4 Water Generator DC .....	18
4.4.1 Pengujian <i>Water Generator</i> DC .....	19
4.5 Sensor INA219 .....	26
4.5.1 Pengujian Sensor INA219 .....	26
4.6 Sensor PZEM-004T .....	30
4.6.1 Pengujian Sensor PZEM-004T .....	30
4.7 Pengujian Keluaran Generator ke Modul <i>Step Up</i> 12 V Menggunakan Listrik PLN .....	36
4.8 Pengujian Keluaran Modul <i>Step Up</i> 12 V Menggunakan Listrik PLN .....	38
4.9 Pengujian Pemakaian Menggunakan Listrik PLN Dalam 21 Jam .....	43

4.10 Pengujian Pemakaian Energi Menggunakan Sistem Kontrol Dalam 12 Jam .....	46
4.11 Pengujian Pengosongan Aki dengan Beban Pompa AC 60 Watt dan Lampu Indikator 3 Watt .....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Kesimpulan .....	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA .....	52
LAMPIRAN.....	xi



## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sensor <i>Flowmeter</i> .....	17
Tabel 4. 2 Data RPM Generator Terhadap Debit.....	19
Tabel 4. 3 Data Keluaran Generator DC Putaran Keran $\frac{1}{4}$ .....	21
Tabel 4. 4 Data Keluaran Generator DC Putaran Keran $\frac{1}{2}$ .....	22
Tabel 4. 5 Data Keluaran Generator DC Putaran Keran $\frac{3}{4}$ .....	23
Tabel 4. 6 Data Keluaran Generator DC Putaran Keran Penuh.....	24
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Sensor INA219 .....	27
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Sensor PZEM-004T Dengan Sistem Efisiensi .....	31
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Sensor PZEM-004T Menggunakan Listrik PLN.....	33
Tabel 4. 10 Keluaran Generator ke input Modul <i>Step Up</i> 12 V.....	36
Tabel 4. 11 Keluaran Modul <i>Step Up</i> 12 V Tanpa Beban .....	38
Tabel 4. 12 Keluaran Modul Step 12 V Menggunakan Beban Aki .....	40
Tabel 4. 13 Data Pemakaian Energi Menggunakan PLN Selama 18 Jam .....	44
Tabel 4. 14 Data Pemakaian Energi Menggunakan Sistem Dalam 12 Jam.....	47
Tabel 4. 15 Hasil Proses Pengosongan Aki .....	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Hidroponik NFT ( <i>Nutrient Film Technique</i> ) .....	3
Gambar 2. 2 Diagram Blok Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro .....	5
Gambar 2. 3 <i>Water Generator DC</i> .....	6
Gambar 2. 4 Power Inverter DC to AC.....	7
Gambar 2. 5 <i>Pure sine wave inverter</i> .....	7
Gambar 2. 6 <i>Square sine wave inverter</i> .....	8
Gambar 2. 7 <i>Modified sine wave inverter</i> .....	8
Gambar 2. 8 Aki 12V DC 5Ah .....	8
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metode Pelaksanaan .....	10
Gambar 3. 2 Rancangan Kontruksi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik .....	13
Gambar 3. 3 Rancangan konstruksi PLTMH.....	14
Gambar 3. 4 Tampak Samping .....	14
Gambar 3. 5 Tampak Depan .....	14
Gambar 4. 1 Diagram Blok Sistem Kerja Efisiensi Energi Listrik Pada Hidroponik Sistem <i>Nutrient Film Technique</i> Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro .....	15
Gambar 4. 2 Skematik Pengujian Sensor <i>Flowmeter</i> .....	17
Gambar 4. 3 Skematik Pengujian <i>Water Generator DC</i> .....	19
Gambar 4. 4 Grafik Tabel 4.2 <i>Water Generator DC</i> .....	20
Gambar 4. 5 Grafik Tabel 4.3 <i>Water Generator DC</i> .....	22
Gambar 4. 6 Grafik Tabel 4.4 <i>Water Generator DC</i> .....	23
Gambar 4. 7 Grafik Tabel 4.5 <i>Water Generator DC</i> .....	24
Gambar 4. 8 Grafik Tabel 4.6 <i>Water Generator DC</i> .....	25
Gambar 4. 9 Skematik Pengujian Sensor INA219.....	27
Gambar 4. 10 Grafik Tabel 4.7 Sensor INA 219 .....	27
Gambar 4. 11 Skematik Sensor PZEM-004T .....	31
Gambar 4. 12 Pengukuran Tegangan Generator (VDC).....	36

Gambar 4. 13 Pengukuran Arus Generator (mA) .....	36
Gambar 4. 14 Grafik Tabel 4.10 Keluaran Generator ke Modul Step Up .....	37
Gambar 4. 15 Pengukuran Tegangan Modul Step Up Tanpa Beban .....	38
Gambar 4. 16 Grafik Tabel 4.11 Modul Step Up.....	39
Gambar 4. 17 Pengukuran Tegangan Step Up dengan Beban Aki (VDC) .....	40
Gambar 4. 18 Pengukuran Arus <i>Step Up</i> dengan Beban Aki (mA).....	40
Gambar 4. 19 Grafik Tabel 4.12 Modul Step up .....	41
Gambar 4. 20 Pengukuran Keseluruhan Menggunakan Sensor PZEM-004T .....	43
Gambar 4. 21 Pengukuran Keseluruhan Menggunakan <i>Power Quality Analyzer</i>	43
Gambar 4. 22 Grafik Tabel 4.13 Pemakaian dengan PLN.....	45
Gambar 4. 23 Pengukuran Keseluruhan Menggunakan Sensor PZEM-004T .....	46
Gambar 4. 24 Pengukuran Keseluruhan Menggunakan <i>Power Quality Analyzer</i>	46
Gambar 4. 25 Grafik Tabel 4.14 Pemakaian Pompa dengan Sistem .....	47
Gambar 4. 26 Grafik Tabel 4.15 Pengosongan Aki .....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup (Perorangan).....	xi
Lampiran 2 : Gambar Hasil.....	xiv
Lampiran 3 : Skematik Sistem Kontrol.....	xvi
Lampiran 4 : Program .....	xvii



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan air sebagai alternatif sumber energi terbarukan harus diprioritaskan, mengingat kebutuhan energi listrik yang terus meningkat setiap tahun. Berdasarkan data Kementerian ESDM, rincian biaya listrik Indonesia dengan daya 900 VA periode Juli-September 2021 mencapai Rp 1.352,- kiloWatt per *Hour* (kWH). Penggunaan energi melalui sumber tenaga mikrohidro diharapkan dapat meningkatkan ketahanan energi nasional dan menjadi sumber energi alternatif bagi masyarakat di berbagai sektor.

Penggunaan energi mikrohidro sebagai penggerak pompa air menggunakan putaran turbin pada pembangkit listrik mikrohidro. Prinsip pengoperasian sistem ini adalah semakin tinggi kinerja pompa maka semakin besar pula energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik (Isnugroho, 2012). Putaran turbin digunakan untuk memutar generator, dan energi listrik yang dihasilkan dari generator digunakan sebagai sumber pengisian aki melalui stabilisasi tegangan dan arus. Energi listrik yang tersimpan dalam aki juga digunakan untuk menggerakkan pompa air yang membutuhkan 220V AC pada 50Hz, dalam hal ini inverter digunakan sebagai konverter DC to AC. (Hani, 2015).

Terdapat berbagai macam sistem dalam hidroponik, namun dalam penelitian ini yang digunakan adalah sistem *Nutrient Film Technique* (NFT). Keunggulan dari sistem hidroponik ini adalah menggunakan pupuk dan air yang selalu tersirkulasi sehingga pertumbuhan tanaman lebih efektif dan lebih mudah dirawat. Dari segi ekonomi, hidroponik dengan sistem NFT dapat menghasilkan produk yang lebih unggul (Frasetya et al., 2018). Mengacu pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang pertanian, khususnya pada hidroponik sistem NFT, maka kebutuhan inovasi perlu dilakukan agar sistem hidroponik semakin baik, dengan sistem pemanfaatan sirkulasi air sebagai penggerak turbin air yang kemudian dialokasikan sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Mikrohidro

dapat dijadikan sebagai solusi pemanfaatan energi terbarukan yang bernilai ekonomis dan praktis.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang diatas, rumusan masalahnya adalah sebagai berikut :

- Bagaimana cara merancang suatu sistem penghematan energi pada hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT)
- Bagaimana cara mengatasi permasalahan kekurangan energi listrik pada sistem hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) ketika terjadi pemadaman listrik
- Bagaimana cara meningkatkan efektivitas sistem hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT)

## **1.3 Tujuan Proyek Akhir**

Tujuan Proyek Akhir ini adalah untuk mendapatkan nilai daya dan efisiensi energi listrik dari sistem mikrohidro yang akan dibuat terhadap pengaruh dari aliran air dengan perbedaan debit tertentu sebagai sumber penggerak pompa air AC (*Alternating Current*).

## **1.4 Batasan Masalah**

Terdapat beberapa batasan masalah dalam penelitian yang akan dilakukan, antara lain :

- Sistem pengambilan data dilakukan secara *real time* tanpa menggunakan modul penyimpanan data harian.
- Pengambilan data penelitian mencakup pengujian bagian-bagian sistem dan hasil efisiensi.

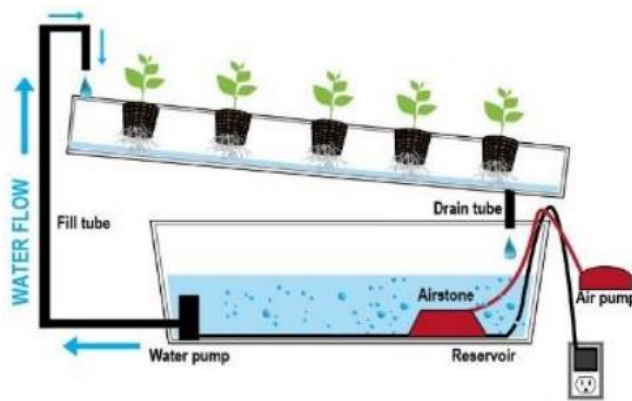


## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Hidroponik

Hidroponik merupakan tanaman tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam, akan tetapi dengan memanfaatkan sirkulasi air yang telah diberi nutrisi sebagai pemenuh kebutuhannya dan hidroponik hanya memanfaatkan sejumlah air dalam jumlah kecil (Singgih et al., 2019). Dalam proses menanam dengan cara hidroponik, hal yang harus diperhatikan adalah nutrisi yang terlarut dalam air. Sistem hidroponik memiliki beberapa macam, salah satunya sistem yang efektif dalam menanam dengan cara hidroponik adalah sistem NFT (*Nutrient Film Technique*).

Sistem NFT merupakan salah satu sistem budidaya hidroponik dengan meletakkan akar tanaman pada lapisan air dangkal, yang kemudian air tersebut akan tersirkulasi serta mengandung nutrisi untuk kebutuhan tanaman. Penggunaan sistem ini perlu memperhatikan kemungkinan terjadinya kelebihan air yang akan mengurangi jumlah oksigen. Oleh karena itu, agar kebutuhan air (nutrisi) dan oksigen dapat terpenuhi pada lapisan nutrisi dalam sistem NFT dibuat dengan tinggi larutan maksimal 3 mm. Faktor penting pada sistem ini terletak pada kemiringan pipa dan kecepatan nutrisi mengalir (Maulido et al., 2016).



Gambar 2. 1 Sistem Hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) (Setiawan, 2018)

## **2.2 Perkembangan Teknologi Pada Hidroponik**

### **2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

Sistem pembangkit listrik tenaga surya dimanfaatkan untuk mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik, energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengatur sirkulasi air metode tanam hidroponik. Dalam hal ini, panel surya dapat dijadikan sebagai pengkonversi energi dengan rancangan pada sirkulasi air metode tanam hidroponik. Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan panel surya sebagai pembangkit listrik alternatif untuk menjalankan pompa air. Pembangkit listrik tenaga surya dapat berdasarkan efisiensi konversi energi dan konsentrasi dari cahaya matahari yang diterima sel, dikarenakan intensitas cahaya matahari yang tidak menentu setiap jamnya (Pengabdian et al., 2012).

### **2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)**

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga air sebagai sumber daya penghasil listrik dengan memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu. Semakin besar kapasitas dan ketinggian alirannya maka semakin besar juga energi yang dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik (Rompas, 2011). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) juga merupakan salah satu implementasi dari *Green Energy Initiative* yaitu sebagai energi terbarukan, efisiensi energi dan energi yang bersih (Doda & Mohammad, 2018). Menurut Abdullah (2020), mengungkapkan bahwa PLTMH secara teknis terdiri dari tiga komponen utama yaitu:

1. Air sebagai sumber energi.
2. Turbin untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanis.
3. Generator untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik.

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro dibangun berdasarkan adanya aliran air yang mengalir dengan kapasitas dan ketinggian yang cukup dan memenuhi standar untuk dapat diterapkan pada sistem pembangkit listrik. Penjelasan kapasitas merujuk pada jumlah volume aliran air per satuan waktu, sedangkan

selisih ketinggian aliran air hingga diterapkannya PLTMH disebut dengan *head* tepasang (Eswanto et al., 2020). Prinsip sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro yaitu dengan memanfaatkan ketinggian dan jumlah debit air per detik yang terdapat pada aliran air. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Selanjutnya energi ini akan menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Sistem tersebut merupakan sebuah konversi energi dari bentuk ketinggian dan aliran ke dalam bentuk energi mekanik dan energi listrik (Dwiyanto et al., 2016). Berikut diagram blok sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro :



Gambar 2. 2 Diagram Blok Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Prabowo et al., 2018)

Menurut Dwiyanto et al. (2016) besarnya daya yang dapat dibangkitkan dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \rho \times Q \times g \times h \times \eta \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

$\rho$  = densitas air ( kg/m<sup>3</sup> )

Q = debit air (m<sup>3</sup> /detik)

h = tinggi terjun air efektif (m)

$\eta$  = efisiensi turbin

Menurut Rahajoeningroem & Utama (2020), ada beberapa keuntungan yang diperoleh dalam mengembangkan PLTMH yaitu :

1. Konstruksi yang digunakan cukup sederhana sehingga akan mudah dan murah dalam operasi dan perawatan.
2. Teknologi PLTMH umumnya ramah lingkungan.
3. Pengelolaan PLTMH dapat dipadukan dengan usaha lainnya seperti perikanan, pertanian dan lainnya yang memanfaatkan energi listrik serta

dalam penelitian ini dapat digunakan pada hidroponik yang memanfaatkan energi listrik sebagai sirkulasi air.

#### 2.4 Debit Air

Debit adalah banyaknya volume air yang mengalir pada setiap satuan waktu, dinyatakan dalam satuan liter/detik atau m<sup>3</sup>/detik. Debit aliran merupakan satuan tentang hidrologis pada proses yang terjadi dan dapat digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi air melalui pendekatan potensi sumber daya air permukaan yang ada (Neno et al., 2016).

Besaran debit dapat dihitung dengan :

$$\text{Debit } Q = V \times A \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/detik)

A = Luas penampang sungai (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan air rata-rata (m/detik)

#### 2.5 Water Generator DC

*Water* generator DC merupakan salah satu alat yang dapat membangkitkan listrik menggunakan output dari pompa air sebagai tenaga penggerak dengan memanfaatkan tekanan debit air yang melewati turbin yang berada di dalam generator. *Water* generator dapat menghasilkan tenaga listrik dengan masukan tenaga mekanik atau mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Spesifikasi generator DC ini adalah 12 VDC dengan arus maksimum sebesar 220mA. Bentuk fisik *water* generator dapat dilihat pada gambar 2.7 seperti berikut :



Gambar 2. 3 *Water* Generator DC

## 2.6 Inverter DC to AC

Oktavioni et al. (2021) mengungkapkan bahwa inverter DC to AC merupakan suatu perangkat elektronika yang bisa mengubah listrik searah (DC) menjadi listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan arus yang telah ditentukan. Inverter dapat dimanfaatkan ketika aki dengan sumber arus DC menjadi sumber untuk peralatan elektronik yang memerlukan sumber listrik AC.

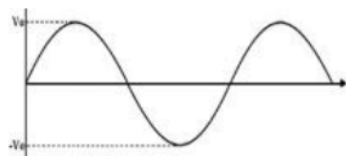


Gambar 2. 4 Power Inverter DC to AC

Berdasarkan gelombang yang dihasilkan, sinyal output inverter dibagi menjadi tiga yaitu :

### 2.6.1 Pure sine wave inverter

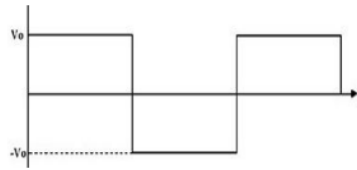
Tegangannya dapat menghasilkan output gelombang sinus murni setara PLN. Inverter ini digunakan untuk beban dengan kumparan induksi agar bekerja lebih mudah, lancar dan tidak cepat panas.



Gambar 2. 5 *Pure sine wave inverter*

### 2.6.2 Square sine wave inverter

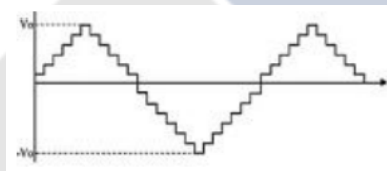
Tegangannya dapat menghasilkan gelombang persegi, inverter ini tidak cocok untuk beban AC tertentu seperti motor induksi atau transformer.



Gambar 2. 6 *Square sine wave inverter*

### 2.6.3 Modified sine wave inverter

Inverter ini merupakan hasil modifikasi dari *square sine wave inverter*. Inverter ini dapat menggerakkan perangkat menggunakan kumparan, namun memiliki faktor *energy-loss* yang besar dan tidak cocok dengan perangkat elektronik yang sensitif, misalnya laser printer tertentu, peralatan audio.



Gambar 2. 7 *Modified sine wave inverter*

### 2.7 Aki 12V DC

Menurut Suriansyah (2014), aki adalah perangkat listrik yang di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversibel* (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia *reversibel* yaitu di dalam baterai berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda - elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel.

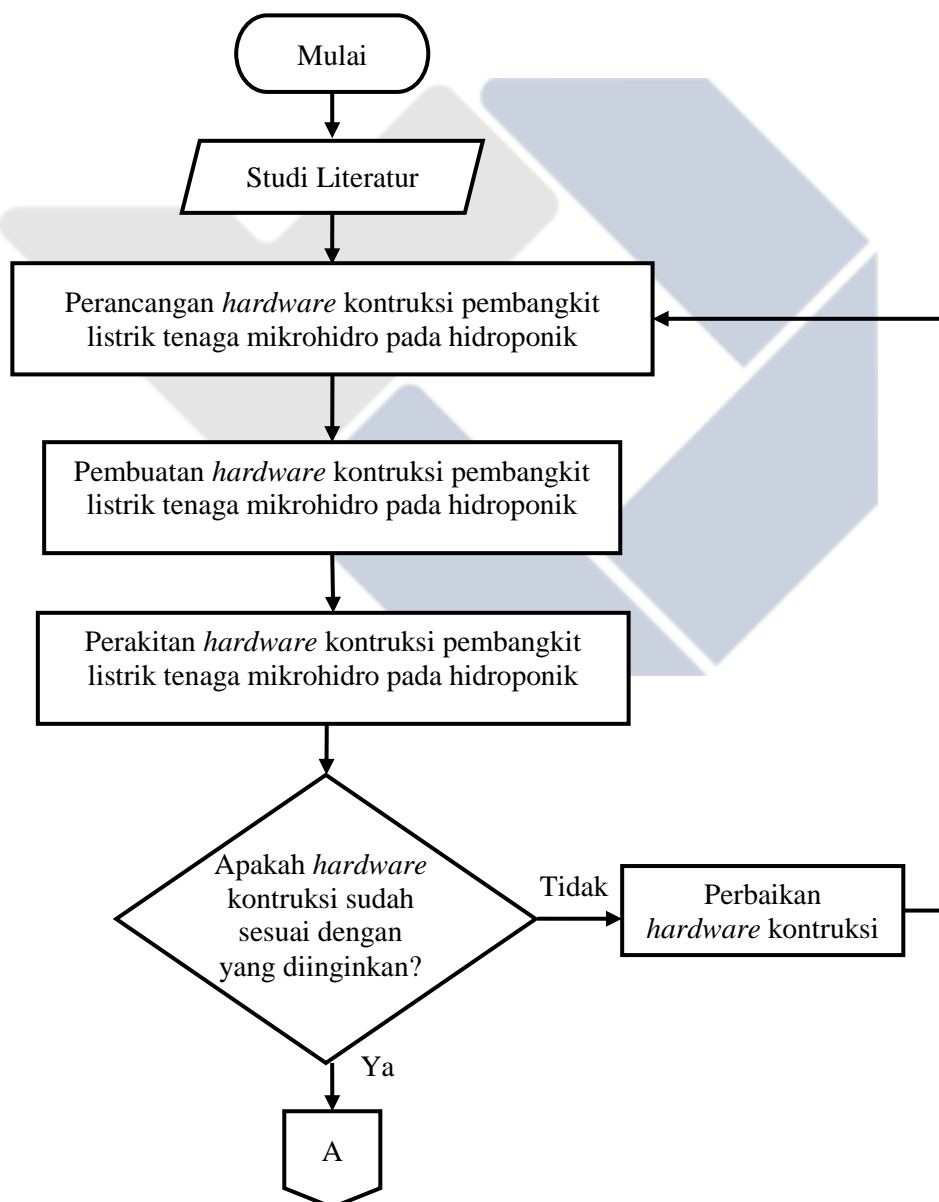


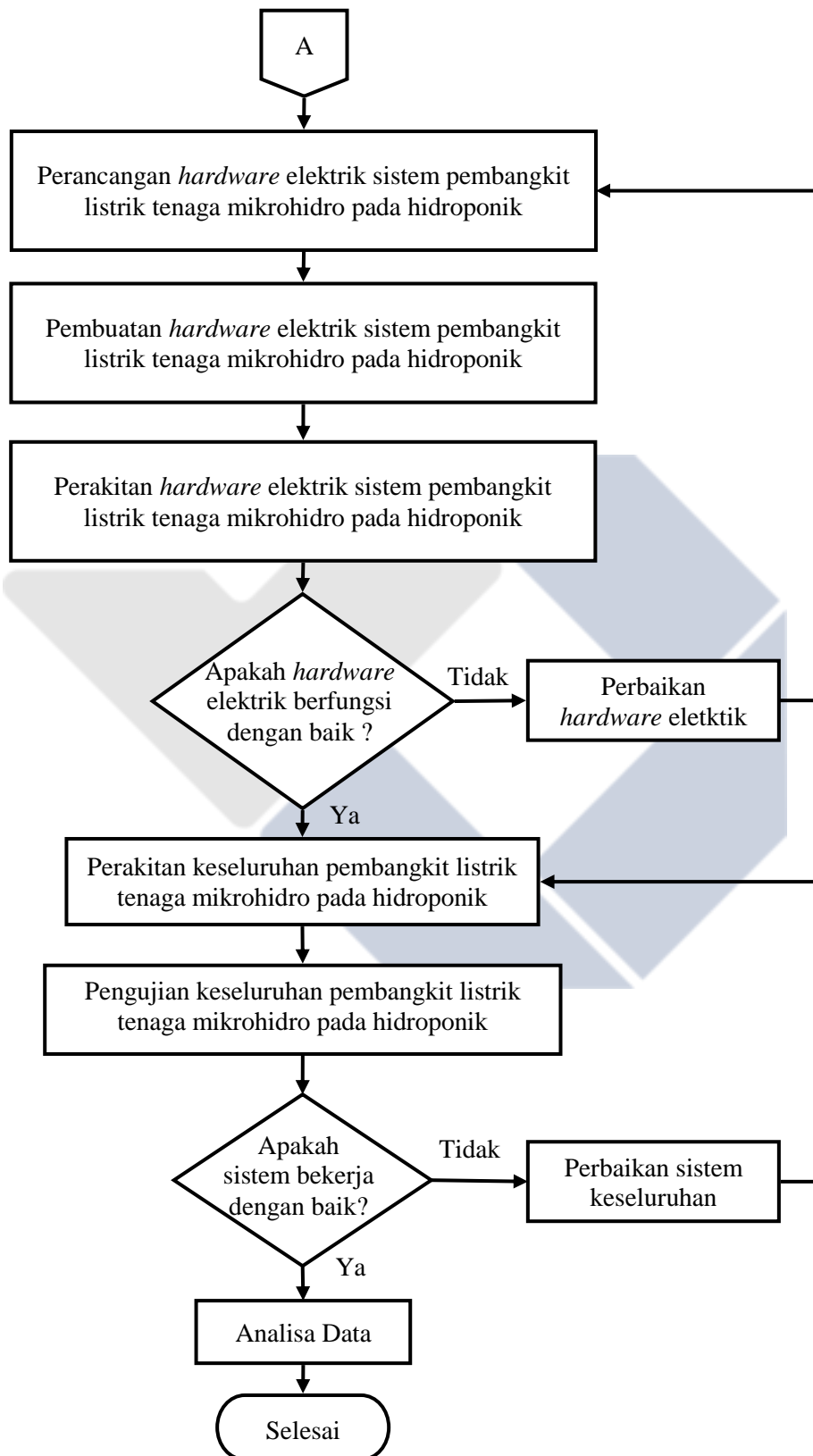
Gambar 2. 8 Aki 12V DC 10Ah

### BAB III

#### METODE PELAKSANAAN

Pada pelaksanaan Proyek Akhir dengan judul Efisiensi Energi Listrik Pada Hidroponik Sistem *Nutrient Film Technique* Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, dibuat metode pelaksanaan dalam bentuk *flowchart* yang bertujuan untuk mempermudah proses pembuatan Proyek Akhir.





Gambar 3. 1 *Flowchart* Metode Pelaksanaan



Penjelasan lebih lanjut dari *flowchart* di atas adalah sebagai berikut.

### **3.1 Studi Literatur**

Studi literatur berisi tentang kajian dari beberapa acuan yang diperoleh baik berupa karya ilmiah, jurnal, buku, maupun bersumber dari internet yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan sebagai penunjang dalam mempermudah proses penelitian ini.

### **3.2 Perancangan Hardware Konstruksi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik**

Perancangan *hardware* konstruksi pembangkit listrik mikrohidro pada hidroponik dibuat sesuai dengan bentuk yang telah ditentukan. Rancangan konstruksi pada proyek akhir ini yaitu dalam bentuk hidroponik sederhana yang terdiri dari rangka dan pipa untuk proses sirkulasi air.

### **3.3 Perakitan Hardware Konstruksi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik**

Perakitan *hardware* konstruksi dilakukan dengan menggabungkan antara rangka dan pipa sebagai proses sirkulasi air sesuai sistem NFT yang digunakan untuk tanaman hidroponik. Lalu menempatkan *box* panel kontrol elektrik pada posisi terpisah dengan rangka hidroponik dan meletakkan generator diatas konstruksi yang terhubung pada pipa dalam proses sirkulasi air.

### **3.4 Perancangan Hardware Elektrik Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik**

Perancangan *hardware* elektrik pembangkit listrik tenaga mikrohidro pada hidroponik dilakukan dengan menentukan komponen-komponen elektrik yang akan digunakan seperti : Arduino Atmega 2560, RTC DS1307, LCD (*Liquid Crystal Display*) I2C 20x4, Generator DC, Inverter DC to AC, *Step Up*, Sensor PZEM-004T, Sensor INA219, *Relay* DC, Penguat Arus, Sensor *Flowmeter*, Keran Air Otomatis, Pompa air AC 60 Watt dan Aki 12V DC 10Ah.

### **3.5 Pengujian Hardware Elektrik Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik**

Pengujian komponen elektrik dilakukan untuk mengetahui komponen yang digunakan dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang di inginkan. Pengujian komponen elektrik berupa :

1. Uji coba generator DC
2. Uji coba sensor *flowmeter*
3. Uji coba sensor INA219
4. Uji coba sensor PZEM 004T
5. Uji coba sistem kontrol

### **3.6 Perakitan Hardware Elektrik Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik**

Perakitan *hardware* elektrik pembangkit listrik tenaga mikrohidro pada hidroponik dilakukan dengan menempatkan komponen-komponen elektrik yang digunakan ke dalam *box* panel kontrol elektrik serta melakukan pengkabelan (*wiring*) sesuai dengan rangkaian.

### **3.7 Perakitan Keseluruhan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik**

Perakitan *hardware* konstruksi dan *hardware* elektrik dilakukan dengan cara merakit keseluruhan pada setiap bagian dari *hardware* konstruksi dan *hardware* elektrik digabung menjadi satu kesatuan. Perakitan konstruksi meliputi sirkulasi pemasangan pipa terhadap sistem.

### **3.8 Analisa Data**

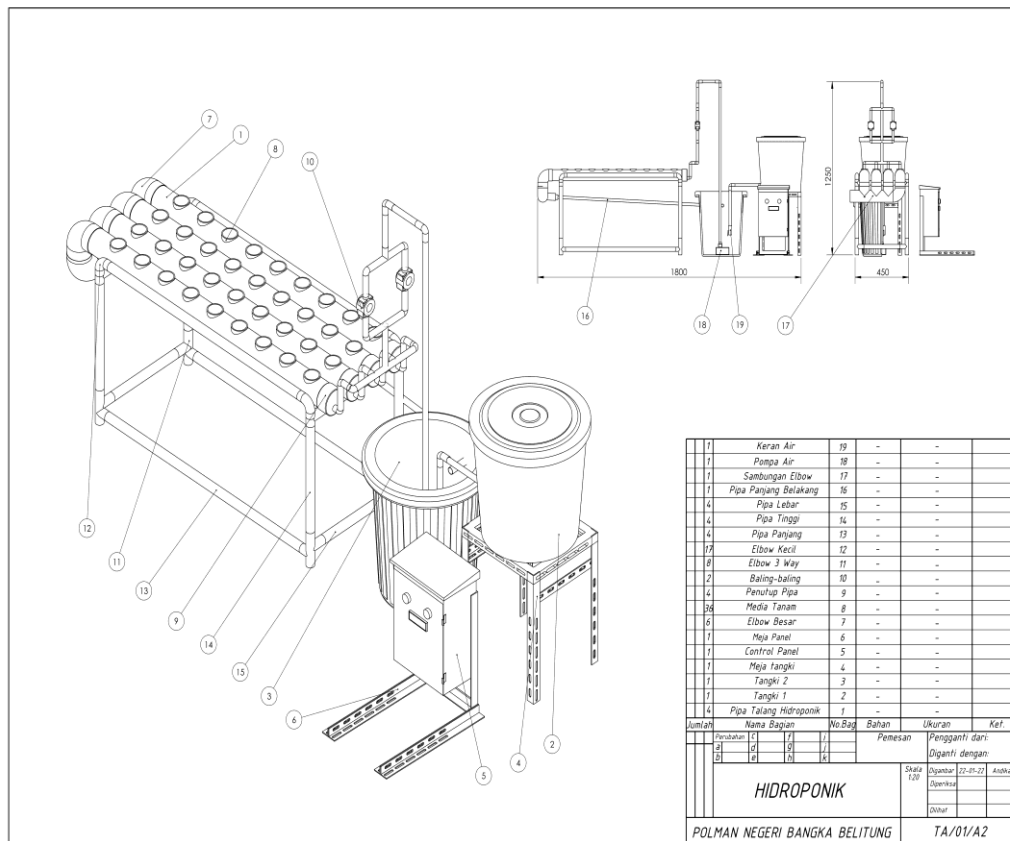
Melakukan analisis data pada hasil uji coba yang telah dilakukan yang bertujuan untuk mengetahui kekurangan terhadap alat yang telah dibuat baik dari segi konstruksi, rangkaian elektrik serta keseluruhan yang telah dibuat. Analisa data dilakukan dengan mendapatkan karakteristik tiap bagian dan kinerja sistem secara keseluruhan.

### 3.9 Pembuatan Laporan Proyek Akhir

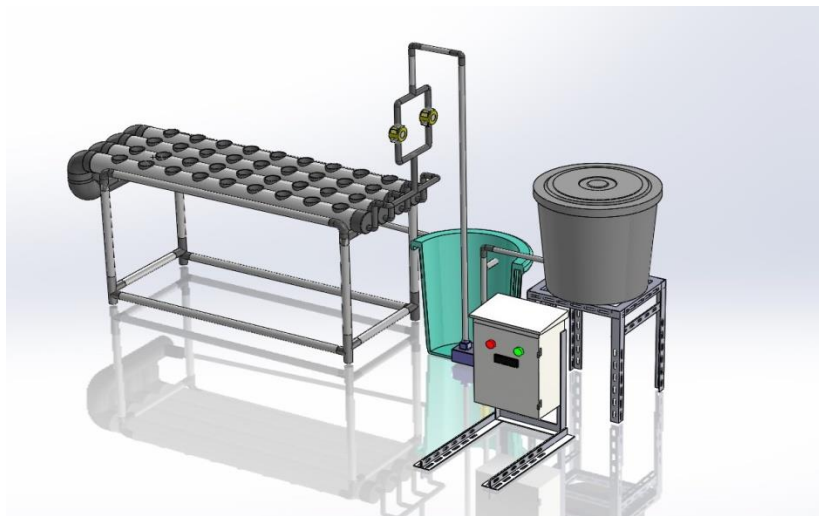
Pembuatan laporan merupakan tahap terakhir dalam pembuatan proyek akhir. Pembuatan laporan bertujuan untuk merangkum keseluruhan yang berhubungan dengan proyek akhir sekaligus memberikan informasi yang didapat pada proyek akhir yang telah dibuat.

### 3.10 Rancangan Kontruksi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik

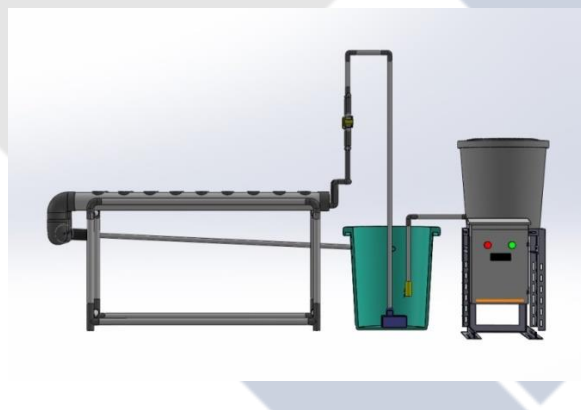
Rancangan kontruksi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik ini dirancang sesuai dengan konsep yang telah ditentukan. Rancangan kontruksi dapat dilihat pada gambar berikut :



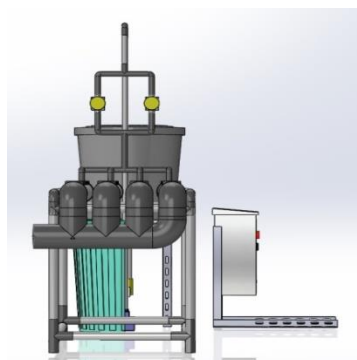
Gambar 3. 2 Rancangan Kontruksi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Pada Hidroponik



Gambar 3. 3 Rancangan konstruksi PLTMH



Gambar 3. 4 Tampak Samping



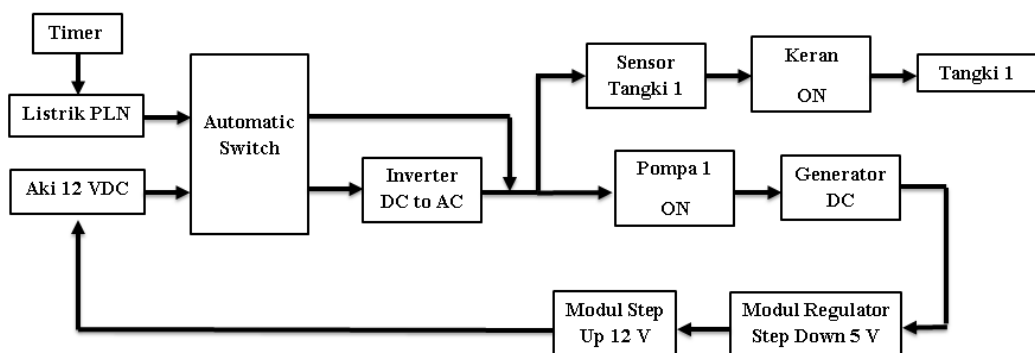
Gambar 3. 5 Tampak Depan

## BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai proses pembuatan Proyek Akhir dengan judul Efisiensi Energi Listrik Pada Hidroponik Sistem *Nutrient Film Technique* Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro berdasarkan metode pelaksanaan yang sudah dipaparkan pada bab sebelumnya.

### 4.1 Diagram Blok Sistem Kerja Alat

Diagram blok sistem kerja dari Efisiensi Energi Listrik Pada Hidroponik Sistem *Nutrient Film Technique* Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 4. 1 Diagram Blok Sistem Kerja Efisiensi Energi Listrik Pada Hidroponik Sistem *Nutrient Film Technique* Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

### 4.2 Prinsip Kerja Blok Diagram

Sistem ini menggunakan dua buah masukan yakni listrik PLN 220 VAC dan Aki 12 VDC 10 Ah. Keluaran dua masukan dihubungkan ke sistem pemisah yakni *automatic switch*. *Automatic switch* dikontrol menggunakan arduino Atmega 2560 dan RTC DS1307, dimana sistem pemisah keluaran dua masukan diatur menggunakan 5 buah *relay* 5 VDC. Awal sistem dilakukan dengan mengaktifkan

PLN sebagai sumber utama. Sumber PLN aktif selama 45 menit dalam 1 jam dan dilakukan perulangan selama 12 jam berturut-turut, kemudian setelah melebihi perulangan dalam 12 jam, sistem akan otomatis menghidupkan PLN sebagai sumber tunggal selama 12 jam berikutnya. Berjalannya sistem oleh PLN ditandai dengan nyala lampu indikator berwarna merah. Keluaran sumber PLN kemudian difungsikan sebagai masukan pompa, dalam penelitian ini pompa yang digunakan memiliki beban daya sebesar 60 Watt. Pada saat pompa aktif, air akan dialirkan ke turbin *water generator* DC. Spesifikasi tegangan *water generator* DC adalah 12 VDC dengan keluaran arus maksimum sebesar 220 mA. Nilai arus dan tegangan yang dikeluarkan *water generator* DC dinaikkan menggunakan modul *step up*, hal ini bertujuan untuk mendapatkan tegangan stabil 12 VDC yang digunakan sebagai sumber tegangan pengecasan Aki 12 VDC. Sistem berjalan secara terus menerus sampai pompa dimatikan.

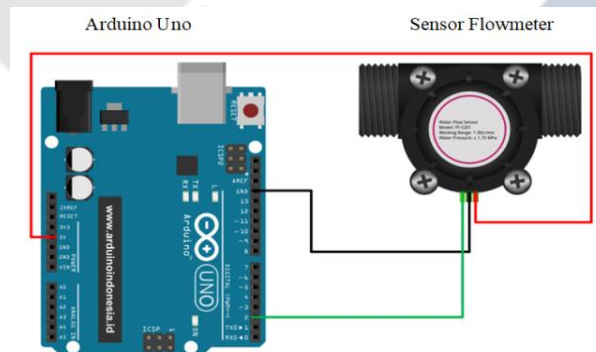
Ketika waktu pengaturan RTC DS1307 terpenuhi, maka sumber PLN akan terputus dan aki 12 VDC secara otomatis digunakan sebagai sumber sistem. Sistem aktif selama 15 menit dalam 1 jam dan dilakukan perulangan selama 12 jam berturut-turut, kemudian setelah melebihi perulangan dalam 12 jam, sistem akan otomatis mati atau tidak melakukan perulangan kembali dan menghidupkan PLN sebagai sumber tunggal selama 12 jam berikutnya. Nilai tegangan dan arus pada aki 12 VDC, dikonversi menjadi tegangan AC 220 V menggunakan *inverter* 12 VDC to 220 VAC dengan kapasitas 500 Watt. Berjalannya sistem efisiensi ditandai dengan nyala lampu indikator berwarna hijau. Sama seperti sebelumnya, keluaran sumber sistem efisiensi juga difungsikan sebagai masukan pompa yang kemudian juga digunakan sebagai sistem pengecasan aki 12 VDC. Sensor tangki 1 dimaksudkan untuk mendeteksi volume air yang ada pada tangki 1. Seiring dengan sirkulasi air terus menerus, volume air akan berkurang akibat penyerapan akar tanaman. Untuk itu, apabila volume air telah melewati batas normal yang ditentukan, maka sensor tangki 1 secara otomatis membuka keran pada tangki 2. Dengan demikian, ketersediaan air pada tangki 1 akan selalu terjaga.

### 4.3 Sensor Flowmeter

Pada penggunaan *flowmeter* disiapkan dengan sensor *flowmeter* yang sudah jadi dan siap digunakan. Hal ini dapat meminimalisir waktu dalam proses pengerjaan proyek akhir Efisiensi Energi Listrik Pada Hidroponik Sistem *Nutrient Film Technique* Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.

#### 4.3.1 Pengujian Sensor *Flowmeter*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui aliran debit yang terbaca oleh sensor dengan menghubungkan kabel VCC (merah) ke 5V Arduino Atmega 2560, kabel GND (hitam) dihubungkan ke GND pada Arduino ATmega 2560 dan menghubungkan kabel output (kuning) ke kaki 2 pada Arduino ATmega 2560. Kemudian membuat program untuk menampilkan debit aliran yang terbaca oleh sensor *flowmeter* pada *software* Arduino. Berikut hasil pengujian sensor *flowmeter*, dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.



Gambar 4. 2 Skematik Pengujian Sensor *Flowmeter*

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sensor *Flowmeter*

Tinggi Pipa (cm)	Debit ( L/min )			
	¼ Keran	½ Keran	¾ Keran	Full Keran
30	6	-	-	-
	-	11	-	-
	-	-	19	-
	-	-	-	25

	2	-	-	-
60	-	9	-	-
	-	-	17	-
	-	-	-	24
	1	-	-	-
90	-	6	-	-
	-	-	14	-
	-	-	-	21
	1	-	-	-
120	-	5	-	-
	-	-	11	-
	-	-	-	18
	1	-	-	-

Dari data Tabel 4.1 yang sudah dibuat ketika tinggi pipa dengan ukuran 30 cm, debit pada  $\frac{1}{4}$  kran = 6 liter/menit,  $\frac{1}{2}$  kran = 11 liter/menit,  $\frac{3}{4}$  kran = 19 liter/menit, & full kran = 25 liter/min, dengan ini semakin besar kran dibuka maka debit aliran yang terukur semakin besar. Begitu juga pada tinggi pipa yang berbeda, akan tetapi semakin tinggi ukuran pipa, debit aliran yang terukur lebih kecil dari tinggi pipa sebelumnya. Hal ini dapat disimpulkan pada pengujian generator ini, tinggi pipa sangat mempengaruhi debit yang mengalir.

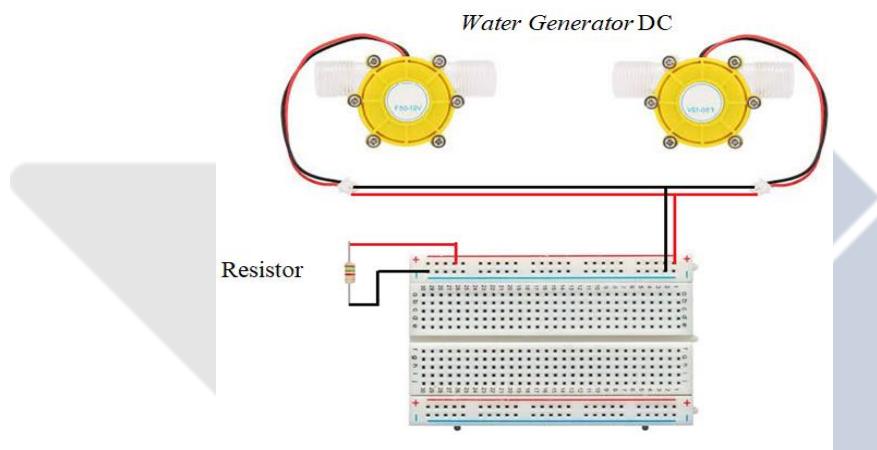
#### 4.4 Water Generator DC

Pada penggunaan water generator DC disiapkan dengan *water generator* yang sudah jadi dengan turbin tertutup dan siap digunakan. Hal ini dapat meminimalisir waktu dalam proses pengerjaan proyek akhir Efisiensi Energi Listrik Pada Hidroponik Sistem *Nutrient Film Technique* Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.



#### 4.4.1 Pengujian *Water Generator* DC

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keluaran yang didapat generator dan mengetahui rpm pada generator dengan tinggi pipa berbeda dan menggunakan beban resistor. Pengujian dilakukan dengan menentukan tinggi pipa terlebih dahulu untuk mengalirkan air dari pompa ke generator, mulai dari tinggi 30 cm, 60 cm, 90 cm dan 120 cm. Kemudian menghubungkan keluaran generator ke beban resistor 100  $\Omega$ , 220  $\Omega$ , 1 k $\Omega$  dan 3,3 k $\Omega$ . Hasil pengujian *water generator* DC dapat dilihat sebagai berikut :

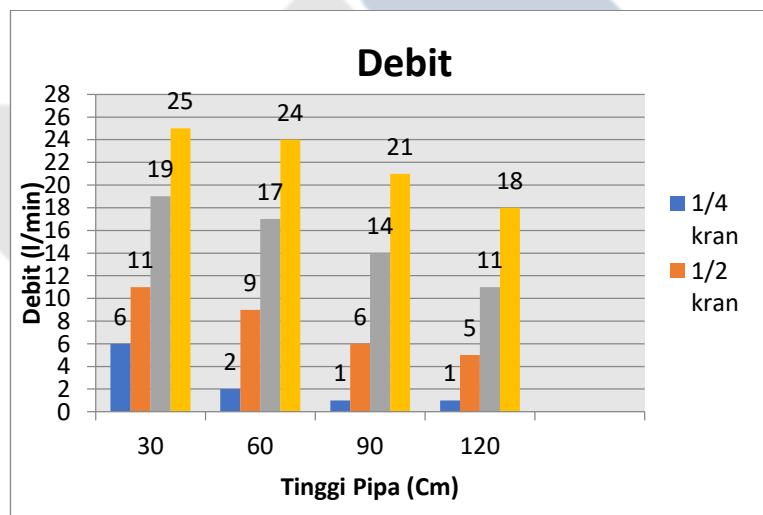


Gambar 4. 3 Skematik Pengujian *Water Generator* DC

Tabel 4. 2 Data RPM Generator Terhadap Debit

Tinggi Pipa (cm)	Debit ( L/min )				RPM
	¼ Keran	½ Keran	¾ Keran	Full Keran	
30	6	-	-	-	522
	-	11	-	-	741
	-	-	19	-	1252
	-	-	-	25	1402
60	2	-	-	-	451
	-	9	-	-	734
	-	-	17	-	1130
	-	-	-	24	1357

90	1	-	-	-	446
	-	6	-	-	511
	-	-	14	-	1147
	-	-	-	21	1326
120	1	-	-	-	333
	-	5	-	-	446
	-	-	11	-	1135
	-	-	-	18	1290

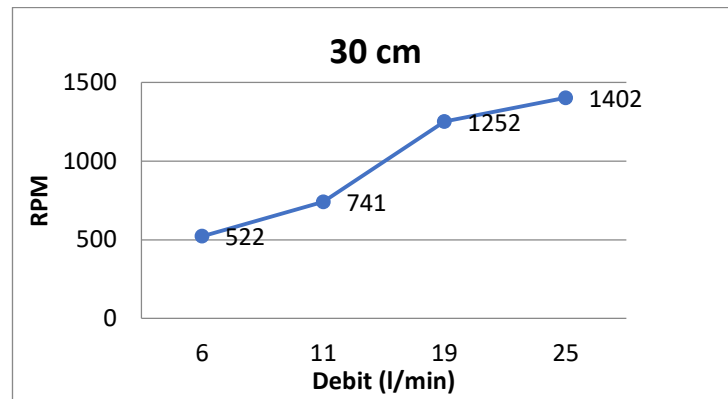


Gambar 4. 4 Grafik Tabel 4.2 Water Generator DC

Pada tabel 4.2 rpm generator pada setiap tinggi pipa, rpm paling tinggi dengan nilai 1402 diukur menggunakan *tachometer* terdapat pada tinggi 30 cm dengan debit aliran yang terukur sebesar 25 liter/menit. Rpm tertinggi terukur ketika debit aliran paling besar. Dapat disimpulkan dari gambar 4.2 semakin besar nilai debit aliran yang terukur, maka semakin tinggi nilai rpm. Dan dari data sebelumnya, tinggi pipa memengaruhi nilai debit yang terukur, begitu juga debit yang mengalir memengaruhi rpm pada generator, maka demikian tinggi pipa juga mempengaruhi performa generator. Berikut hasil output generator pada setiap putaran keran berbeda dengan menggunakan beban resistor dan tanpa beban :

Tabel 4. 3 Data Keluaran Generator DC Putaran Keran ¼

Tinggi Pipa (cm)	Beban Resistor ( $\Omega$ )	Hasil Pengukuran				RPM
		Sensor INA219		Alat Ukur		
		Tegangan (V)	Arus (mA)	Tegangan (V)	Arus (mA)	
30	-	4,28	-	4,19	-	522
	100	0,46	6,64	0,38	5,40	268
	220	0,76	5,50	0,51	4,50	314
	1k	2,07	4,70	1,93	4,10	443
	3,3k	2,68	2,70	2,40	2,20	476
60	-	3,84	-	3,55	-	451
	100	0,38	4,80	0,29	4,45	231
	220	0,51	3,50	0,35	3,00	276
	1k	1,02	1,80	0,86	1,60	373
	3,3k	2,41	0,50	2,35	0,50	385
90	-	3,52	-	3,40	-	446
	100	0,25	4,60	0,17	4,24	255
	220	0,36	3,30	0,20	2,96	279
	1k	0,97	1,80	0,88	1,55	401
	3,3	2,20	0,50	2,00	0,37	430
120	-	2,38	-	2,09	-	333
	100	0,16	1,40	0,10	1,22	162
	220	0,26	0,70	0,20	0,65	191
	1k	0,84	0,60	0,75	0,53	211
	3,3	1,80	0,10	1,47	0,10	329

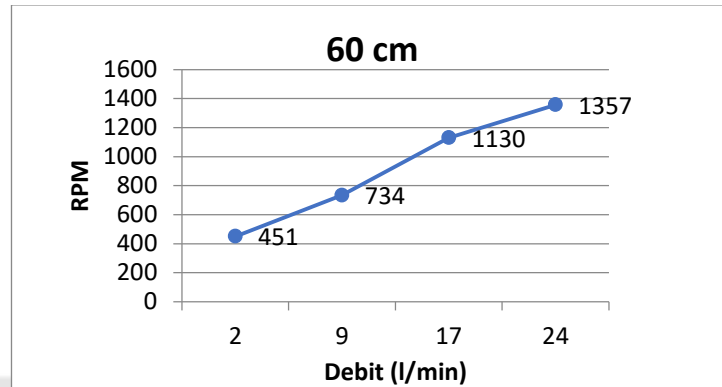


Gambar 4. 5 Grafik Tabel 4.3 *Water Generator DC*

Tabel 4. 4 Data Keluaran Generator DC Putaran Keran ½

Tinggi Pipa (cm)	Beban Resistor ( $\Omega$ )	Hasil Pengukuran				RPM
		Sensor INA219		Alat Ukur		
		Tegangan (V)	Arus (mA)	Tegangan (V)	Arus (mA)	
30	-	6,34	-	6,22	-	741
	100	1,24	15,50	1,20	15,34	449
	220	1,92	10,20	1,87	10,00	529
	1k	4,30	4,80	4,10	4,71	656
	3,3k	5,12	1,40	4,96	1,35	711
60	-	6,10	-	5,90	-	734
	100	1,07	13,20	1,02	12,72	420
	220	2,08	10,00	1,90	9,83	497
	1k	4,19	4,60	4,00	4,55	622
	3,3k	5,09	1,80	4,97	1,71	696
90	-	4,02	-	4,00	-	511
	100	0,40	4,70	0,33	4,70	269
	220	0,90	4,80	0,82	4,68	294
	1k	2,32	2,10	1,96	1,85	433
	3,3	3,32	0,80	2,88	0,60	494
120	-	2,95	-	2,77	-	446
	100	0,22	3,60	0,20	3,46	213

220	0,50	2,10	0,34	2,00	257
1k	1,33	1,00	1,15	0,95	413
3,3	2,52	0,30	2,37	0,30	451

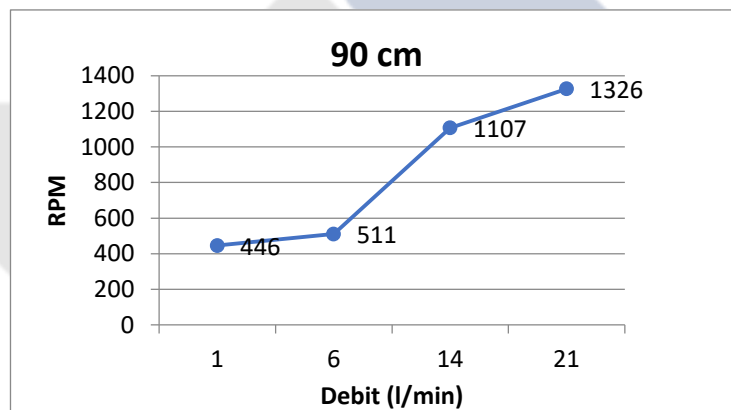


Gambar 4. 6 Grafik Tabel 4.4 Water Generator DC

Tabel 4. 5 Data Keluaran Generator DC Putaran Keran  $\frac{3}{4}$

Tinggi Pipa (cm)	Beban Resistor ( $\Omega$ )	Hasil Pengukuran				RPM
		Sensor INA219		Alat Ukur		
		Tegangan (V)	Arus (mA)	Tegangan (V)	Arus (mA)	
30	-	11,18	-	11,10	-	1250
	100	2,44	28,90	2,32	26,50	818
	220	4,37	23,40	4,18	21,20	969
	1k	8,09	9,40	7,86	9,18	1152
	3,3k	9,84	3,00	9,65	2,83	1194
60	-	11,03	-	10,80	-	1203
	100	2,12	27,30	2,00	24,47	714
	220	3,74	21,10	3,52	20,00	850
	1k	7,42	8,60	7,28	8,46	1055
	3,3k	9,08	2,90	8,70	2,74	1130
90	-	10,24	-	10,18	-	1147
	100	2,20	25,80	2,07	24,32	701

	220	3,77	19,70	3,44	19,47	838
	1k	7,15	8,10	7,02	7,91	1004
	3,3	8,83	2,80	8,57	2,66	1107
	-	10,02	-	10,01	-	1135
	100	2,10	25,60	2,00	25,55	677
120	220	3,74	19,00	3,38	18,76	763
	1k	7,19	8,00	6,90	7,80	962
	3,3	8,60	2,90	8,33	2,60	1100

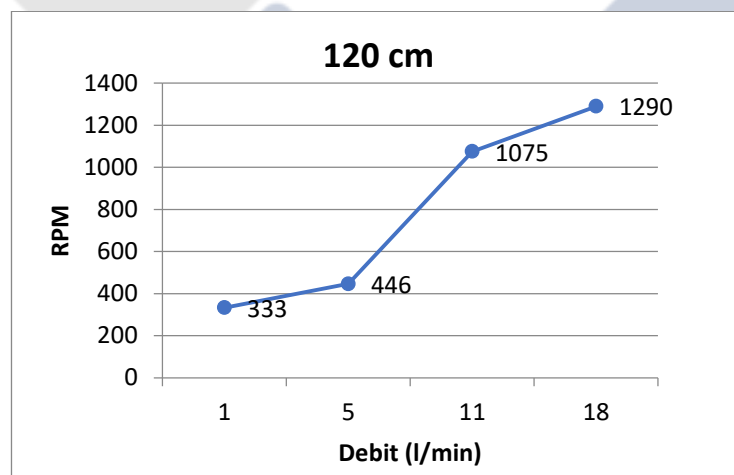


Gambar 4. 7 Grafik Tabel 4.5 *Water Generator DC*

Tabel 4. 6 Data Keluaran Generator DC Putaran Keran Penuh

Tinggi Pipa (cm)	Beban Resistor ( $\Omega$ )	Hasil Pengukuran				RPM
		Sensor INA219		Alat Ukur		
		Tegangan (V)	Arus (mA)	Tegangan (V)	Arus (mA)	
	-	11,64	-	11,60	-	1402
	100	3,11	37,10	3,05	36,77	956
30	220	5,21	27,50	5,10	27,23	980
	1k	9,18	10,80	8,95	10,54	1199
	3,3k	11,13	3,70	10,88	3,50	1372
	-	11,33	-	11,28	-	1357
60	100	3,00	33,70	2,96	33,48	897

	220	4,96	25,40	4,78	25,15	977
	1k	8,70	10,20	8,55	10,00	1203
	3,3k	10,52	3,70	10,20	3,45	1280
	-	11,17	-	11,02	-	1326
	100	2,70	31,80	2,56	31,53	884
90	220	4,79	23,50	4,48	23,22	966
	1k	8,70	9,50	8,65	9,35	1200
	3,3	10,18	3,60	10,00	3,47	1302
	-	11,15	-	10,94	-	1290
	100	2,67	30,50	2,44	30,35	723
120	220	4,43	22,10	4,35	22,00	951
	1k	8,30	8,30	8,00	8,00	1193
	3,3	9,91	3,40	9,50	3,10	1271



Gambar 4. 8 Grafik Tabel 4.6 *Water* Generator DC

Hasil pengukuran output generator pada setiap putaran kran dan tinggi pipa, menggunakan beban resistor yang berbeda, tegangan berbanding terbalik dengan arus yang didapat. Semakin besar beban maka semakin besar tegangan yang terukur dan sebaliknya semakin kecil arus yang didapat, seperti data di atas pada tinggi pipa 30 cm dengan kran dibuka penuh didapat tegangan pada beban 100  $\Omega$

sebesar 3,11 V dan arus 37,10 mA sedangkan pada beban 3,3 k $\Omega$  tegangan terukur sebesar 11,13 V dan arus 3,70 mA. Semakin besar beban yang digunakan maka semakin besar rpm yang terukur, seperti data yang telah didapat, pada tinggi pipa 120 cm dengan kran dibuka penuh dan menggunakan beban resistor 1 k $\Omega$  didapat rpm sebesar 1193, sedangkan ketika beban resistor 3,3 k $\Omega$  rpm terukur 1271. Setelah dilakukan pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa beban dengan nilai berbeda mempengaruhi output dan rpm pada generator, semakin besar beban yang diberikan maka semakin besar tegangan dan rpm yang terukur, akan tetapi arus akan mengecil ketika beban semakin besar.

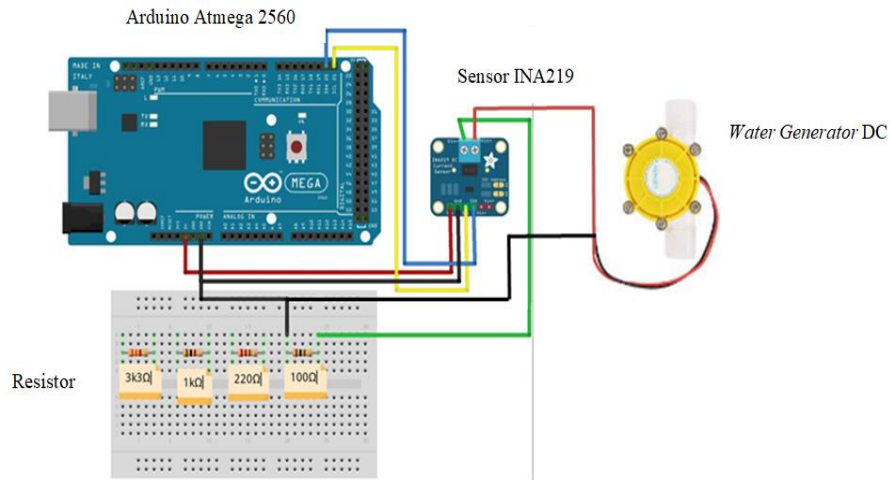
#### **4.5 Sensor INA219**

Pada penggunaan sensor INA219 disiapkan dengan sensor INA219 yang sudah jadi dan siap digunakan. Hal ini dapat meminimalisir waktu dalam proses pengerjaan proyek akhir Efisiensi Energi Listrik Pada Hidroponik Sistem *Nutrient Film Technique* Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Hasil pengujian modul sensor INA219 dapat dilihat pada tabel 4.7 sebagai berikut :

##### **4.5.1 Pengujian Sensor INA219**

Pengujian sensor INA219 berfungsi untuk mengetahui tegangan dan arus DC yang terbaca oleh sensor. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan modul sensor INA219 ke Arduino ATmega 2560 dengan sumber generator DC dan kemudian dihubungkan ke beban resistor. Hasil pengujian modul sensor INA219 dapat dilihat pada tabel 4.7 sebagai berikut :

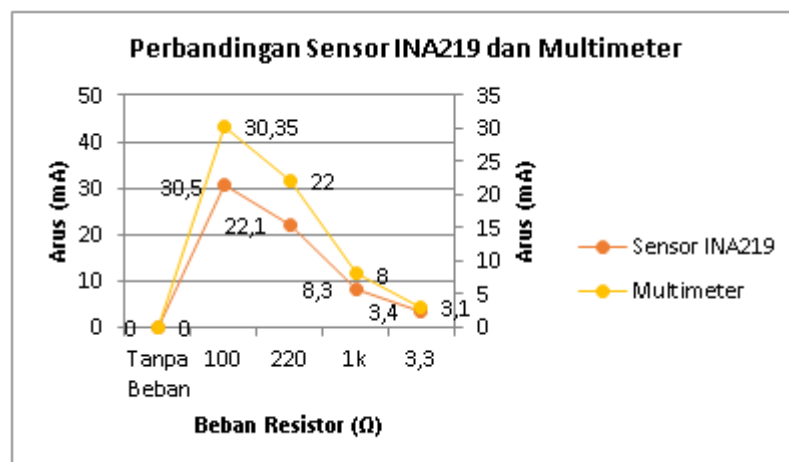




Gambar 4. 9 Skematik Pengujian Sensor INA219

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Sensor INA219

Beban Resistor ( $\Omega$ )	Sensor INA219		Alat Ukur	
	Tegangan (V)	Arus (mA)	Tegangan (V)	Arus (mA)
-	11,15	-	10,94	-
100	2,67	30,50	2,44	30,35
220	4,43	22,10	4,35	22,00
1k	8,30	8,30	8,00	8,00
3,3	9,91	3,40	9,50	3,10



Gambar 4. 10 Grafik Tabel 4.7 Sensor INA219

Pengujian sensor INA219 dilakukan dengan membandingkan tingkat keakuratan pengukuran antara sensor dan alat ukur (multimeter). Pada tabel 4.7 menunjukkan bahwa beban yang digunakan dalam percobaan ini menggunakan nilai resistansi tanpa beban, 100  $\Omega$ , 220  $\Omega$ , 1k  $\Omega$ , 3,3k  $\Omega$ . Hasil pengukuran tegangan dan arus menggunakan INA219 dengan beban 100  $\Omega$  sebesar 2,67V 30,50 mA, sedangkan nilai yang dikeluarkan oleh alat ukur sebesar 2,44 V 30,35 mA. Persentase eror dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$error = \frac{(\text{nilai tegangan alat ukur} - \text{nilai tegangan sensor})}{\text{nilai tegangan alat ukur}} \times 100\% \dots \dots \dots (4.1)$$

$$error = \frac{(\text{nilai tegangan alat ukur} - \text{nilai tegangan sensor})}{\text{nilai tegangan alat ukur}} \times 100\% \dots \dots \dots (4.2)$$

Diketahui :

- Nilai Uji Resistansi = Tanpa Beban, 100  $\Omega$ , 220  $\Omega$ , 1k  $\Omega$ , 3,3k  $\Omega$
- Alat Pengujian = Sensor INA219, Multimeter

Ditanya :

- Persentase Eror Tegangan Alat Pengujian
- Persentase Eror Arus Alat Pengujian

Pembahasan :

- Persentase Eror Tegangan Tanpa Beban

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

$$error = \frac{(10,94 - 11,15)}{11,15} \times 100\% = 1,88 \%$$

- Persentase Eror Arus Tanpa Beban

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

$$error = \frac{(0 - 0)}{0} \times 100\% = 0 \%$$

- Persentase Error Tegangan Dengan Beban 100  $\Omega$

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

$$error = \frac{(2,44 - 2,67)}{2,44} \times 100\% = 9,42 \%$$

- Persentase Error Arus Dengan Beban 100  $\Omega$

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

$$error = \frac{(30,35 - 30,50)}{30,35} \times 100\% = 0,49 \%$$

- Persentase Error Tegangan Dengan Beban 220  $\Omega$

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

$$error = \frac{(4,35 - 4,43)}{4,35} \times 100\% = 1,83 \%$$

- Persentase Error Arus Dengan Beban 220  $\Omega$

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

$$error = \frac{(22,0 - 22,10)}{22,0} \times 100\% = 0,45 \%$$

- Persentase Error Tegangan Dengan Beban 1k  $\Omega$

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

$$error = \frac{(8,0 - 8,30)}{8,0} \times 100\% = 3,75 \%$$

- Persentase Error Arus Dengan Beban 1k  $\Omega$

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

$$error = \frac{(8,0 - 8,30)}{8,30} \times 100\% = 3,75 \%$$

- Persentase Error Tegangan Dengan Beban 3,3k  $\Omega$

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

$$error = \frac{(9,50 - 9,91)}{9,50} \times 100\% = 4,31 \%$$

- Persentase Error Arus Dengan Beban 3,3k  $\Omega$

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

$$error = \frac{(3,10 - 3,40)}{3,10} \times 100\% = 9,67 \%$$

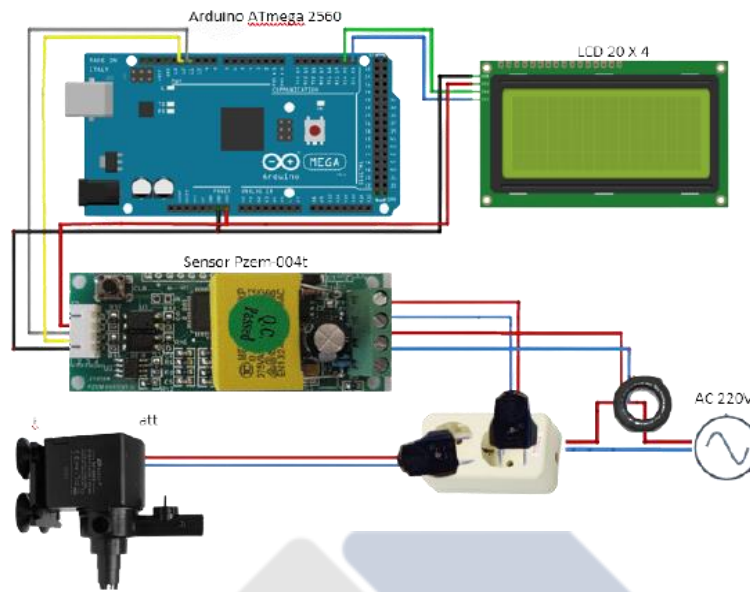
Berdasarkan hasil perhitungan persentase eror diatas, nilai tegangan eror tertinggi berada pada pengukuran INA219 dan alat ukur dengan beban sebesar 100  $\Omega$ , sedangkan nilai arus eror tertinggi berada pada pengukuran INA219 dan alat ukur dengan beban sebesar 3,3k  $\Omega$ . Berdasarkan sampel pengujian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa, sensor INA219 dikatakan layak untuk digunakan sebagai sensor pengukuran tegangan dan arus pada sistem yang akan dbuat.

#### **4.6 Sensor PZEM-004T**

Pada penggunaan sensor PZEM-004T disiapkan dengan sensor PZEM-004 T yang sudah jadi dan siap digunakan. Hal ini dapat meminimalisir waktu dalam proses pengerjaan proyek akhir Efisiensi Energi Listrik Pada Hidroponik Sistem *Nutrient Film Technique* Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Hasil pengujian modul sensor PZEM-004T dapat dilihat pada tabel 4.8 dan tabel 4.9 sebagai berikut :

##### **4.6.1 Pengujian Sensor PZEM-004T**

Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui tegangan, arus, daya, frekuensi, energi, dan power faktor yang terbaca oleh sensor PZEM-004T. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan pin 5V, GND, RX dan TX pada sensor PZEM-004T ke Arduino ATmega 2560. Pada Arduino pin 11 sebagai RX dan 12 sebagai TX. Berikut skematik sensor PZEM-004T sebagai berikut :



Gambar 4. 11 Skematik Sensor PZEM-004T

Hasil pengujian modul sensor PZEM-004T dapat dilihat pada tabel 4.8 dan tabel 4.9 sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Sensor PZEM-004T Dengan Sistem Efisiensi

Beban (Watt)	Tegangan (V)	Sensor PZEM-004T			Alak Ukur	
		Arus (A)	Daya (P)	Faktor Daya (Cos $\phi$ )	Tegangan (V)	Arus (A)
Pompa Air (60 W)	208	0,20	24,60	0,5	205	0,18
Lampu Indikator (3 watt)	208	0,08	1	0,06	205	0,06

Berdasarkan data pengujian sensor PZEM-004T dengan sistem efisiensi, dimana pada sistem efisiensi ini, tegangan arus bolak balik dihasilkan oleh konversi energi Aki 12 VDC 10 Ah yang disalurkan ke inverter 500 watt, yang kemudian keluaran inverter digunakan sebagai sumber pengujian sensor dengan beban pompa air 60 watt dan lampu indikator 3 watt. Pada beban pompa air, sensor PZEM-004T mendeteksi tegangan dan arus sebesar 208 VAC 0,20 A dan

pada beban lampu indikator sensor PZEM-004T mendeteksi tegangan dan arus sebesar 205 VAC 0,08 A. Sedangkan pada beban pompa air, alat ukur (multimeter) mendeteksi tegangan dan arus sebesar 208 VAC 0,08 A dan pada beban lampu indikator alat ukur (multimeter) mendeteksi tegangan dan arus sebesar 205 VAC 0,06 A. Berdasarkan data tersebut dapat dihitung nilai eror sebagai berikut.

- Persentase Error Tegangan Dengan Beban Pompa Air

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

$$error = \frac{(205 - 208)}{205} \times 100\% = 1,46 \%$$

- Persentase Error Arus Dengan Beban Pompa Air

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

$$error = \frac{(0,18 - 0,20)}{0,18} \times 100\% = 11,11 \%$$

- Persentase Error Tegangan Dengan Beban Lampu Indikator

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

$$error = \frac{(205 - 208)}{205} \times 100\% = 1,46 \%$$

- Persentase Error Arus Dengan Beban lampu Indikator

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

$$error = \frac{(0,06 - 0,08)}{0,06} \times 100\% = 33,33 \%$$

Pada tabel didapat juga pengukuran daya listrik oleh sensor PZEM-004T yakni pada beban pompa listrik, daya yang dihasilkan sebesar 24,60 Watt dengan power faktor 0,5 dan pada beban lampu indikator, daya yang listrik yang dihasilkan sebesar 1 Watt dengan power faktor 0,06. Untuk membandingkan hasil pengukuran perlu dilakukan perhitungan daya dengan rumus sebagai berikut.

$$Daya = V \times I \times \text{Cos}\phi \dots \dots \dots (4.3)$$

Diketahui :

- Tegangan Alat Ukur Beban Pompa Air = 205 VAC
- Tegangan Alat Ukur Beban Lampu Indikator = 205 VAC
- Arus Alat Ukur Beban Pompa Air = 0,18 A
- Arus Alat Ukur Beban Lampu Indikator = 0,06 A
- Power Faktor PZEM-004T beban Pompa Air = 0,5
- Power Faktor PZEM-004T beban Pompa Air = 0,06

Ditanya :

- Daya Perhitungan Alat Ukur Beban Pompa Air
- Daya Perhitungan Alat Ukur Beban Lampu Indikator

Pembahasan :

- Daya Perhitungan Alat Ukur Beban Pompa Air =  

$$Daya = V \times I \times \cos\phi$$

$$Daya = 205 \times 0,18 \times 0,5$$

$$Daya = 18,45 \text{ Watt}$$
- Daya Perhitungan Alat Ukur Beban Lampu Indikator =  

$$Daya = V \times I \times \cos\phi$$

$$Daya = 205 \times 0,06 \times 0,06$$

$$Daya = 0,738 \text{ Watt}$$

Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Sensor PZEM-004T Menggunakan Listrik PLN

Beban (Watt)	Sensor PZEM-004T				Alak Ukur	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Power Faktor (Cos φ)	Tegangan (V)	Arus (A)
Pompa Air (60 W)	234	0,24	25,40	0,5	232	0,21
Lampu Indikator (3 watt)	234	0,09	0,70	0,06	232	0,085

Berdasarkan data pengujian sensor PZEM-004T dengan sumber PLN yang difungsikan sebagai input pengujian sensor dan alat ukur (multimeter) dengan beban pompa air 60 watt dan lampu indikator 3 watt. Pada beban pompa air, sensor PZEM-004T mendeteksi tegangan dan arus sebesar 234 VAC 0,24 A dan pada beban lampu indikator sensor PZEM-004T mendeteksi tegangan dan arus sebesar 234 VAC 0,09 A. Sedangkan pada beban pompa air, alat ukur (multimeter) mendeteksi tegangan dan arus sebesar 232 VAC 0,21 A dan pada beban lampu indikator alat ukur (multimeter) mendeteksi tegangan dan arus sebesar 232 VAC 0,085 A. Berdasarkan data tersebut dapat dihitung nilai eror sebagai berikut.

- Persentase Error Tegangan Dengan Beban Pompa Air

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

$$error = \frac{(232 - 234)}{232} \times 100\% = 0,86 \%$$

- Persentase Error Arus Dengan Beban Pompa Air

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

$$error = \frac{(0,21 - 0,24)}{0,21} \times 100\% = 14,28 \%$$

- Persentase Error Tegangan Dengan Beban Lampu Indikator

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

$$error = \frac{(232 - 234)}{232} \times 100\% = 0,86 \%$$

- Persentase Error Arus Dengan Beban lampu Indikator

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

$$error = \frac{(0,085 - 0,09)}{0,085} \times 100\% = 5,88 \%$$



Pada tabel didapat juga pengukuran daya listrik oleh sensor PZEM-004T yakni pada beban pompa listrik, daya yang dihasilkan sebesar 25,40 Watt dengan power faktor 0,5 dan pada beban lampu indikator, daya yang listrik yang dihasilkan sebesar 0,70 Watt dengan power faktor 0,06. Untuk membandingkan hasil pengukuran perlu dilakukan perhitungan daya dengan rumus sebagai berikut.

$$Daya = V \times I \times \text{Cos}\varphi \dots\dots\dots(4.3)$$

Diketahui :

- Tegangan Alat Ukur Beban Pompa Air = 232 VAC
- Tegangan Alat Ukur Beban Lampu Indikator = 232 VAC
- Arus Alat Ukur Beban Pompa Air = 0,21 A
- Arus Alat Ukur Beban Lampu Indikator = 0,085 A
- Power Faktor PZEM-004T beban Pompa Air = 0,5
- Power Faktor PZEM-004T beban Pompa Air = 0,06

Ditanya :

- Daya Perhitungan Alat Ukur Beban Pompa Air
- Daya Perhitungan Alat Ukur Beban Lampu Indikator

Pembahasan :

- Daya Perhitungan Alat Ukur Beban Pompa Air =  

$$Daya = V \times I \times \text{Cos}\varphi$$

$$Daya = 232 \times 0,21 \times 0,5$$

$$Daya = 24,36 \text{ Watt}$$
- Daya Perhitungan Alat Ukur Beban Lampu Indikator =  

$$Daya = V \times I \times \text{Cos}\varphi$$

$$Daya = 232 \times 0,085 \times 0,06$$

$$Daya = 1,18 \text{ Watt}$$

#### 4.7 Pengujian Keluaran Generator ke Modul *Step Up* 12 V Menggunakan Listrik PLN

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keluaran generator yang masuk ke modul *step up* 12 V yang diukur secara manual dengan menggunakan multimeter. Berikut tegangan dan arus dari generator yang masuk ke modul *step up* 12 V :



Gambar 4. 12 Pengukuran Tegangan Generator (VDC)

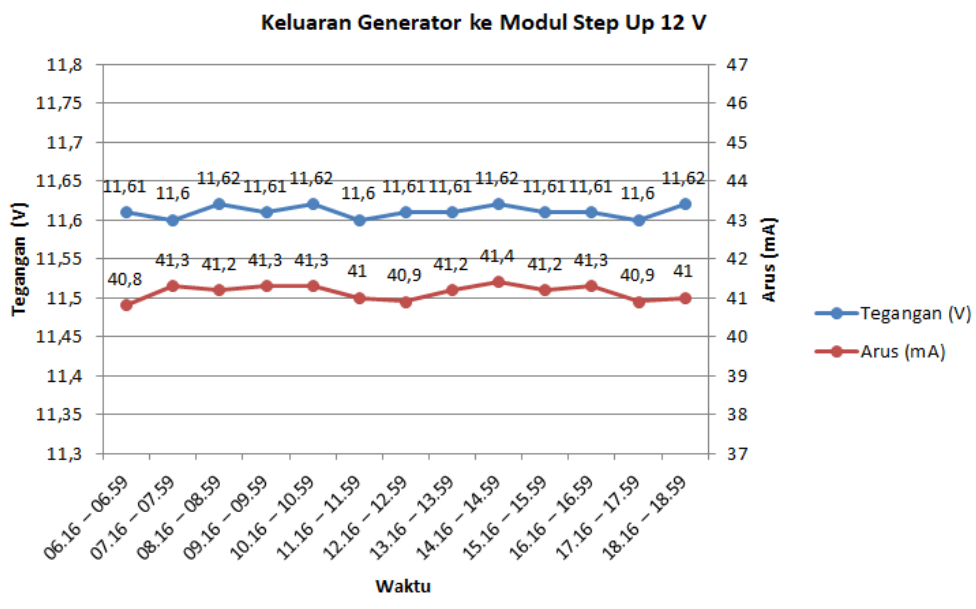


Gambar 4. 13 Pengukuran Arus Generator (mA)

Tabel 4. 10 Keluaran Generator ke input Modul *Step Up* 12 V

Waktu	Tegangan (V)	Arus (mA)
06.16 – 06.59	11,61	40,8
07.16 – 07.59	11,60	41,3
08.16 – 08.59	11,62	41,2
09.16 – 09.59	11,61	41,3
10.16 – 10.59	11,62	41,3

11.16 – 11.59	11,60	41,0
12.16 – 12.59	11,61	40,9
13.16 – 13.59	11,61	41,2
14.16 – 14.59	11,62	41,4
15.16 – 15.59	11,61	41,2
16.16 – 16.59	11,61	41,3
17.16 – 17.59	11,60	40,9



Gambar 4. 14 Grafik Tabel 4.10 Keluaran Generator ke Modul Step Up

Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa keluaran generator DC yang masuk ke inputan Modul *StepUp* 12 V bergerak stabil tanpa fluktuasi yang signifikan. Hal ini ditunjukkan oleh pengujian selama 45 menit setiap jamnya, dan di *monitoring* selama 12 jam. Pada 45 menit pertama, tegangan generator DC bernilai 11,61 V dan arus 40,8 mA. Pada 45 menit yang kelima yaitu pada pukul 10.16-10.59, tegangan cenderung stabil yakni berada pada tegangan 11,62 V dengan arus 41,3 mA. Kemudian pada 45 menit terakhir pada pukul 17.16-17.59, tegangan tetap stabil 11,60 V dan arus 40,9 mA. Pada

pengujian ini, modul *step up* 12 V juga bertindak sebagai beban resistif dikarenakan diukur pada masukannya, sehingga hasil pengukuran menunjukkan nilai arus dan tegangan.

#### 4.8 Pengujian Keluaran Modul *Step Up* 12 V Menggunakan Listrik PLN

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keluaran dari modul *step up* 12 V yang diukur secara manual dengan menggunakan multimeter. Berikut tegangan dan arus keluaran dari modul *step up* 12 V tanpa beban :

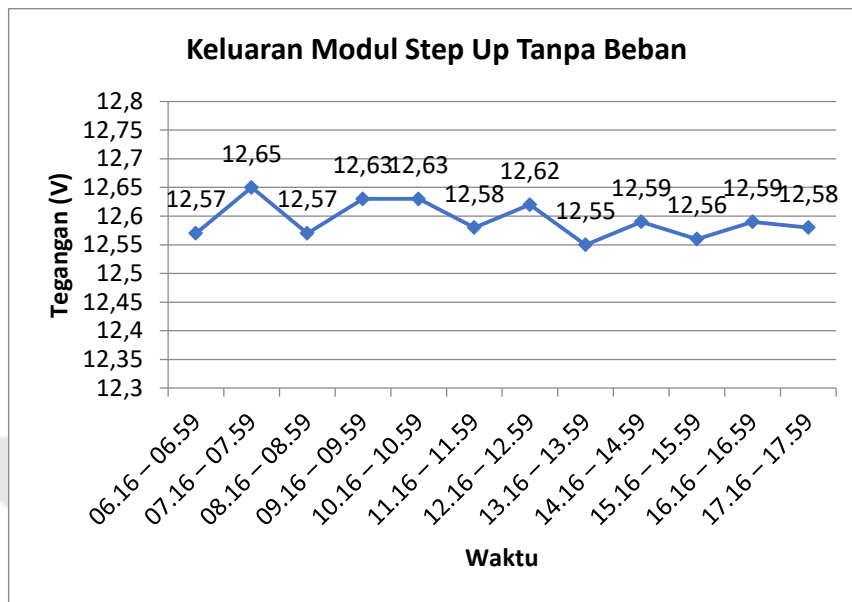


Gambar 4. 15 Pengukuran Tegangan Modul Step Up Tanpa Beban

Tabel 4. 11 Keluaran Modul *Step Up* 12 V Tanpa Beban

Waktu	Tegangan (V)	Arus (mA)
06.16 – 06.59	12,57	0
07.16 – 07.59	12,65	0
08.16 – 08.59	12,57	0
09.16 – 09.59	12,63	0
10.16 – 10.59	12,63	0
11.16 – 11.59	12,58	0
12.16 – 12.59	12,62	0
13.16 – 13.59	12,55	0
14.16 – 14.59	12,59	0
15.16 – 15.59	12,56	0

16.16 – 16.59	12,59	0
17.16 – 17.59	12,58	0



Gambar 4. 16 Grafik Tabel 4.11 Modul Step Up

Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa keluaran Modul *StepUp* 12 V setelah diberi masukan oleh generator DC. Modul *StepUp* difungsikan untuk memperkuat tegangan yang masuk ke sistem pengecasan. Pengujian kali ini dilakukan tanpa beban dan dilakukan selama 45 menit setiap jamnya, dan di *monitoring* selama 12 jam. Pada 45 menit pertama, tegangan generator DC bernilai 12,57 V dan arus 0 mA. Pada 45 menit yang kelima yaitu pada pukul 10.16-10.59, tegangan cenderung stabil yakni berada pada tegangan 12,63 V dengan arus 0 mA. Kemudian pada 45 menit terakhir pada pukul 17.16-17.59, tegangan tetap stabil 12,58 V dan arus 0 mA. Pada pengujian ini, modul *step up* 12 V tidak bertindak sebagai beban resistif dikarenakan diukur setelah proses penguatannya, sehingga hasil pengukuran menunjukkan nilai tegangan namun tidak menunjukkan nilai arus. Berikut keluaran dari modul step up dengan menggunakan beban aki :



Gambar 4. 17 Pengukuran Tegangan Step Up dengan Beban Aki (VDC)

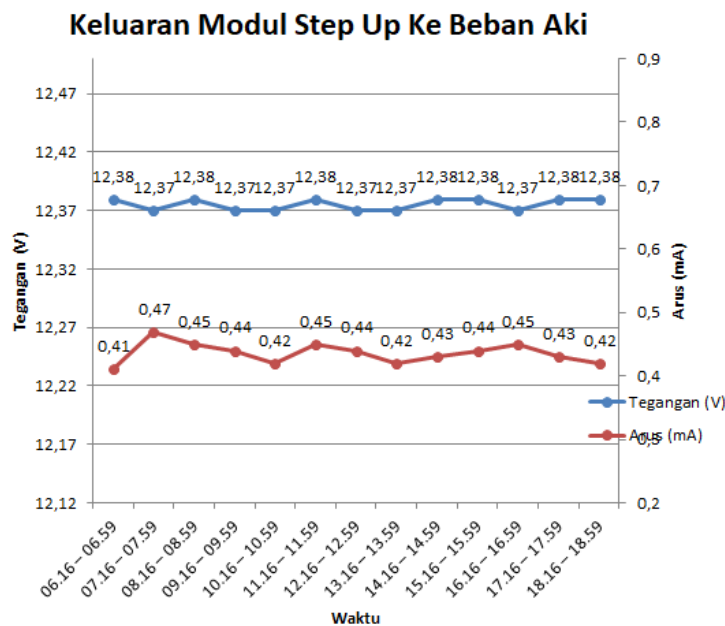


Gambar 4. 18 Pengukuran Arus *Step Up* dengan Beban Aki (mA)

Tabel 4. 12 Keluaran Modul Step 12 V Menggunakan Beban Aki

Waktu	Tegangan (V)	Arus (mA)
06.16 – 06.59	12,38	0,41
07.16 – 07.59	12,37	0,47
08.16 – 08.59	12,38	0,45
09.16 – 09.59	12,37	0,44
10.16 – 10.59	12,37	0,42
11.16 – 11.59	12,38	0,45
12.16 – 12.59	12,37	0,44

13.16 – 13.59	12,37	0,42
14.16 – 14.59	12,38	0,43
15.16 – 15.59	12,38	0,44
16.16 – 16.59	12,37	0,45
17.16 – 17.59	12,38	0,43



Gambar 4. 19 Grafik Tabel 4.12 Modul Step up

Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa keluaran Modul *StepUp* 12 V setelah diberi masukan oleh generator DC. Modul *StepUp* difungsikan untuk memperkuat tegangan yang masuk ke sistem pengecasan. Pengujian kali ini dilakukan dengan beban aki 12 VDC dan dilakukan selama 45 menit setiap jamnya, dan di *monitoring* selama 12 jam. Pada 45 menit pertama, tegangan generator DC bernilai 12,38 V dan arus 0,41 mA. Pada 45 menit yang kelima yaitu pada pukul 10.16-10.59, tegangan cenderung stabil yakni berada pada tegangan 12,37 V dengan arus 0,42 mA. Kemudian pada 45 menit terakhir pada pukul 17.16-17.59, tegangan tetap stabil 12,38 V dan arus 0,43 mA. Pada pengujian ini, aki digunakan sebagai beban sehingga hasil pengukuran

menunjukkan nilai tegangan dan arus. Berdasarkan data diatas, dapat dirumuskan lama waktu yang dibutuhkan sebagai pengecasan sebagai berikut.

$$\left( \frac{\text{Kapabilitas Aki (Ah)}}{\text{Arus Pengisian}} \right) + \left( 20\% \times \left( \frac{\text{Kapabilitas Aki (Ah)}}{\text{Arus Pengisian}} \right) \right) \dots\dots\dots(4.4)$$

Diketahui :

- Data keluaran Modul *Step Up* 12 V, diambil sampel arus tertinggi yakni pada pukul 07.16 – 07.59. V = 12,37, I = 0,47 mA= 0,00047 A

Ditanya :

- Lama waktu pengecasan aki dengan sistem

Pembahasan :

- Lama Waktu Pengecasan
 
$$= \left( \frac{\text{Kapabilitas Aki (Ah)}}{\text{Arus Pengisian}} \right) + \left( 20\% \times \left( \frac{\text{Kapabilitas Aki (Ah)}}{\text{Arus Pengisian}} \right) \right)$$

$$= \left( \frac{10 \text{ (Ah)}}{0,00047 \text{ A}} \right) + \left( 20\% \times \left( \frac{10 \text{ (Ah)}}{0,00047 \text{ A}} \right) \right)$$

$$= ( 21.276,5957 ) + ( 20\% \times ( 21.276,5957 ) )$$

$$= ( 21.276,5957 ) + ( 4.255,31914 )$$

$$= 25.531,9148 \text{ jam}$$

Berdasarkan sampel perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem pengecasan tidak dapat berjalan secara optimal dikarenakan beberapa faktor, sebagai berikut :

1. Spesifikasi yang ditawarkan generator DC tidak sesuai dengan hasil yang di dapat dalam pengujian karakteristik generator DC.
2. Sistem penguatan menggunakan modul *Step Up* tidak berjalan optimal, dikarenakan arus yang diberikan generator DC sangat kecil.



3. Penggunaan penguat arus tidak dapat digunakan, dikarenakan tidak adanya produk yang menawarkan penguatan arus dengan nilai input yang sangat kecil.

#### 4.9 Pengujian Pemakaian Menggunakan Listrik PLN Dalam 21 Jam

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui data dari pemakaian pompa AC dengan beban sebesar 60 Watt menggunakan listrik PLN selama 21 jam dalam 1 hari. Data yang didapat berupa tegangan, arus, daya dan biaya yang dilakukan setiap 45 menit dalam 1 jam. Berikut data pemakaian energi menggunakan listrik PLN.



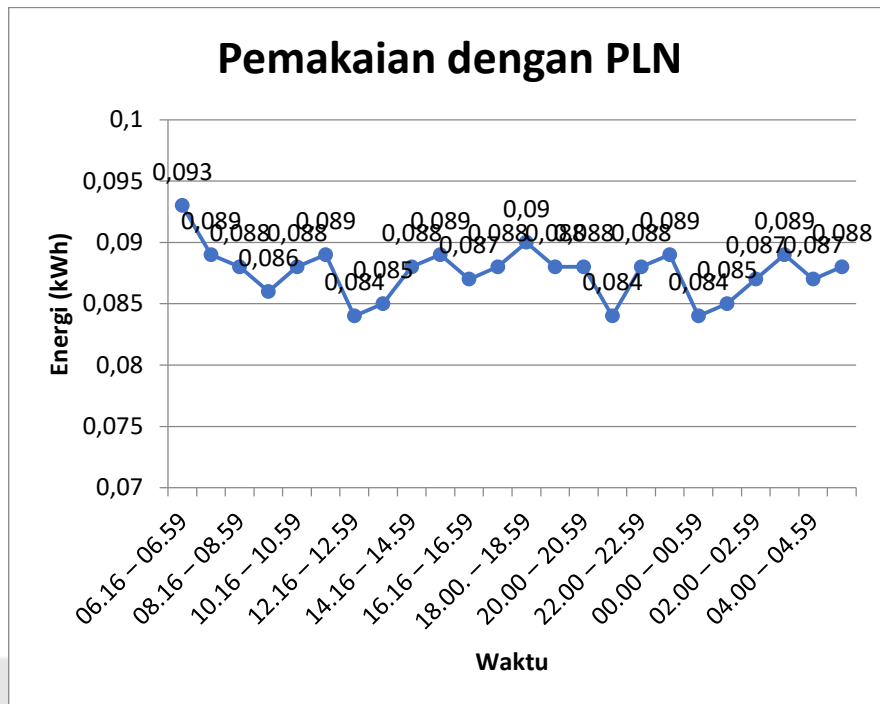
Gambar 4. 20 Pengukuran Keseluruhan Menggunakan Sensor PZEM-004T



Gambar 4. 21 Pengukuran Keseluruhan Menggunakan *Power Quality Analyzer*

Tabel 4. 13 Data Pemakaian Energi Menggunakan PLN Selama 18 Jam

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Energi (kWh)
06.16 – 06.59	232	0,21	25,40	0,093
07.16 – 07.59	232	0,22	25,50	0,089
08.16 – 08.59	232	0,20	25,38	0,088
09.16 – 09.59	232	0,23	25,41	0,086
10.16 – 10.59	232	0,21	25,37	0,088
11.16 – 11.59	231	0,24	25,45	0,089
12.16 – 12.59	232	0,23	25,43	0,084
13.16 – 13.59	233	0,20	25,40	0,085
14.16 – 14.59	231	0,24	25,38	0,088
15.16 – 15.59	232	0,22	25,42	0,089
16.16 – 16.59	233	0,21	25,38	0,087
17.16 – 17.59	232	0,23	25,40	0,088
18.00. – 18.59	232	0,23	25,40	0,090
19.00 – 19.59	232	0,21	25,47	0,088
20.00 – 20.59	232	0,20	25,38	0,088
21.00 – 21.59	232	0,22	25,41	0,084
22.00 – 22.59	232	0,21	25,38	0,088
23.00 – 23.59	231	0,23	25,38	0,089
00.00 – 00.59	232	0,23	25,43	0,084
01.00 – 01.59	233	0,20	25,40	0,085
02.00 – 02.59	231	0,22	25,38	0,087
03.00 – 03.59	232	0,23	25,42	0,089
04.00 – 04.59	233	0,21	25,42	0,087
05.00 – 05.59	232	0,22	25,40	0,088
	Total			2,101



Gambar 4. 22 Grafik Tabel 4.13 Pemakaian dengan PLN

Tabel dan grafik diatas menunjukkan data pemakaian menggunakan PLN dalam 18 jam, dimana beban daya yang ditanggung oleh PLN diambil setiap 45 menit sekali setiap 1 jam. Total beban energi dalam pemakaian 18 jam adalah sebesar 2,101 kWh. Merujuk pada data Kementerian ESDM, rincian biaya listrik Indonesia dengan daya 900 VA periode Juli-September 2021 mencapai Rp 1.352,- kiloWatt per *Hour* (kWh). Dengan begitu dapat dihitung biaya pemakaian beban daya yang harus dikeluarkan, dirumuskan sebagai berikut.

$$Biaya = Total Energi \times Biaya Harga kWh \dots\dots\dots(4.5)$$

Diketahui :

- Total Energi = 2,101 kWh
- Biaya Harga kWh = Rp. 1.352,-

Ditanya :

- Biaya Pemakaian Energi dalam 21 jam

Pembahasan :

- Biaya Pemakaian Energi PLN selama 21 jam penggunaan

$$Biaya = Total Energi \times Biaya\ Harga\ kWh$$

$$Biaya = 2,101 \times Rp\ 1.352/kWh$$

$$Biaya = Rp\ 2.840,552$$

#### 4.10 Pengujian Pemakaian Energi Menggunakan Sistem Kontrol Dalam 12 Jam

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui data dari pemakaian pompa AC dengan beban sebesar 60 Watt dan lampu indikator sebesar 3 watt menggunakan sistem kontrol selama 12 jam dalam 1 hari. Data yang didapat berupa tegangan, arus, daya dan biaya yang dilakukan setiap 15 menit dalam 1 jam. Berikut data pemakaian energi menggunakan sistem kontrol.



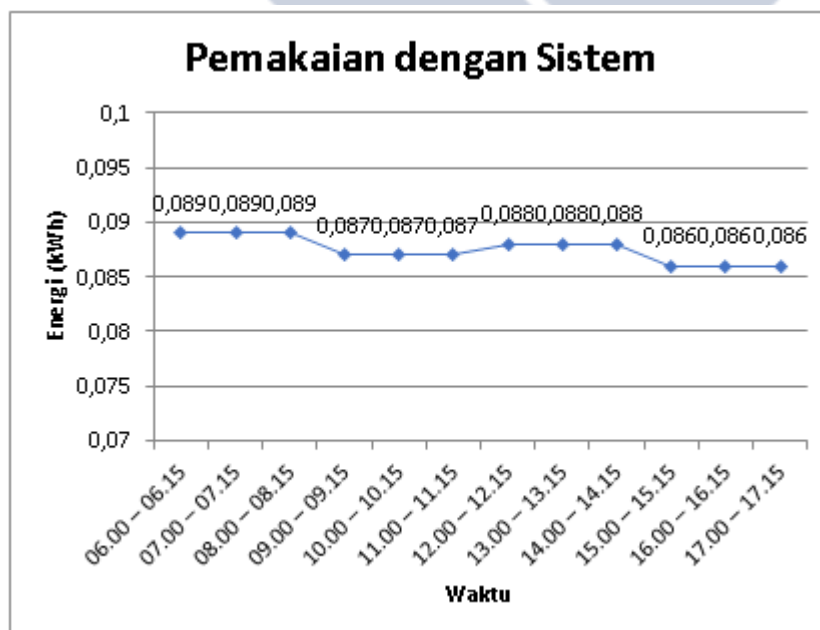
Gambar 4. 23 Pengukuran Keseluruhan Menggunakan Sensor PZEM-004T



Gambar 4. 24 Pengukuran Keseluruhan Menggunakan *Power Quality Analyzer*

Tabel 4. 14 Data Pemakaian Energi Menggunakan Sistem Kontrol Dalam 12 Jam

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Energi (kWh)
06.00 – 06.15	208	0,23	24,60	0,089
07.00 – 07.15	208	0,23	24,55	
08.00 – 08.15	208	0,23	24,60	
09.00 – 09.15	208	0,23	24,60	0,087
10.00 – 10.15	207	0,22	24,50	
11.00 – 11.15	207	0,22	24,40	
12.00 – 12.15	207	0,22	24,40	0,088
13.00 – 13.15	206	0,23	24,45	
14.00 – 14.15	206	0,23	24,40	
15.00 – 15.15	206	0,22	24,40	0,086
16.00 – 16.15	206	0,22	24,45	
17.00 – 17.15	205	0,22	24,40	
Total				0,35



Gambar 4. 25 Grafik Tabel 4.14 Pemakaian Pompa dengan Sistem

Tabel dan grafik diatas menunjukkan data pemakaian menggunakan sistem dalam 12 jam, dimana beban daya yang ditanggung oleh sistem diambil setiap 15 menit sekali setiap 1 jam. Total beban energi dalam pemakaian 12 jam adalah sebesar 0,35 kWh. Merujuk pada data Kementerian ESDM, rincian biaya listrik Indonesia dengan daya 900 VA periode Juli-September 2021 mencapai Rp 1.352,- kiloWatt per *Hour* (kWH). Dengan begitu dapat dihitung biaya penghematan beban daya yang harus dikeluarkan, dirumuskan sebagai berikut.

$$Biaya = Total Energi \times Biaya Harga kWH \dots\dots\dots(4.5)$$

Diketahui :

- Total Energi = 0,35 kWh
- Biaya Harga kWH = Rp. 1.352,-

Ditanya :

- Biaya Penghematan Energi dalam 12 jam

Pembahasan :

- Biaya Penghematan Energi PLN selama 12 jam penggunaan

$$Biaya = Total Energi \times Biaya Harga kWH$$

$$Biaya = 0,35 \times Rp 1.352/kWH$$

$$Biaya = Rp 473,2$$

Berdasarkan hasil perhitungan biaya pemakaian energi oleh PLN dan sistem, diperoleh harga sebagai berikut.

- Biaya Pemakaian PLN dalam 21 jam = Rp 2.840,552
- Biaya penghematan Energi Menggunakan sistem dalam 12 jam = Rp 473,2

Kemudian didapatkan perhitungan penggunaan energi dan biaya pemakaian energi dalam 24 jam sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
& \text{Pemakaian PLN + Penghematan Sistem} \dots\dots\dots(4.6) \\
& = \text{Pemakaian PLN} + \text{Penghematan Sistem} \\
& = 2,101 \text{ kWh} + 0,35 \text{ kWh} \\
& = 2,451 \text{ kWh}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \text{Biaya Pemakaian PLN + Biaya Penghematan Sistem} \dots\dots\dots(4.7) \\
& = \text{Biaya Pemakaian PLN} + \text{Biaya Penghematan Sistem} \\
& = \text{Rp } 2.840,552 + \text{Rp } 473,2 \\
& = \text{Rp } 3.313,752
\end{aligned}$$

Persentase nilai efisiensi biaya oleh sistem dapat dihitung oleh rumus sebagai berikut.

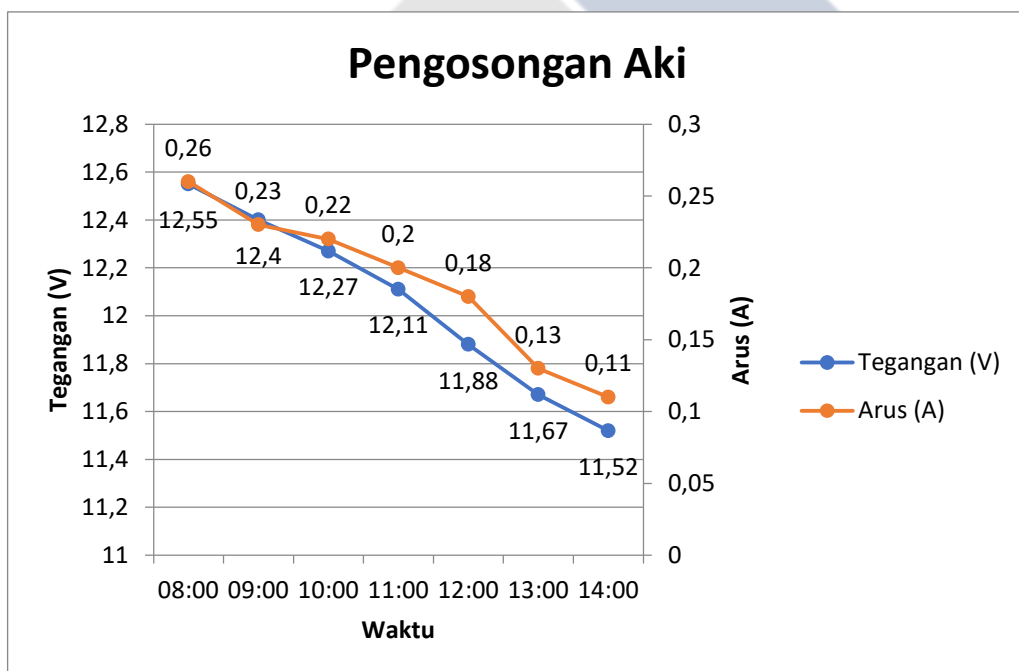
$$\begin{aligned}
& \frac{\text{Biaya Pemakaian 24 Jam} - \text{Biaya Pemakaian PLN}}{\text{Biaya Pemakaian 24 Jam}} \times 100\% \dots\dots\dots(4.9) \\
& = \frac{\text{Biaya Pemakaian 24 Jam} - \text{Biaya Pemakaian PLN}}{\text{Biaya Pemakaian 24 Jam}} 100\% \\
& = \frac{\text{Rp } 3.313,752 - \text{Rp } 2.840,552}{3.313,752} \times 100\% \\
& = \frac{473,2}{3.313,752} \times 100\% \\
& = 0,1427 \times 100\% \\
& = 14,27 \%
\end{aligned}$$

#### **4.11 Pengujian Pengosongan Aki dengan Beban Pompa AC 60 Watt dan Lampu Indikator 3 Watt**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa lama pemakaian aki terhadap beban pompa AC sebesar 60 Watt dan lampu indikator 3 watt dengan kapasitas aki 12 V 10 Ah. Pengujian dilakukan dengan pemantauan waktu tiap jam dimulai dari pukul 08.00. Hasil pengukuran proses pengosongan aki adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 15 Hasil Proses Pengosongan Aki

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)
08.00	12,55	0,26
09.00	12,40	0,23
10.00	12,27	0,22
11.00	12,11	0,20
12.00	11,88	0,18
13.00	11,67	0,13
14.00	11,52	0,11



Gambar 4. 26 Grafik Tabel 4.15 Pengosongan Aki

Pengujian pengosongan aki dimaksudkan untuk mendapatkan nilai drop, sehingga hasil pengujian dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan proses pengecasan. Pada tabel dan grafik diatas menunjukkan penurunan tegangan dan arus drop terjadi dalam jangka waktu selama 6 jam, yakni pada pukul 14.00. tegangan berada pada nilai 11,52 V dan arus 0,11 A.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pengujian dilakukan secara bertahap, mulai dari pengujian karakteristik sensor sampai dengan hasil pengujian efisiensi.
2. Pengujian sistem dilakukan dengan rasio perbandingan waktu 7:1, dimana sumber PLN aktif selama 21 jam dan sistem PLTMH aktif selama 3 jam.
3. Sistem pengecasan tidak dapat berjalan secara optimal dikarenakan beberapa faktor, diantaranya spesifikasi yang ditawarkan generator DC tidak sesuai dengan hasil yang di dapat dalam pengujian karakteristik generator DC, sistem penguatan menggunakan modul *Step Up* 12 V tidak berjalan optimal, dikarenakan arus yang diberikan generator DC sangat kecil dan penggunaan penguat arus tidak dapat digunakan, dikarenakan tidak adanya produk yang menawarkan penguatan arus dengan nilai input yang sangat kecil.
4. Efisiensi yang dapat dilakukan oleh sistem selama 24 jam sebesar 14,27 %, dengan biaya penghematan sebesar Rp 473,2 ,- dari total biaya keseluruhan sebesar Rp 3.313,752 ,-.

#### **5.2 Saran**

Terdapat beberapa peningkatan yang perlu diperhatikan apabila alat ini dikembangkan, antara lain :

1. Harus memastikan tipe generator yang akan digunakan dalam sistem pembangkit, agar dapat digunakan sebagai sumber pengecasan aki.
2. Monitoring sensor masih menggunakan sistem *real time*, sehingga perlu dilakukan pengembangan pada pembacaan data sensor yang lebih akurat.
3. Penggunaan sensor PZEM-004T memiliki perbedaan nilai daya yang cukup besar dibandingkan *Power Quality Analyzer* yaitu dengan persentase *error* sebesar 37,28 %, sehingga diperlukan pemilihan sensor yang lebih tepat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, W. A. (2020). Perancangan Turbin Tife Pelton Untuk Miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 2(2), 36. <https://doi.org/10.33087/jepca.v2i2.30>
- Doda, N., & Mohammad, H. (2018). Analisis Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik. *Gorontalo Journal of Infrastructure & Science Engineering*, 1(1), 1–10. [jurnal.unigo.ac.id/index.php/gjise/article/viewFile/134/131](http://jurnal.unigo.ac.id/index.php/gjise/article/viewFile/134/131)
- Dwiyanto, V., Kusumastuti, D. I., & Tugiono, S. (2016). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 4(3), 407–422. <https://www.neliti.com/id/publications/127987/analisis-pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro-pltmh-studi-kasus-sungai-air-anak>
- Eswanto, E., Sitompul, S. J., Siangian, T., Gunawan, I., & Aminur, A. (2020). Aplikasi Pltmh Penghasil Energi Listrik Di Sungai Lawang Desa Simbang Jaya Kecamatan Bahorok. *Dinamika : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 11(2), 56. <https://doi.org/10.33772/djitm.v11i2.11678>
- Frasetya, B., Taofik, A., & Firdaus, R. K. (2018). Evaluasi variasi nilai electrical conductivity terhadap pertumbuhan tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik NFT. *Jurnal Agro*, 5(2), 95–102. <https://doi.org/10.15575/2966>
- Hani, S. (2015). PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI MATAHARI SEBAGAI PENGGERAK POMPA AIR DENGAN MENGGUNAKAN SOLAR CELL. *TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA*, 7(2), 159–163.
- Isnugroho. (2012). Pompa Air Mikro Hidro, Alternatif Menghadapi Krisis Energi [Micro Hydro Water Pump, an Alternative to Overcome the Energy Crisis]. *Dinamika Teknik Sipil*, 12(3), 230–238. <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/xmlui/handle/11617/4447>
- Maulido, R. N., Oktavianus, L. T., & Sjarif, A. A. (2016). Effect of Pipe Slope on Growth and Production of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in NFT Hydroponic

- System. *Jurnal Agronida*, 2(2), 62–68.
- Neno, A. K., Harijanto, H., & Wahid., A. (2016). Hubungan Debit Air dan Tinggi Muka Air di Sungai Lambagu Kecamatan Tawaeli Kota Palu. *Warta Rimba*, 4(2), 1–8.
- Oktavioni, T., ... M. L.-J. E., & 2021, U. (2021). Rancang Bangun Driver Inverter Menggunakan Transistor BJT dengan Kontrol EGS002. *Jurnal Elkolind*, 8(1), 66–73. <https://doi.org/10.33795/elk.v8i1.229>
- Pengabdian, P. D. A. N., Rahmawaty, P., Si, M., Respati, D., Sumunar, S., & Si, M. (2012). *PROSIDING SEMINAR NASIONAL Prosiding Seminar Nasional*. 2(January), 978–979.
- Prabowo, Y., B, S., Nazori, N., & Gata, G. (2018). Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pmlth) Pada Saluran Irigasi Gunung Bunder Pamijahan Bogor. *Jurnal Ilmiah FIFO*, 10(1), 41. <https://doi.org/10.22441/fifo.v10i1.2939>
- Rahajoeningroem, T., & Utama, J. (2020). Penerapan Protocol Penilaian Tahap Awal Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Pada Jaringan Irigasi. *Indonesian Community Service and Empowerment (IComSE)*, 1(2), 61–69. <https://doi.org/10.34010/icomse.v1i2.3877>
- Rompas, P. T. D. (2011). Analisis pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) pada daerah aliran Sungai Ongkak Mongondow di Desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Penelitian Saintek*, 16(2), 160–171.
- Setiawan, N. D. (2018). Otomasi Pencampur Nutrisi Hidroponik Sistem NTF (Nutrient Film Technique) Berbasis Arduino Mega 2560. *Jurnal Teknik Informatika Unika St. Thomas (JTIUST)*, 03(2), 78–82.
- Singgih, M., Prabawati, K., & Abdulloh, D. (2019). Bercocok Tamam Mudah Dengan Sistem Hidroponik NFT. *Jurnal Abdikarya: Jurnal Karya Pengabdian Dosen Dan Mahasiswa*, 03(1), 21–24.
- Suriansyah, B. (2014). Catu daya cadangan berkapasitas 100 Ah / 12 V untuk laboratorium otomasi industri Poliban. *Jurnal INTEKNA*, 2, 102–209.

## LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup (Perorangan)



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### 1. Data Pribadi

Nama lengkap : Andhika Dwi Putra  
Tempat & tanggal lahir : Muntok, 28 Oktober 2000  
Alamat rumah : Kp.Tegalrejo RT. 001/RW. 001  
Kel. Sungaibaru, Kec. Muntok  
Telp : -  
Hp : 082340161680  
Email : [andhikadwiputra669@gmail.com](mailto:andhikadwiputra669@gmail.com)  
Jenis kelamin : Laki-Laki  
Agama : Islam



### 2. Riwayat Pendidikan

SD NEGERI 21 MUNTOK	2006-2012
SMP NEGERI 1 MUNTOK	2012-2015
SMK BINA KARYA 1 MUNTOK	2015-2018

Sungailiat, 19 Januari 2022

Andhika Dwi Putra

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### 1. Data Pribadi

Nama lengkap : Arrois Syaifullah  
Tempat & tanggal lahir : Air Belo, 21 Oktober 2000  
Alamat rumah : Dusun II Air Tenam  
RT. 001/RW. 001  
Kel. Sungaibaru, Kec. Muntok  
Telp : -  
Hp : 085219819673  
Email : [arroissyaiFULLAH@gmail.com](mailto:arroissyaiFULLAH@gmail.com)  
Jenis kelamin : Laki-Laki  
Agama : Islam



### 2. Riwayat Pendidikan

SD NEGERI 21 MUNTOK	2006-2012
SMP NEGERI 1 MUNTOK	2012-2015
SMK NEGERI 1 MUNTOK	2015-2018

Sungailiat, 19 Januari 2022

Arrois Syaifullah

Lampiran 2 : Gambar Hasil

### GAMBAR HASIL

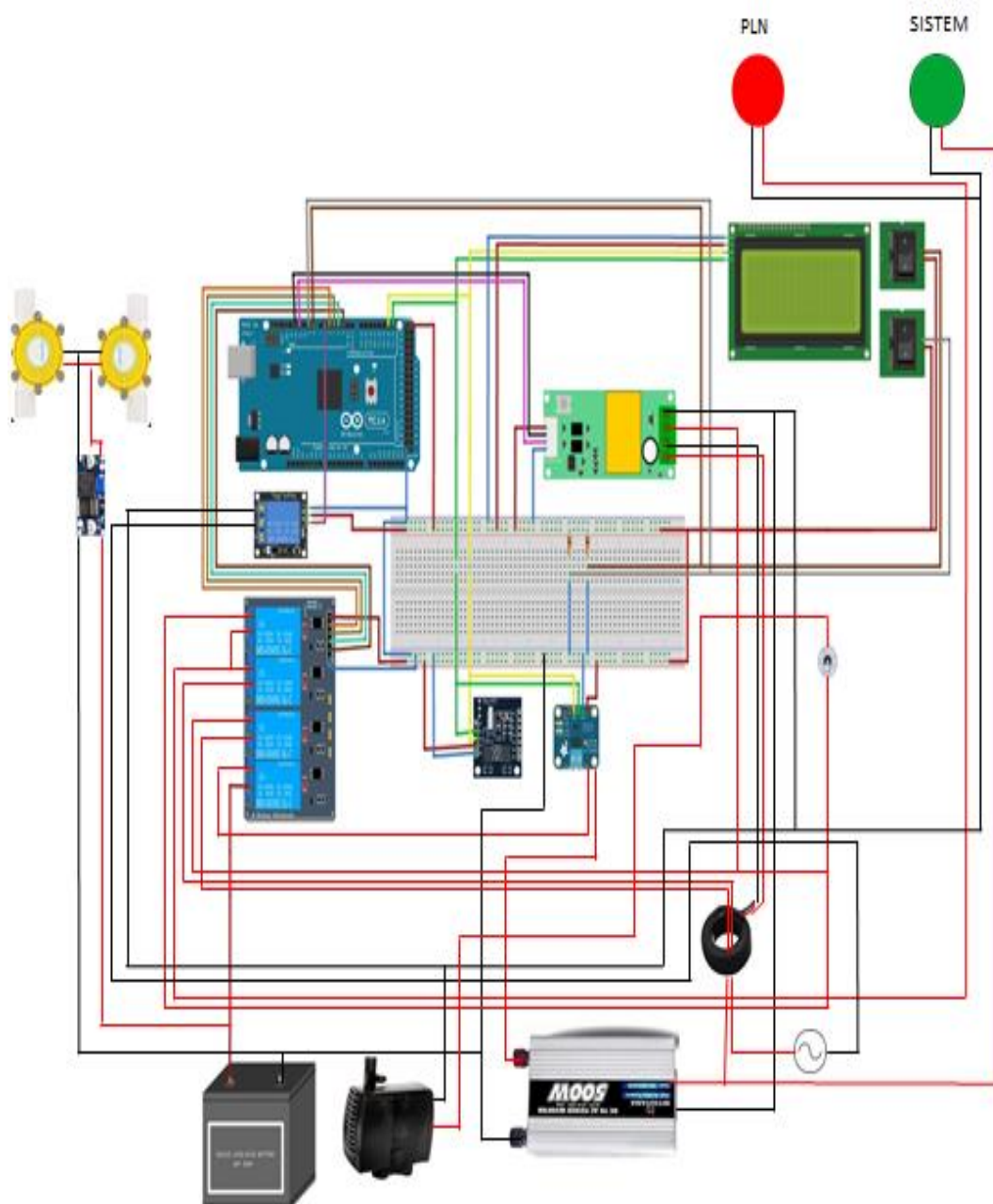






Lampiran 3 : Skematik Sistem Kontrol

**Skematik Sistem Kontrol**



## Lampiran 4 : Program

### Program Pengujian PZEM-004T

```
#include <PZEM004Tv30.h> //library sensor PZEM-004T
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //library LCD I2C 20x4
#include <Wire.h>

PZEM004Tv30 pzem(11, 12); // Software Serial pin 11 (RX) & 12 (TX)
LiquidCrystal_I2C lcd(0x26, 20, 4);

void setup() {
  Serial.begin(9600); //deklarasi tampilan serial monitor
  lcd.begin(); //deklarasi lcd
  lcd.clear(); //menghapus tampilan lcd sebagai awal
}

void loop() {
  int voltage = pzem.voltage();
  if(voltage != NAN){
    Serial.print("Tegangan: ");
    Serial.print(voltage);
    Serial.println("V");

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("V:");
    lcd.print(voltage);
    lcd.print("V");
  } else {
    Serial.println("Error reading voltage");

    lcd.print("Error reading voltage");
  }
}

float current = pzem.current();
if(current != NAN){
  Serial.print("Arus: ");
  Serial.print(current);
  Serial.println("A");

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("I:");
  lcd.print(current);
  lcd.print("A");
} else {
  Serial.println("Error reading current");

  lcd.print("Error reading current");
}

float power = pzem.power();
if(current != NAN){
  Serial.print("Daya: ");
  Serial.print(power);
  Serial.println("W");

  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print("P:");
  lcd.print(power);
  lcd.print("W");
} else {
  Serial.println("Error reading power");

  lcd.print("Error reading power");
}
```

//mengukur dan menampilkan nilai tegangan pada sensor

//mengukur dan menampilkan nilai arus pada sensor

//mengukur dan menampilkan nilai daya pada sensor

```

float energy = pzem.energy();
if(current != NAN){
    Serial.print("Energi: ");
    Serial.print(energy,3);
    Serial.println("kWh");

    lcd.setCursor(0, 3);
    lcd.print("E:");
    lcd.print(energy,3);
    lcd.print("kWh");
} else {
    Serial.println("Error reading energy");

    lcd.print("Error reading energy");
}

int frequency = pzem.frequency();
if(current != NAN){
    Serial.print("Frekuensi: ");
    Serial.print(frequency, 1);
    Serial.println("Hz");

    lcd.setCursor(8, 0);
    lcd.print("F:");
    lcd.print(frequency, 1);
    lcd.print("Hz");
} else {
    Serial.println("Error reading frequency");

    lcd.print("Error reading frequency");
}

float pf = pzem.pf();
if(current != NAN){
    Serial.print("PF: ");
    Serial.println(pf);

    lcd.setCursor(8, 1);
    lcd.print("PF:");
    lcd.print(pf);
} else {
    Serial.println("Error reading power factor");

    lcd.print("Error reading power factor");
}

Serial.println();
delay(2000);
}

```

//mengukur dan menampilkan nilai energi pada sensor

//mengukur dan menampilkan nilai frekuensi pada sensor

//mengukur dan menampilkan nilai faktor daya pada sensor

## Program Pengujian Sensor Flowmeter

```
byte sensorInt = 0;
byte flowsensor = 2;

float konstanta = 4.5; //konstanta flow meter

volatile byte pulseCount;

float debit;
unsigned int flowmlt;
unsigned long totalmlt;

unsigned long oldTime;

void setup()
{
  // Inisialisasi port serial
  Serial.begin(9600);

  pinMode(flowsensor, INPUT);
  digitalWrite(flowsensor, HIGH);

  pulseCount = 0;
  debit = 0.0;
  flowmlt = 0;
  totalmlt = 0;
  oldTime = 0;

  attachInterrupt(sensorInt, pulseCounter, FALLING);
}

void loop()
{
  if((millis() - oldTime) > 1000)
  {
    detachInterrupt(sensorInt);
    debit = ((1000.0/(millis()-oldTime))*pulseCount)/konstanta;
    oldTime = millis();
    flowmlt = (debit / 60) * 1000;
    totalmlt += flowmlt;

    unsigned int frac;

    Serial.print("Debit air: ");
    Serial.print(int(debit));
    Serial.print("L/min");
    Serial.print("\t");

    Serial.print("Volume: ");
    Serial.print(totalmlt);
    Serial.println("mL");

    pulseCount = 0;

    attachInterrupt(sensorInt, pulseCounter, FALLING);
  }
}

void pulseCounter()
{
  // Increment the pulse counter
  pulseCount++;
}
```

## Program Pengujian Sensor INA219

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

Adafruit_INA219 ina219;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  ina219.begin();
  uint32_t currentFrequency;
}
void loop()
{
  float tegangan = 0;
  float arus_mA = 0; // diukur dengan miliAmpere
  float daya_W = 0;

  tegangan = ina219.getBusVoltage_V(); //membaca nilai tegangan
  arus_mA = ina219.getCurrent_mA(); //membaca nilai arus
  daya_W = tegangan * (arus_mA / 1000); //membaca nilai daya

  Serial.print("Tegangan: ");
  Serial.print(tegangan);
  Serial.println(" V");
  Serial.print("Arus: ");
  Serial.print(arus_mA);
  Serial.println(" mA");
  Serial.print("Daya: ");
  Serial.print(daya_W);
  Serial.println(" W");
  Serial.println("");
  delay(1000);
}
```

## Program Sistem Kontrol Keseluruhan

```
////Library////
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <PZEM004Tv30.h>
#include <Adafruit_INA219.h>

////Inisialisai Program////
LiquidCrystal_I2C lcd(0x26, 20, 4); //lcd i2c 20x4
Adafruit_INA219 ina219; //sensor INA219
RTC_DS1307 rtc; //RTC DS1307
PZEM004Tv30 pzem(11, 12); //Sensor PZEM-004T 11(RX) & 12(TX)

char namaHari[7][12] = {"Minggu", "Senin", "Selasa", "Rabu",
"Kamis", "Jumat", "Sabtu"};

int tombol1 = 8; //inisialisasi tombol tampil sensor PZEM
int tombol2 = 9; //inisialisasi tombol tampil sensor INA219

int relay1 = 2; // Aki (kontak NO)
int relay2 = 3; // Inverter (kontak NO)
int relay3 = 4; } // PLN (kontak NC)
int relay4 = 5; }
int relay5 = 6; // Netral (kontak NC)

void setup () {
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin();
  lcd.clear();
  ina219.begin();
  uint32_t currentFrequency;

pinMode(tombol1, INPUT);
pinMode(tombol2, INPUT); } //Inisialisasi tombol sebagai input

pinMode (relay1, OUTPUT);
pinMode (relay2, OUTPUT);
pinMode (relay3, OUTPUT);
pinMode (relay4, OUTPUT);
pinMode (relay5, OUTPUT); } //Inisialisasi relay sebagai output

digitalWrite(relay1, HIGH);
digitalWrite(relay2, HIGH);
digitalWrite(relay3, HIGH);
digitalWrite(relay4, HIGH);
digitalWrite(relay5, LOW); } //kondisi awal relay mati

if (! rtc.begin()) {
  Serial.println("RTC TIDAK TERBACA");
  while (1);
}

if (! rtc.isrunning()) {
  Serial.println("RTC is NOT running!");
}
}
```

```

// rtc.adjust(DateTime(F(_DATE), F(_TIME))); //set waktu otomatis
// rtc.adjust(DateTime(2022,1,25,8,0,0)); //set waktu manual
}

void loop () {
  DateTime now = rtc.now();
  Serial.print(namaHari[now.dayOfTheWeek()]);
  Serial.print(',');
  Serial.print(now.day(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(now.month(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(now.year(), DEC);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(now.hour(), DEC);
  Serial.print(':');
  Serial.print(now.minute(), DEC);
  Serial.print(':');
  Serial.print(now.second(), DEC);
  Serial.print(" ");
  //program RTC

  if (now.minute() >= 0 && now.minute() <= 14 ) //set waktu aktif 15 menit
  {
    digitalWrite(relay1, LOW); //Aki ON
    digitalWrite(relay2, LOW); //Inverter ON
    digitalWrite(relay3, LOW);
    digitalWrite(relay4, LOW); } // PLN OFF
    digitalWrite(relay5, HIGH);
  }

  if (digitalRead(tombol1)== 0 && digitalRead(tombol2)== 0 ||
digitalRead(tombol1)== 1 && digitalRead(tombol2)== 1 )
  {
    DateTime now = rtc.now();
    if (now.minute() >= 0 && now.minute() <= 14 )
    {
      digitalWrite(relay1, LOW);
      digitalWrite(relay2, LOW);
      digitalWrite(relay3, LOW);
      digitalWrite(relay4, LOW);
      digitalWrite(relay5, HIGH);
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(5, 3);
      lcd.print("SYSTEM ON");
      Serial.print("SYSTEM ON");
      Serial.println(" ");
    }
    if (digitalRead(relay1)== 1 && digitalRead(relay2)== 1 &&
digitalRead(relay3)== 1 && digitalRead(relay4)== 1 &&
digitalRead(relay5)== 0)
    {
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(5, 3);
      lcd.print("SYSTEM OFF");
      Serial.print("SYSTEM OFF");
      Serial.println(" ");
    }
  }
}

```

```

        lcd.setCursor(2, 0);
        lcd.print(namaHari[now.dayOfTheWeek()]);
        lcd.print(',');
        lcd.print(now.day(), DEC);
        lcd.print('/');
        lcd.print(now.month(), DEC);
        lcd.print('/');
        lcd.print(now.year(), DEC);
        lcd.setCursor(3, 1);
        lcd.print(now.hour(), DEC);
        lcd.setCursor(6, 1);
        lcd.print(':');
        lcd.setCursor(9, 1);
        lcd.print(now.minute(), DEC);
        lcd.setCursor(12, 1);
        lcd.print(':');
        delay(100);

        if (digitalRead(relay1)== 0 && digitalRead(relay2)== 0 &&
digitalRead(relay3)== 0 && digitalRead(relay4)== 0 &&
digitalRead(relay5)== 1)
        {
            lcd.setCursor(14, 1);
            lcd.print(now.second(), DEC);
            delay(900);
            lcd.clear();
        }
        if (digitalRead(relay1)== 1 && digitalRead(relay2)== 1 &&
digitalRead(relay3)== 1 && digitalRead(relay4)== 1 &&
digitalRead(relay5)== 0)
        {
            lcd.setCursor(14, 1);
            lcd.print(now.second(), DEC);
            delay(900);
            lcd.clear();
        }
    }

    if (digitalRead(tombol1)== 1 && digitalRead(tombol2)== 0 )
    {
        int voltage = pzem.voltage();
        if(voltage != NAN){
            Serial.println("");
            Serial.print("Tegangan: ");
            Serial.print(voltage);
            Serial.println("V");

            lcd.setCursor(0, 0);
            lcd.print("V:");
            lcd.print(voltage);
            lcd.print("V");
        } else {
            Serial.println("Error reading voltage");

            lcd.print("Error reading voltage");
        }
    }
}

```



```

float current = pzem.current();
if(current != NAN){
    Serial.print("Arus: ");
    Serial.print(current);
    Serial.println("A");

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("I:");
    lcd.print(current);
    lcd.print("A");
} else {
    Serial.println("Error reading current");

    lcd.print("Error reading current");
}

float power = pzem.power();
if(current != NAN){
    Serial.print("Daya: ");
    Serial.print(power);
    Serial.println("W");

    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print("P:");
    lcd.print(power);
    lcd.print("W");
} else {
    Serial.println("Error reading power");

    lcd.print("Error reading power");
}

float energy = pzem.energy();
if(current != NAN){
    Serial.print("Energi: ");
    Serial.print(energy, 3);
    Serial.println("kWh");

    lcd.setCursor(0, 3);
    lcd.print("E:");
    lcd.print(energy, 3);
    lcd.print("kWh");
} else {
    Serial.println("Error reading energy");

    lcd.print("Error reading energy");
}

int frequency = pzem.frequency();
if(current != NAN){
    Serial.print("Frekuensi: ");
    Serial.print(frequency, 1);
    Serial.println("Hz");

    lcd.setCursor(8, 0);
    lcd.print("F:");
    lcd.print(frequency, 1);
    lcd.print("Hz");
} else {
    Serial.println("Error reading frequency");

    lcd.print("Error reading frequency");
}

```



```

float pf = pzem.pf();
if(current != NAN){
    Serial.print("PF: ");
    Serial.println(pf);

    lcd.setCursor(8, 1);
    lcd.print("PF:");
    lcd.print(pf);
} else {
    Serial.println("Error reading power factor");

    lcd.print("Error reading power factor");
}

Serial.println();
delay(1000);
}
if (digitalRead(tombol2) == 1 && digitalRead(tomboll) == 0)
{
float tegangan = 0;
float arus_mA = 0;
float daya_W = 0;

tegangan = ina219.getBusVoltage_V();
arus_mA = ina219.getCurrent_mA();
daya_W = tegangan * (arus_mA / 1000);

Serial.println("");
Serial.print("Tegangan : ");
Serial.print(tegangan);
Serial.println(" V");

Serial.print("Arus : ");
Serial.print(arus_mA);
Serial.println(" mA");

Serial.print("Daya : ");
Serial.print(daya_W);
Serial.println(" W");

Serial.println("");
delay(1000);

lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Tegangan :"); lcd.print(tegangan); lcd.print("V");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Arus :"); lcd.print(arus_mA); lcd.print("mA");
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("Daya :"); lcd.print(daya_W); lcd.print("W");
}

else
{
    digitalWrite(relay1, HIGH);
    digitalWrite(relay2, HIGH);
    digitalWrite(relay3, HIGH);
    digitalWrite(relay4, HIGH);
    digitalWrite(relay5, LOW);
}
}

```