

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Hasil observasi di lapangan menunjukkan bahwa banyak daerah terpencil menghadapi tantangan besar dalam mengakses sumber listrik konvensional. Masyarakat di wilayah-wilayah ini sering bergantung pada baterai sebagai sumber energi portabel untuk mendukung aktivitas sehari-hari, mengingat keterbatasan dan ketidakstabilan jaringan listrik PLN (Widayana, 2012). Untuk mengatasi masalah ini, pemanfaatan sumber energi terbarukan seperti tenaga surya dan angin menjadi solusi potensial, karena kedua sumber energi ini melimpah di banyak daerah yang mengalami keterbatasan listrik (Murniati, 2022).

Namun, sistem pengisian baterai yang memanfaatkan sumber energi terbarukan masih menghadapi beberapa kendala. Masalah utama yang dihadapi adalah ketidakmampuan sistem yang ada untuk mendeteksi dan menyesuaikan proses pengisian berdasarkan kondisi tegangan baterai. Kondisi overvoltage dan undervoltage dapat merusak baterai dan mengurangi umur pakainya, seperti yang diungkapkan dalam penelitian oleh Rismansyah dan Nazir (2016) yang menekankan pentingnya pengendalian kondisi baterai dalam sistem pengisian otomatis.

Penelitian sebelumnya telah menawarkan berbagai solusi untuk pengisian baterai otomatis, namun masih terdapat beberapa keterbatasan. Penelitian oleh Asma Ainuddin Asrul F.A.S. (2015) mengembangkan sistem pengisian otomatis dengan algoritma logika fuzzy untuk aplikasi sistem fotovoltaik, tetapi tidak mencakup kombinasi sumber energi lainnya seperti angin. Penelitian Sulistomo et al. (n.d.) fokus pada pengendalian pengisian dan pengosongan baterai dengan mikrokontroler DSPIC30f4011 dalam sistem photovoltaic stand-alone, sementara penelitian oleh Rismansyah dan Nazir (2016) menggunakan Arduino Uno untuk pengaturan keseimbangan pengisian dan pengosongan baterai asam timbal tanpa mempertimbangkan sumber energi terbarukan selain surya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem otomatis pengisian baterai yang memanfaatkan kombinasi tenaga surya dan angin. Dengan menggunakan komponen-komponen seperti Arduino Uno, sensor INA219, relay, dan LCD 20x4, sistem ini dirancang untuk mendeteksi kondisi tegangan baterai secara real-time dan mengatur proses pengisian serta pemakaian baterai. Sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif untuk pengisian baterai, sekaligus menjadi model pembelajaran yang aplikatif dalam penerapan teknologi energi terbarukan.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan masalah di atas, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mendeteksi over voltage dan under voltage pada baterai untuk sistem pengisian otomatis?
2. Bagaimana memaksimalkan sumber tenaga untuk pengisian baterai yang bersumber dari cahaya matahari dan angin?

### **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Merancang sistem yang mampu mengatur waktu pengisian baterai
2. Merancang sistem pengisian baterai dengan sumber energi matahari dan angin

### **D. Batasan Masalah**

Untuk membatasi masalah-masalah yang ada, maka penulis membatasi ruang lingkup masalah sebagai berikut:

1. Fokus pada sistem pengisian baterai dan tidak terlalu membahas tentang sumber tenaga surya dan angin
2. Kapasitas baterai yang digunakan 12V 3,5Ah
3. Menggunakan panel surya berkapasitas 50 wp
4. Menggunakan generator 150wp

### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian mengenai sistem otomatis pengisian baterai memiliki manfaat yaitu, Sistem otomatis yang efisien dan terkontrol dengan baik akan menjaga

keawetan baterai dan mempertahankan kapasitas serta kinerja yang baik dari waktu ke waktu.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Kajian Teori**

##### **1. Sistem Otomatis**

Pengertian sistem otomatis berasal Dua kata "sistem" dan "otomatis" membentuk definisi sistem otomatis. Sistem adalah kumpulan bagian fisik yang saling berhubungan dan berfungsi bersama untuk melakukan fungsi tertentu. Namun, otomatis bekerja secara mandiri (Pramuda et al., 2016).

Sistem otomatis adalah kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk mengontrol, memantau, dan mengotomatiskan proses tertentu. Salah satu contohnya adalah proses pengisian dan pemakaian energi baterai dalam penelitian ini.

##### **2. Pengisian Dan Pengosongan**

Baterai bekerja dengan dua cara yang berbeda namun berkesinambungan, yaitu prinsip pengisian dan pengosongan. Metode pengisian mengubah energi listrik menjadi energi kimia dan kemudian mengisi ulang baterai agar dapat menghasilkan listrik kembali. Prinsip pengosongan mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Energi kimia dikonversi menjadi energi elektrokimia dan kemudian dilepaskan ke perangkat elektronik. Akibatnya, energi kimia menjadi kosong atau habis.

### 3. Charger Controller

Suatu alat yang digunakan untuk mengisi ulang baterai atau tempat penyimpanan energi dan berfungsi memastikan agar baterai tidak mengalami kelebihan pelepasan muatan (*over discharge*) atau kelebihan pengisian muatan (*over charge*) yang dapat mengurangi umur baterai. *Charge controller* mampu menjaga tegangan dan arus yang keluar masuk pada baterai sesuai kondisi baterai (Sianipar, 2017).

Charger pada dasarnya digunakan untuk mengisi ulang baterai, tetapi seiring kemajuan teknologi, ada pengatur atau controller yang dipasang pada charger. Pengatur mengontrol jumlah energi yang masuk ke dalam baterai dan mencegah overvoltage, overcharge, dan masalah lain yang dapat mengurangi umur baterai.

### 4. Energi Angin

Energi angin dihasilkan dari pergerakan udara di atmosfer dan dapat digunakan untuk menghasilkan listrik dengan menggunakan turbin angin untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik, yang kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator.

Pemanasan yang tidak merata permukaan bumi oleh sinar matahari menyebabkan perbedaan tekanan udara di atmosfer, yang menghasilkan energi angin. Angin terjadi ketika udara bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Faktor geografis seperti suhu, vegetasi, dan topografi sangat memengaruhi kecepatan dan arah angin.

Turbin angin bekerja dengan mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik, yang kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator yang terhubung dengan rotor. Desain bilah turbin, kecepatan angin, dan kondisi atmosfer sangat memengaruhi efisiensi konversi ini.

Pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) bekerja dengan kincir angin untuk mengubah energi angin menjadi energi kinetik; kecepatan angin meningkatkan jumlah energi yang dihasilkan (Murniati, 2022).

## 5. Energi Surya

Selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi. Energi surya adalah hasil transformasi energi panas surya (matahari) menjadi sumber daya melalui penggunaan peralatan tertentu. Photovoltaic adalah alat yang dapat mengkonversi cahaya matahari secara langsung untuk diubah menjadi listrik. Kata photovoltaic biasa disingkat dengan PV (Mohammad Hafidz ;, 2015).

Sistem teknologi baru yang dikenal sebagai Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF) atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik (PLTS Fotovoltaik) adalah salah satu metode penyediaan energi listrik alternatif yang saat ini siap untuk diterapkan secara massal. (Widayana, 2012). Pada gambar 2.1 dapat dilihat bentuk dari fotovoltaik.



**Gambar 2.1** Fotovoltaik (Sumber: <https://shopee.co.id>)

## 6. Baterai

Baterai adalah sel elektrokimia yang dapat menghasilkan energi listrik dari energi kimia. Baterai lithium ion, terdiri dari elektroda negatif (anoda), elektroda positif (katoda), elektrolit, dan separator.

Baterai lithium-ion dapat diisi ulang dan tidak berbahaya bagi lingkungan karena tidak mengandung bahan berbahaya seperti baterai NI-Cd dan Ni-MH yang lebih tua memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan jenis baterai sekunder lainnya. Mereka memiliki energi densitas yang tinggi, daya tahan hingga 10 tahun atau lebih, dan tidak mengandung bahan berbahaya lainnya. (Perdana, 2021). Pada penelitian yang akan dilakukan akan menggunakan baterai lithium-ion sebagai wadah untuk pengisian tegangan baterai.



**Gambar 2.2** Baterai (Sumber: <https://bukalapak.com>)

## 7. Arduino UNO

Mikrokontroler adalah komputer di dalam chip yang berfungsi untuk mengontrol peralatan elektronik. Arduino UNO adalah mikrokontroler yang dibuat dengan IC ATmega328. Arduino UNO memiliki 20 pin hasil dan informasi, termasuk 14 pin terkomputerisasi informasi yang menghasilkan PD0 hingga PD13

dan 6 pin untuk pin standar A0 hingga A5. Arduino UNO juga memiliki input USB, sehingga lebih mudah digunakan.(Tohari et al., 2021). Pada penelitian yang akan di lakukan Arduino Uno akan digunakan sebagai mikrokontroler.



**Gambar 2.3** Arduino Uno ATmega 328P (Sumber: <https://shopee.co.id>)

**Tabel 2. 1** Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroler	ATMega 328P
Tegangan Operasional	5V
Tegangan Input	7V – 12V
Pin I/O Digital	14 Pin
Pin Analog	6 Pin
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Kecepatan Clock	16MHz

## 8. Software Arduino IDE

Mikrokontroler Arduino adalah platform komputasi fisik yang bersifat open source. Untuk menggunakannya, Anda harus menggunakan bahasa pemrograman C yang ditulis menggunakan IDE (Integrated Development Environment). Sketch dibuat oleh Arduino IDE dan ditanamkan ke dalam mikrokontroler Atmega 328 dalam modul Arduino Uno.

Software ini memiliki kemampuan selain editor program, software IDE memiliki kemampuan *compile* sebelum di upload ke mikrokontroler untuk

memastikan program sudah benar (Handoko, 2017). Tampilan awal pada arduino IDE dan fitur-fiturnya dapat dilihat pada gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Arduino IDE (*Sumber: Dokumentasi Pribadi*)

## 9. Relay

Relai adalah komponen elektronika yang dapat berfungsi untuk melakukan logika switching (Pakpahan et al., 2017). Saklar elektrik yang dikenal sebagai relai berfungsi melalui sinyal elektrik secara elektromagnetik. Relai hanya membutuhkan sedikit daya untuk mengaktifkan kontakannya, tetapi dia mampu mengontrol perangkat yang memerlukan lebih banyak daya. Berdasarkan Contact Point-nya, jenis relai dibagi menjadi dua yaitu Normally Open (NO) dan Normally Close (NC) (-Alfariski et al., 2022). Dalam penelitian ini relai dengan jenis NC dipakai sebagai jalur pengisian dan juga pengosongan, dan NO sebagai pemutus. Dalam penelitian ini relai secara logika dikendalikan oleh Arduino UNO untuk melaksanakan proses pensaklaran berdasarkan kondisi yang diinginkan oleh program.

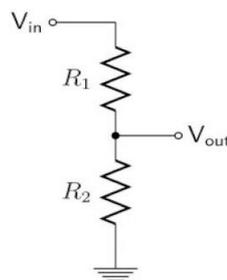


**Gambar 2.5** Modul Relay (*sumber: <https://shopee.co.id>*)

### 1. Rangkaian Pembagi Tegangan

Arduino berkerja pada tegangan 5V, pada penelitian yang akan dilakukan ini Arduino berfungsi untuk membaca tegangan pada baterai sebesar 12V. Agar Arduino dapat membaca besaran tegangan baterai, maka tegangan baterai harus diturunkan dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan. Tegangan yang dihasilkan dari rangkaian dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

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



**Gambar 2.6** Rangkain Pembagi Tegangan (*Sumber: YouTube.com*)

### 10. Light Crystal Display (LCD)

LCD merupakan suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair untuk menampilkan data, seperti karakter, huruf, atau grafik. Ada dua cara untuk mengakses LCD melalui Arduino yaitu secara Paralel dan serial. Paralel

memanfaatkan semua pin LCD yang ada, sedangkan serial dapat mengakses LCD melalui Arduino. Kekurangannya adalah penggunaan pin Arduino yang banyak dan proses instalasi yang lebih sulit. Di sisi lain, serial menggunakan module I2C, yang hanya membutuhkan 2 pin, yaitu SDA dan SCL. Keuntungan dari modul Serial adalah bahwa pin kosong dapat digunakan untuk keperluan tambahan dan instalasi lebih mudah (Dimas,dkk 2019). Gambar *Light Crystal Display* dapat dilihat pada gambar 2.7



**Gambar 2.7** LCD (Sumber: Baido 2017)

Ada beberapa fitur yang disajikan dalam *Light Crystal Display* antara lain, Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris, terdapat karakter generator terprogram, dapat di alamat dengan mode 4 bit dan 8 bit, dan dilengkapi dengan back light.

**Tabel 2. 2** Spesifikasi *Light Crystal Display*

PIN	DESKRIPSI
1	Ground
2	VCC
3	Pengatur kostrad
4	Register Select
5	Read/write LCD register
6	Enable
7-14	Data I/O pin
15	VCC + LED
16	Ground LED

## **B. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu bertujuan untuk mendapatkan bahan referensi serta bahan perbandingan dan acuan. Maka penelitian akan mencantumkan beberapa hasil penelitian terdahulu sebagai berikut:

Penelitian yang dilakukan oleh (Asma Ainuddin, Asrul, F.A.S, 2015) dengan judul “Sistem Pengisian Baterai Otomatis Untuk Aplikasi Sistem Fotovoltaik” Penelitian ini menggunakan mikrokontroler untuk mengontrol dan menerapkan algoritma logika fuzzy yang tertanam di dalamnya. Pengujian rangkaian yang dilakukan dengan simulator (aplikasi simulasi) pada komputer menunjukkan bahwa rangkaian ini memiliki kemampuan untuk mengisi baterai hingga penuh pada batas tegangan 12,487V volt dan mulai mengisi kembali pada batas tegangan rendah 6.239V volt.

Penelitian yang dilakukan oleh (Sulistomo et al., n.d.) dengan judul “Implementasi Pengendalian Sistem Pengisian/Pengosongan Baterai Pada Sistem Photovoltaic Stand-Alone Menggunakan Bidirectional Converter Dengan Metode Proportional Integral Berbasis Mikrokontroler DSPIC30F4011” Dalam penelitian ini, digunakan metode proportional-integral berbasis mikrokontroler DSPIC30f4011 untuk merancang Converter DC-DC Bidirectional dan sistem kendali arah aliran daya. Pengujian dilakukan dengan referensi tegangan  $\pm 20$  V pada variasi beban  $39 \Omega$ ,  $50 \Omega$ , dan  $100 \Omega$ . Hasil pengujian menunjukkan bahwa kontrol proporsional-integral dapat digunakan dengan baik sebagai pengendali arah aliran daya. Ini dilakukan dengan mengontrol dan menjaga nilai tegangan DC

Bus konstan sebesar 20, 2 V pada beban resistor 39  $\Omega$ , 20, 4 V pada beban resistor 50  $\Omega$ , dan 20, 4 V pada beban resistor 100  $\Omega$ . Ketika nilai daya yang dihasilkan sumber kurang dari besar daya yang dibutuhkan beban, maka terjadi discharging battery. Namun ketika hal sebaliknya terjadi, maka berubah menjadi charging battery.

Penelitian yang dilakukan oleh (Rismansyah & Nazir, 2016) dengan judul “Pengaturan Keseimbangan Pengisian Dan Pengosongan Baterai Asam Timbal” Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem yang menggunakan mikrokontroler arduino uno untuk mengontrol keseimbangan antara pengisian (charging) dan pengosongan (discharging) baterai asam timbal. Metode As (Ampere-second) digunakan untuk menghitung kapasitas baterai. Sebelum sistem ini dijalankan, kapasitas baterai (SOC) dan tegangan open circuit baterai dihubungkan untuk menghitung nilai energi yang tersimpan pada baterai. Selama sistem berjalan, mikrokontroler akan menggunakan hubungan setiap arus sistem untuk melakukan perhitungan. Pengaturan untuk titik maksimal dan minimal baterai terpisah. Pengaturan titik maksimal mencegah baterai terisi terlalu banyak. Saat baterai telah penuh maka arus pembuangan akan mengalir yang mencegah baterai mengalami pengisian saat mencapai titik maksimum. Arus pembuangan diset konstan 0.153 A. Pengaturan titik minimum menjaga baterai dari kekosongan (kekurangan energi). Beban tidak akan mendapatkan pasokan energi baik dari charger maupun baterai saat baterai dibawah titik minimumnya karena charger hanya melakukan pengisian pada baterai hingga melewati titik

minimumnya. Sistem ini menggunakan titik minimum 11.67% dengan kapasitas baterai 50 Ah.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Pada penelitian ini digunakan metode penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen. Eksperimen sebagai suatu situasi penelitian yang sekurang-kurangnya satu variabel bebas, yang disebut sebagai variabel eksperimental, sengaja dimanipulasi oleh peneliti (Emzir, 2009). Dipilihnya jenis penelitian ini karena penulis melakukan perancangan sistem kendali pengisian baterai pada pembangkit listrik hybrid. Mengamati tingkat akurasi dan efektivitas sistem dalam mendeteksi level baterai untuk memulai dan berhenti melakukan pengisian baterai.

#### **B. Waktu dan Tempat Penelitian**

##### **1. Waktu Penelitian**

Waktu penelitian dilaksanakan sejak tanggal dikeluarkannya izin penelitian dalam kurun waktu kurang lebih 6 (enam) bulan dengan uraian kegiatan yaitu studi pustaka, perancangan alat, pengadaan alat dan bahan, pemasangan dan instalasi alat, Pengujian dan dilanjut pembuatan laporan akhir yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

**Tabel 3. 1** Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Uraian	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Pustaka						
2	Perancangan Alat						
3	Pemasangan Dan Instalasi Alat						
4	Pengujian						
5	Analisis Data						
6	Penyusunan Laaporan Akhir						

## 2.Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian akan dilaksanakan di kampus II Universitas Muhammadiyah Parepare, gedung F lantai 1 (satu) area laboratorium Teknik Elektro dikarenakan intensitas cahaya matahari yang baik untuk penggunaan panel surya dan kecepatan angin yang baik pula untuk memutar turbin.

### C. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan alat dapat dilihat pada Tabel 3.2

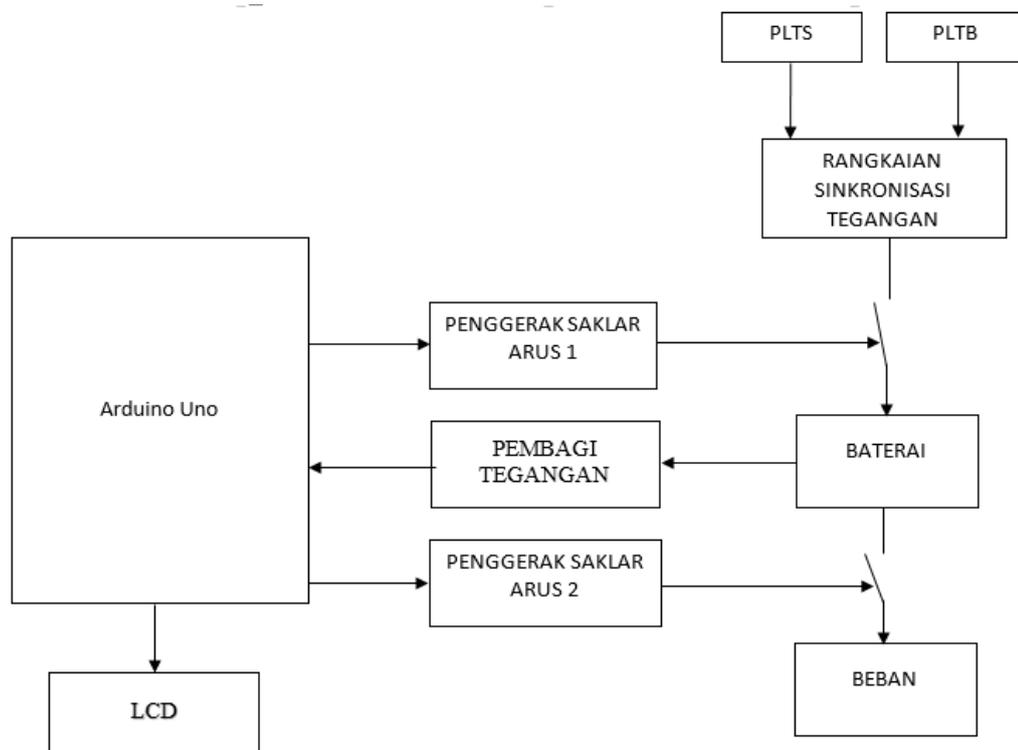
**Tabel 3. 2** Alat dan Bahan

No	Uraian	Jumlah
1	Arduino Uno	1
2	Relay	3
3	Sensor Ina219	3
4	Modul Step Up Down	1
5	Diode	4
6	Lcd I2C 20x4	1
7	Baterai	1

## D. Rancangan Penelitian

### 1. Blok Diagram

Rancangan sistem pada penelitian ini disajikan dalam bentuk blok diagram yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



**Gambar 3. 1** Blok diagram rancangan penelitian

Pada gambar di atas merupakan blok diagram perancangan sistem otomatis pengisian dan pengosongan baterai dengan sumber tenaga surya dan angin.

Adapun komponen penyusun terdiri dari:

1. Rangkaian sinkronisasi tegangan berfungsi menyatukan output dari plts dan pltb yang nantinya akan digunakan mengisi daya baterai,

2. Baterai berfungsi sebagai input dan juga sebagai sumber tenaga alternatif yang akan melakukan pengisian dan pengosongan tegangan,
3. Rangkaian pembagi tegangan berfungsi untuk membagi tegangan agar tegangan baterai dapat terbaca di Arduino,
4. Arduino Uno sebagai mikrokontroler yang berfungsi sebagai perangkat untuk melakukan proses dari input rangkaian pembagi tegangan dan memberikan perintah untuk menggerakkan saklar arus 1(satu) dan saklar arus 2 (dua),
5. LCD(Light Crystal Display) berfungsi sebagai menampilkan tegangan baterai dan status pengisian atau pengosongan,
6. Saklar arus 1 (satu) berfungsi sebagai pemutus dan penyambung pengisian baterai,
7. Saklar arus 2 (dua) berfungsi sebagai pemutus dan penyambung ke beban.

#### **E. Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan.

1. Tahapan pertama dilakukan melalui studi literatur, tahapan ini dilakukan untuk mempelajari beberapa referensi jurnal dan artikel tentang pengisian pengisian baterai otomatis.
2. Tahapan kedua dari penelitian ini yakni melakukan pengamatan terhadap sistem pengisian dan pengosongan baterai. Pengamatan ini dapat mencakup

pemantauan kinerja sistem, pengamatan terhadap tingkat akurasi waktu pengisian dan pengosongan baterai.

#### **F. Teknik Analisis Data**

Pada teknik analisis data yang akan dilakukan yaitu Mengamati tingkat akurasi dan efektivitas sistem dalam mendeteksi level baterai untuk memulai dan berhenti melakukan pengisian baterai.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

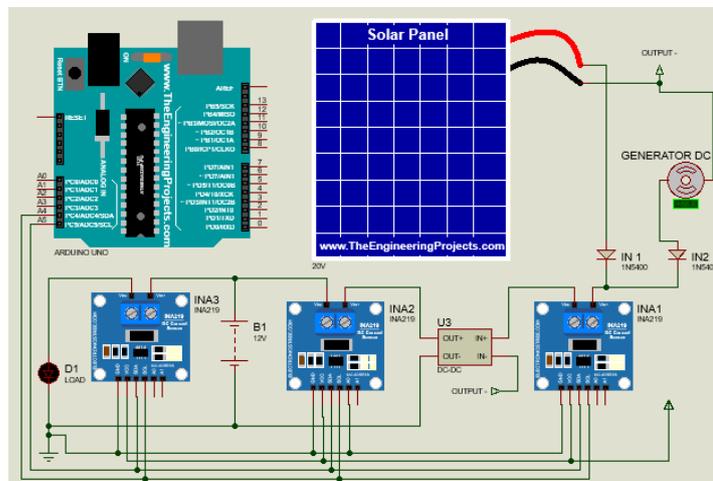
#### A. Perancangan Sistem

##### 1. Perangkat Keras (Hardware)

Pembuatan perangkat keras dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektroniknya. Rancangan ini menjelaskan tentang input, proses dan output dari rangkaian yang akan dibuat. Adapun uraian masing – masing perangkat keras yang digunakan sebagai berikut:

##### 1. Rangkaian input

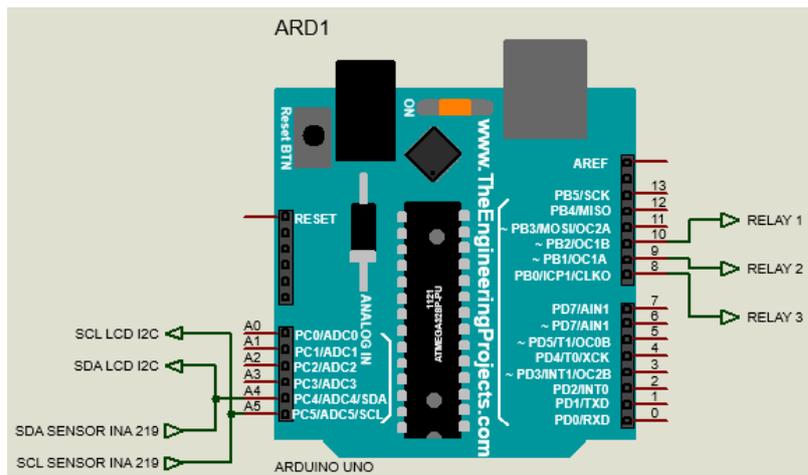
Rangkaian input terdiri dari tiga sensor ina 219 yang berfungsi membaca tegangan dan arus dari sumber tegangan, output dari step up/down dan baterai.



Gambar 4.1 Rangkaian input

2. Rangkaian proses

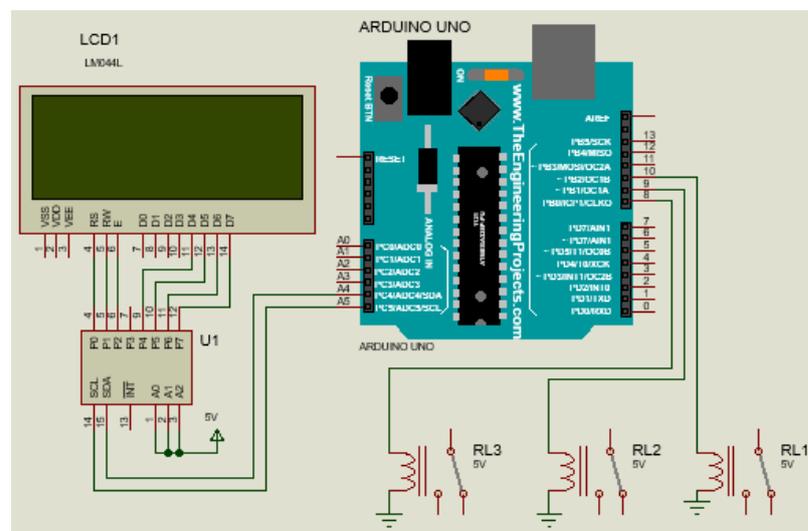
Arduino sebagai mikrokontroler untuk proses data di mana pin A4 terhubung ke pin sda dan A5 ke pin scl sensor ina 219 dan lcd i2c. Pin D10,D9,D8 terhubung ke relay.



Gambar 4.2 Rangkaian proses

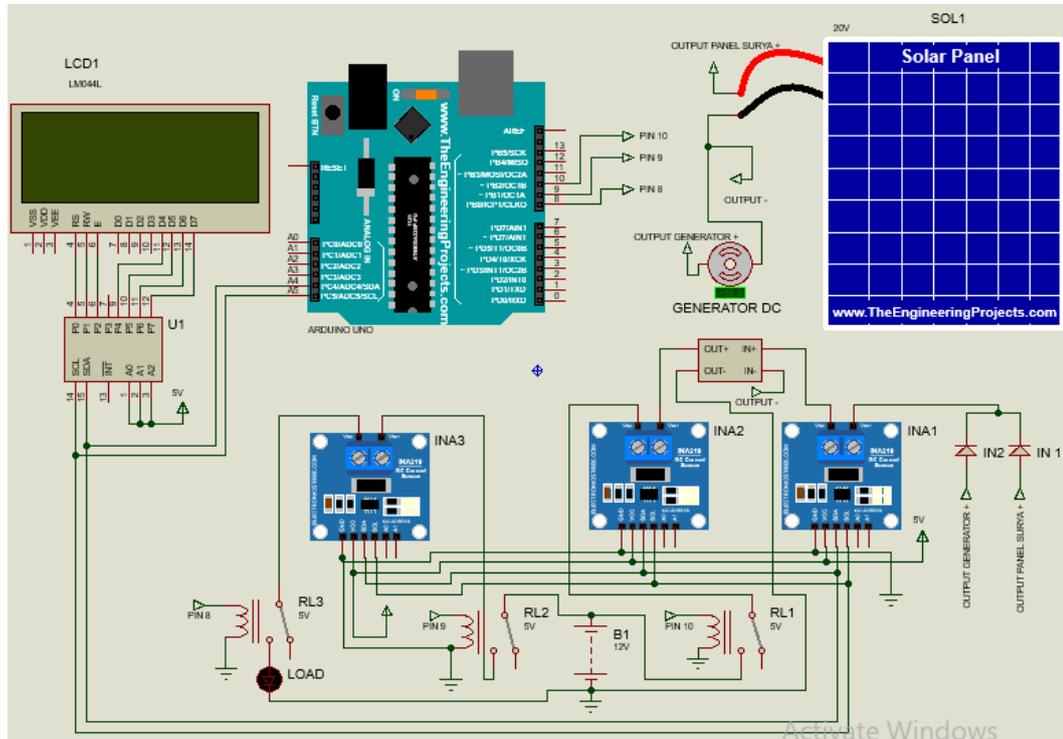
3. Rangkaian output

Output terdiri dari tiga relay dan lcd i2c 4x20.



Gambar 4.3 Rangkaian output

#### 4. Rangkaian hardware

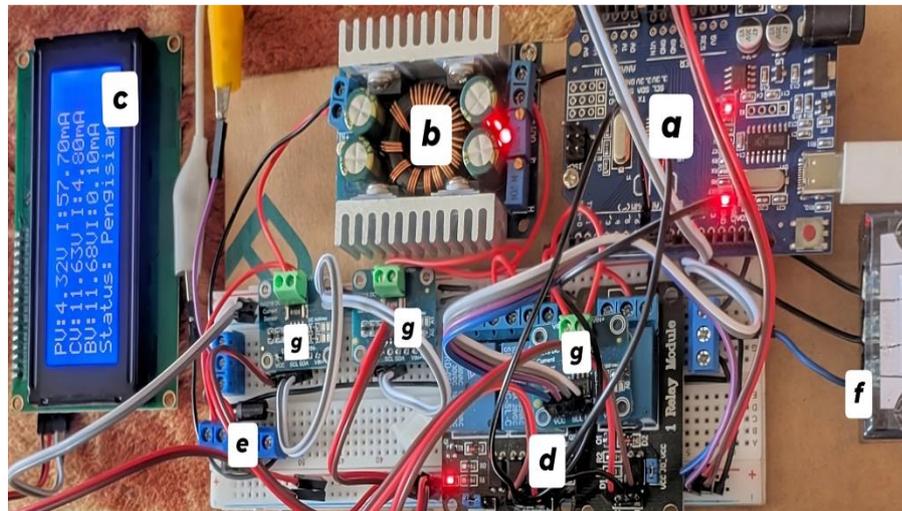


**Gambar 4. 4** Rangkaian *Hardware*

Komponen yang digunakan pada perancangan perangkat keras penelitian ini yaitu:

1. Arduino sebagai kontroler utama yang mengendalikan seluruh sistem berdasarkan input dari sensor INA219 dan memberikan output ke relai dan LCD.
2. LCD 20x4 sebagai layar tampilan untuk menunjukkan informasi tegangan dan arus serta status sistem.
3. Relay sebagai pengendali koneksi antara berbagai komponen (sumber daya, baterai, dan beban).
4. Sensor INA219 digunakan untuk mengukur tegangan dan arus pada berbagai titik dalam sistem. INA1 mengukur tegangan dan arus input dari panel surya,

INA2 mengukur tegangan output step-up/down dan arus pengisian baterai, INA3 Mengukur tegangan dan arus baterai.



**Gambar 4. 5** Rancangan Sistem

Keterangan gambar:

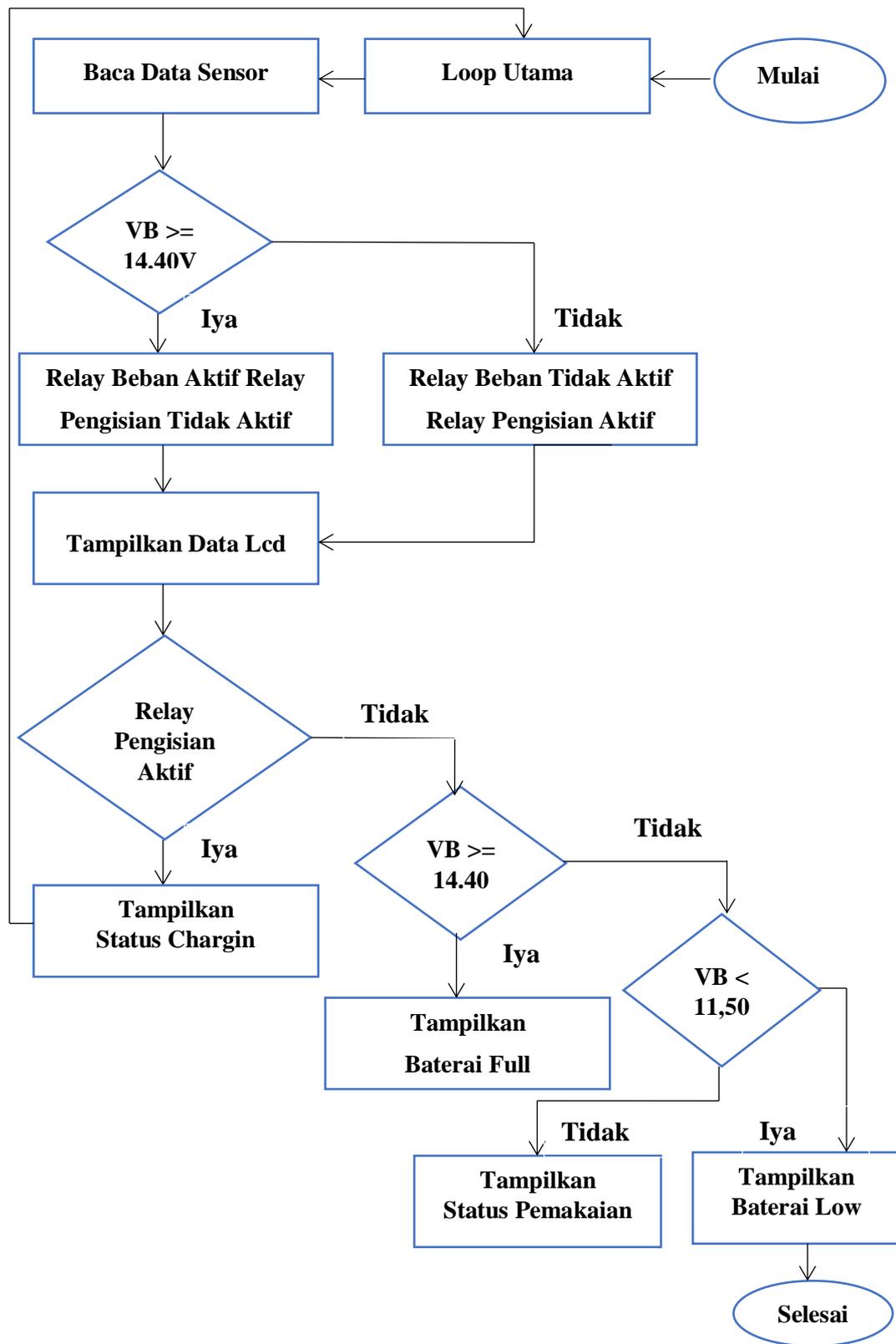
- a. Arduino
- b. Dc-dc converter
- c. LCD I2C
- d. Relay
- e. Input sumber pengisian
- f. Output beban dan baterai
- g. Sensor INA219

## 2. Perangkat lunak (software)

Perancangan perangkat lunak (*Software*) dilakukan menggunakan *software Arduino IDE*. Baris kode program yang dihasilkan akan ditanamkan (*upload*) pada perangkat Arduino. Perancangan perangkat lunak mengontrol input dan output perangkat keras melalui instruksi dalam program yang ditanamkan pada *mikrokontroler*.

*a. Flowchart*

*Flowchart* adalah representasi grafis dari suatu proses atau alur kerja yang menggunakan berbagai simbol untuk menunjukkan langkah-langkahnya. Simbol-simbol ini biasanya digabungkan dengan garis atau panah untuk menunjukkan urutan langkah dan aliran informasi atau kontrol yang terlibat dalam proses. Diagram alir prinsip kerja sistem ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4. 6 Flowchart

Flowchart ini menggambarkan logika dasar untuk memonitor tegangan baterai dan mengambil tindakan berdasarkan pembacaan tegangan tersebut. Program ini dirancang untuk: Menghubungkan baterai ke beban jika tegangan  $\geq$  14,40 Volt, Menghubungkan baterai ke pengisian jika tegangan  $<$  11,50 Volt, Menyimpan nilai tegangan dan status baterai setelah setiap pengecekan, Menampilkan data pada LCD untuk pemantauan, Mengulang proses pengecekan pada interval waktu yang telah ditentukan.

#### b. Uraian program

Adapun sketch program yang digunakan untuk menjalankan fungsi dari sistem yang dibuat sesuai dengan *flowchart* yaitu:

1. Inisialisasi objek dan menentukan *library* yang akan dipakai.

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

// Inisialisasi sensor INA219
Adafruit_INA219 ina219_panel(0x40);
Adafruit_INA219 ina219_charge(0x41);
Adafruit_INA219 ina219_battery(0x44);

// Inisialisasi LCD
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

// Pin relay
const int relayChargePin = 8; // Relay untuk
pengisian
const int relayBatteryPin = 9; // Relay untuk
baterai
```

```

const int relayLoadPin = 10;    // Relay untuk beban

// Variabel untuk menyimpan status terakhir
bool BatteryFullLCD = false;
bool BatteryLowLCD = false;

```

Mengimpor *Library* yang dibutuhkan untuk Library Wire, Adafruit\_INA219, dan LiquidCrystal\_I2C di-include untuk menggunakan sensor INA219 dan LCD I2C. Objek INA219\_panel, INA219\_charge, dan INA219\_battery diinisialisasi untuk membaca data dari tiga sensor INA219 yang berbeda. Objek LCD diinisialisasi untuk mengontrol LCD I2C. Tiga pin relay (RelayChargePin, RelayBatteryPin, RelayLoadPin) diinisialisasi untuk mengontrol Relay pengisian, baterai, dan beban. Dua variabel boolean (BatteryFullLCD, BatteryLowLCD) digunakan untuk memastikan pesan "Battery Full" dan "Battery Low" hanya ditampilkan satu kali.

## 2. Fungsi Setup

```

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  // Inisialisasi INA219
  if (!ina219_panel.begin()) {
    Serial.println("Failed to find INA219 panel chip");
    while (1);
  }
  if (!ina219_charge.begin()) {
    Serial.println("Failed to find INA219 charge chip");
    while (1);
  }
}

```

```

if (!ina219_battery.begin()) {
    Serial.println("Failed to find INA219 battery
chip");
    while (1);
}
// Inisialisasi relay
pinMode(relayChargePin, OUTPUT);
pinMode(relayBatteryPin, OUTPUT);
pinMode(relayLoadPin, OUTPUT);
// Set relay awal
digitalWrite(relayChargePin, LOW); // Mulai dalam mode
pengisian
digitalWrite(relayBatteryPin, LOW); // Relay baterai
selalu aktif
digitalWrite(relayLoadPin, HIGH); // Beban awalnya
tidak terhubung
// Inisialisasi LCD
lcd.init();
lcd.backlight();
}

```

Serial komunikasi diinisialisasi. Sensor INA219 diinisialisasi, jika gagal akan menampilkan pesan error dan berhenti. Pin relay diatur sebagai output dan status awal relay diatur (pengisian aktif, baterai aktif, beban tidak aktif). LCD diinisialisasi dan backlight diaktifkan.

### 3. Fungsi Loop

```

void loop() {
    // Baca data dari sensor INA219
    float panelVoltage = ina219_panel.getBusVoltage_V();
    float panelCurrent = ina219_panel.getCurrent_mA();
    /1000.0
}

```

```

float chargeVoltage = ina219_charge.getBusVoltage_V();
float chargeCurrent = ina219_charge.getCurrent_mA();
/1000.0

float batteryVoltage =ina219_battery.getBusVoltage_V();
float batteryCurrent = ina219_battery.getCurrent_mA();
/1000.0

```

Data tegangan dan arus dari ketiga sensor INA219 dibaca dan disimpan dalam variabel yang sesuai.

#### 4. Kontrol Relay

```

// Kontrol relay berdasarkan tegangan baterai
if (batteryVoltage >= 14.40) {
    digitalWrite(relayLoadPin, LOW); // Terhubung ke
    beban
    digitalWrite(relayChargePin, HIGH); // Pengisian
    tidak aktif
} else if (batteryVoltage < 11.50) {
    digitalWrite(relayLoadPin, HIGH); // Beban tidak
    terhubung
    delay(5000);
    digitalWrite(relayChargePin, LOW); // Terhubung ke
    pengisian
}

```

Jika tegangan baterai  $\geq 14.40$  volt, relay beban diaktifkan (beban terhubung) dan relay pengisian dimatikan (pengisian tidak aktif). Jika tegangan baterai  $< 11.50$  volt, relay beban dimatikan (beban tidak terhubung) dan relay pengisian diaktifkan (pengisian terhubung) setelah tunda 5 detik.

#### 5. Tampilan Data Lcd

```

// Tampilkan data pada LCD

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("PV:");
lcd.print(panelVoltage);
lcd.print(" I:");
lcd.print(panelCurrent, 3);
lcd.print("A");
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("CV:");
lcd.print(chargeVoltage);
lcd.print(" I:");
lcd.print(chargeCurrent, 3);
lcd.print("A");
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("BV:");
lcd.print(batteryVoltage);
lcd.print(" I:");
lcd.print(batteryCurrent, 3);
lcd.print("A");
lcd.print(" ");

```

Data tegangan dan arus dari panel surya, pengisian, dan baterai ditampilkan di LCD.

## 6. Tampilan Lcd Status Baterai

```

// Tentukan status baterai

lcd.setCursor(0, 3);

if (digitalRead(relayChargePin) == LOW) {

    lcd.print("Status: Charging ");
}

```

```

    BatteryFullLCD = false;
    BatteryLowLCD = false;
} else if (batteryVoltage >= 14.40) {
    lcd.print("Battery Full      ");
    if (!BatteryFullLCD) {
        delay(5000); // Tunda 5 detik
        BatteryFullLCD = true;
    }
    BatteryLowLCD = false;
} else if (batteryVoltage < 11.51) {
    lcd.print("Battery Low      ");
    if (!BatteryLowLCD) {
        delay(5000); // Tunda 5 detik
        BatteryLowLCD = true;
    }
    BatteryFullLCD = false;
} else {
    lcd.print("Status: Pemakaian");
    BatteryFullLCD = false;
    BatteryLowLCD = false;
}

```

Status baterai ditentukan dan ditampilkan di LCD. Jika relay pengisian aktif, ditampilkan "Status: Charging". Jika tegangan baterai  $\geq 14.40V$ , ditampilkan "Battery Full" dengan tunda 5 detik (hanya sekali). Jika tegangan baterai  $< 11.51V$ , ditampilkan "Battery Low" dengan tunda 5 detik (hanya sekali). Jika tegangan baterai antara  $11.5V$  dan  $14.40V$  setelah putusya pengisian akan ditampilkan "Status: Pemakaian".

## 7. Waktu tunda sebelum mengulangi loop

```
// Tunggu 1 detik sebelum membaca ulang data  
delay(1000);  
}
```

Program menunda 1 detik sebelum mengulangi loop untuk membaca ulang data dari sensor.

## B. Pengujian

### 1. Pengujian over voltage



**Gambar 4. 7** Pengujian over voltage

Pengujian dilakukan dengan mengisi baterai untuk melihat seberapa baik sistem pengisian baterai berfungsi dalam situasi tegangan lebih (over voltage). Pengujian memantau berbagai parameter, seperti tegangan baterai, status relay pengisian, status relay sensor, dan status relay beban, serta informasi yang ditampilkan pada layar LCD. Dimana penentuan batas tegangan atas baterai di atur 14,40 volt, sesuai dengan keterangan dari baterai yang digunakan. Hasil pengujian disajikan dalam tabel yang menunjukkan perubahan yang terjadi pada setiap parameter seiring dengan kenaikan tegangan baterai

**Tabel 4. 1** Pengujian over voltage

Tegangan baterai (volt)	Kondisi Relay (ON/OFF)			Tampilan LCD
	Pengisian	Sensor	Beban	
11,80	ON	ON	OFF	Pengisian
12,40	ON	ON	OFF	Pengisian
12,67	ON	ON	OFF	Pengisian
12,65	ON	ON	OFF	Pengisian
12,86	ON	ON	OFF	Pengisian
13,07	ON	ON	OFF	Pengisian
13,45	ON	ON	OFF	Pengisian
13,88	ON	ON	OFF	Pengisian
14,40	OFF	ON	ON	Baterai full

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Tegangan baterai meningkat dari 11,80 volt hingga 14,40 volt, di mana relay pengisian berubah dari ON ke OFF setelah baterai terisi penuh. Saat mencapai 14,40 volt, relay beban otomatis aktif, memungkinkan aliran daya dari baterai. Relay sensor tetap ON sepanjang pengujian, untuk tetap memantau tegangan baterai. Tampilan LCD memberikan informasi mengenai status pengisian dan baterai penuh. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem secara otomatis menghentikan pengisian saat baterai penuh dan mengalihkan daya ke beban.

## 2. Pengujian under voltage

**Gambar 4. 8** Pengujian under voltage

Pengujian dilakukan dengan memberi beban lampu pada baterai untuk melihat seberapa baik sistem pengisian baterai berfungsi dalam kondisi tegangan rendah (under voltage). Pengujian memantau beberapa parameter, seperti tegangan baterai, status relay pengisian, status relay sensor, dan status relay beban, serta informasi yang ditampilkan pada layar LCD. Hasil pengujian disajikan dalam tabel, yang menunjukkan perubahan yang terjadi pada setiap parameter seiring dengan penurunan tegangan baterai.

**Tabel 4. 2** Pengujian under voltage

Tegangan baterai (volt)	Kondisi Relay (ON/OFF)			Tampilan LCD
	Pengisian	Sensor	Beban	
12,60	OFF	ON	ON	Pemakaian
12,50	OFF	ON	ON	Pemakaian
12,40	OFF	ON	ON	Pemakaian
12,30	OFF	ON	ON	Pemakaian
12,20	OFF	ON	ON	Pemakaian
12,10	OFF	ON	ON	Pemakaian
11,90	OFF	ON	ON	Pemakaian
11,80	OFF	ON	ON	Pemakaian
11,70	OFF	ON	ON	Pemakaian
11,60	OFF	ON	ON	Pemakaian
11,51	OFF	ON	ON	Baterai low
11,50	ON	ON	OFF	Baterai low

Hasil Pengujian menunjukkan respons system terhadap tegangan rendah. Dimana tegangan baterai turun dari 12,60 volt ke 11,50 volt. Relay pengisian tetap OFF hingga 11,50 volt, lalu berubah menjadi ON untuk mengisi ulang baterai. Relay sensor selalu ON untuk pemantauan tegangan baterai terus-menerus. Relay beban, OFF saat baterai penuh, menjadi ON saat digunakan, dan kembali OFF pada 11,50 volt untuk melindungi baterai. LCD menampilkan status baterai low

saat tegangan turun. Hasil ini menunjukkan sistem efektif melindungi dan mengelola baterai saat tegangan rendah.

### 3. Pengujian kincir angin rakitan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan kincir angin untuk menghasilkan daya untuk melakukan pengisian baterai. Pengujian dilakukan dengan mengamati hasil pembacaan alat sistem pengisian baterai, volt meter, tachometer, anemometer, untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan oleh kincir angin dan mengukur kecepatan generator serta kecepatan angin.



**Gambar 4. 9** Pengujian kincir angin rakitan

Pengujian dilakukan dengan dua cara yaitu pengujian kincir angin dengan beban baterai pengisian dan pengujian kincir angin tanpa beban.

#### a. Pengujian kincir angin dengan beban baterai

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan kabel output kincir dengan terminal input sistem pengisian baterai dan output terminal sistem ke terminal baterai. Dan mengamati data yang ditampilkan pada lcd.

**Tabel 4. 3** Pengujian kincir angin dengan beban baterai

Kecepatan angin (m/s)	Kecepatan generator (rpm)	Pembacaan Tegangan (volt)		
		Avo meter	Alat	Step-up
1,6	202	4,948	4,16	12,20
1,7	225	4,951	4,02	12,17
2,2	287	5,124	4,24	12,29
2,3	359	4,939	3,70	12,20
2,5	371	5,364	4,22	12,38
2,9	440	5,264	4,24	12,42
3,0	570	5,063	4,17	12,34
3,4	954	5,158	4,21	12,38

Hasi pengujian menunjukkan adanya drop tegangan dimana output tegangan dari kincir angin rakitan hanya mencapai 4 sampai 5 volt ketika di hubungkan ke beban.

b. Pengujian kincir angin tanpa beban

Pengujian di lakukan dengan menghubungkan kabel output kincir dengan terminal input sistem pengisian baterai.

**Tabel 4. 4** Pengujian kincir angin tanpa beban

Kecepatan angin (m/s)	Kecepatan generator (rpm)	Pembacaan Tegangan (volt)		
		Avo meter	Alat	Step-up
1,5	209	5,571	4,74	12,86
1,6	287	7,68	6,78	13,46
1,8	290	7,74	7,09	13,45
2,0	326	9,59	9,35	13,45
2,7	337	10,02	9,40	14,47
2,8	371	11,07	10,59	14,45
3,2	598	13,28	13,41	14,47
3,8	886	17,56	16,16	14,45

Hasil pengujian menunjukkan tegangan tertinggi yang di hasilkan yaitu 16,16 volt dengan kecepatan angina 3,8 m/s dan kecepatan generator 886 rpm. Dimana tagangan yang dibutuhkan untuk mengisi tegangan baterai 12 volt yaitu sekitar 13,5 hingga 14,9 volt. sehingga dengan kecepatan angin 2,7 m/s dan kecepatan generator 337 rpm dapat menghasilkan tegangan 9,40 volt yang kemudian melalau step up tegangan mencapai 14,47 volt yang dapat digunakan untuk melakukan pengisian pada baterai.

Berdasarkan hasil pengujian kincir angin rakitan pada tabel 4.3 dan 4.4 data ini mencakup informasi mengenai kecepatan angin, kecepatan generator, tegangan keluaran generator, serta tegangan step-up.

Analisis kinerja kincir angina rakitan;

#### 1. Evaluasi Output Tegangan

Pengujian kinerja kincir angin rakitan dilakukan dalam dua kondisi: dengan beban dan tanpa beban. Pada pengujian dengan beban, tegangan yang dihasilkan oleh generator dicatat menggunakan dua alat, yaitu volt meter dan alat yang dibuat. Tegangan yang terukur oleh volt meter berkisar antara 4,859 volt hingga 5,653 volt, sementara tegangan yang diukur oleh alat pengisian baterai menunjukkan nilai yang lebih rendah, berkisar antara 3,70 volt hingga 4,38 volt. Setelah melalui modul step-up, tegangan rata-rata meningkat menjadi sekitar 12,16 volt hingga 12,46 volt.

Pada pengujian tanpa beban, tegangan output yang dihasilkan oleh generator tercatat lebih tinggi dibandingkan dengan pengujian dengan beban,

mencapai hingga 17,56 volt sebelum proses step-up, dan stabil pada sekitar 12,85 volt setelah step-up.

Sedangkan spesifikasi generator Pada kecepatan putaran generator yang stabil, yaitu 1500 rpm, untuk generator mampu menghasilkan tegangan sekitar 65-80 volt dengan arus 2-3 ampere. Informasi ini menegaskan bahwa pada kecepatan optimal, generator memiliki potensi untuk menghasilkan output daya yang lebih stabil Namun, kinerja generator pada kecepatan angin yang lebih rendah, di mana putaran tidak mencapai 1500 rpm, masih memerlukan peningkatan.

## 2. Perbandingan Pembacaan Tegangan: Volt Meter dengan Sistem pengisian pada Pengujian dengan dan Tanpa Beban

Pada pengujian dengan beban, terdapat perbedaan antara pembacaan tegangan oleh volt meter dan sistem pengisian baterai. Sebagai contoh, pada kecepatan angin 3,0-3,7 m/s, volt meter mencatat tegangan 5,265 volt, sementara sistem pengisian hanya 4,24 volt. Perbedaan ini menunjukkan bahwa volt meter lebih sensitif atau mungkin lebih akurat dalam pengukuran, sedangkan sistem pengisian mungkin mengalami losses atau kurang kalibrasi.

Pada pengujian tanpa beban, perbedaan serupa terjadi. Misalnya, pada kecepatan angin 2,7 m/s, volt meter mencatat tegangan 13,75 volt, sedangkan sistem pengisian mencatat 14,55 volt. Tanpa beban, generator cenderung menghasilkan tegangan lebih tinggi, namun perbedaan antara kedua alat pengukur tetap konsisten.

## 3. Pengaruh Kecepatan Angin dan Desain Kincir

Kecepatan angin yang berubah ubah selama pengujian memberikan dampak terhadap kecepatan putaran generator dan output tegangan. Pada pengujian dengan beban, kecepatan angin 2,5-3,0 m/s menghasilkan kecepatan putaran sebesar 742 rpm dan tegangan 12,39 volt setelah melalui modul step-up. Sebaliknya, pada pengujian tanpa beban, kecepatan angin 3,5 m/s menghasilkan kecepatan putaran 765 rpm dan tegangan output 16,89 volt sebelum step-up. Data ini menunjukkan bahwa desain bilah kincir yang optimal sangat penting untuk memaksimalkan penangkapan energi angin pada berbagai kondisi kecepatan. Performa generator yang optimal tercapai pada kecepatan generator 1500 rpm, sesuai dengan spesifikasi dari generator.

#### 4. Dampak Kondisi Angin terhadap Kinerja Kincir

Selama pengujian, kondisi angin sangat berubah ubah, kecepatan angin berkisar dari 1,5 m/s hingga 4,3 m/s, putaran generator bergerak lebih cepat dengan kecepatan angin yang lebih tinggi, meningkatkan tegangan output. Namun, ketika angin rendah, putaran generator tidak dapat mencapai kecepatan stabil 1500 rpm, yang diperlukan untuk mencapai output tegangan yang ideal, namun dengan kecepatan angin sekitar 2,8 m/s dengan putaran generator diatas 500 rpm dapat menghasilkan tegangan yang cukup untuk melakukan pengisian baetrai. Ketidakstabilan arah angin menyebabkan efisiensi yang tidak konsisten, yang menunjukkan betapa pentingnya memilih lokasi yang strategis untuk memasang kincir angin.

#### 5. Efisiensi Sistem Secara Keseluruhan

Secara keseluruhan, kincir angin rakitan ini masih membutuhkan peningkatan efisiensi konversi energi. Beberapa titik kehilangan energi yang termasuk losses aerodinamis pada bilah kincir, losses mekanis pada sistem transmisi, serta losses elektrik pada generator dan sistem pengkabelan. Meskipun sistem step-up meningkatkan tegangan output, efisiensi keseluruhan tetap harus dioptimalkan untuk memenuhi standar aplikasi. Mengurangi losses ini sangat penting untuk menjaga kinerja generator pada kecepatan putaran yang lebih rendah tetap mendekati ideal.

#### 6. Potensi Optimisasi

Beberapa cara untuk mengoptimalkan kinerja kincir angin rakitan ini adalah dengan mengubah desain bilah untuk meningkatkan efisiensi pada kecepatan angin rendah dan menggunakan sistem pengaturan pitch yang sederhana untuk menjaga sudut bilah terhadap arah angin. Meningkatkan efisiensi generator atau mempertimbangkan penggantian dengan model yang lebih sesuai dengan kecepatan putaran yang lebih rendah juga dapat membantu mencapai output tegangan yang lebih tinggi.

#### 7. Kemampuan kincir angin sebagai sumber untuk pengisian aki

Dari hasil pengujian kincir angin tegangan yang dihasilkan bervariasi yaitu 4 volt hingga 17 volt, kemudian disesuaikan oleh dc/dc converter untuk mengisi baterai. Dapat dikatakan tegangan yang dihasilkan kincir angin cukup untuk pengisian baterai, namun kecepatan angin mempengaruhi putaran generator sehingga tegangan yang dihasilkan tidak stabil sehingga arus yang dihasilkan sangat kecil. Dan pada pengujian kincir angin dengan beban, tegangan yang di

hasilkan oleh kincir angin yang terbaca hanya sebesar 4 volt walaupun kecepatan angin dan putaran generator cukup besar, dimana kemungkinan adanya masalah dalam rangkaian alat yang dibuat yang menyebabkan terjadinya drop saat sumber pengisian terhubung ke beban baterai.

#### 4. Pengujian pengisian baterai dengan sumber tenaga surya



**Gambar 4. 10** Pengisian baterai dengan sumber tenaga surya

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengisian baterai menggunakan sumber tenaga surya untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tegangan baterai 14,40 volt, dimana kondisi tegangan baterai di awal sebelum pengisian yaitu 11,56 volt. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem pengisian baterai yang memanfaatkan tenaga surya sebagai sumber energi utama. Parameter yang diukur meliputi tegangan dari panel surya, tegangan pada modul step-up, tegangan baterai, serta arus yang dihasilkan oleh panel surya dan arus yang masuk ke baterai selama proses pengisian. Berikut data hasil pengujian pengisian baterai dengan sumber tenaga surya.

**Tabel 4. 5** Pengujian pengisian baterai dengan sumber tenaga surya

Waktu (menit)	Tegangan (Volt)			Arus (Ampere)		
	Panel surya	Step-up	Baterai	Panel surya	Pengisian baterai	Pemakaian baterai
0	20,18	14,53	11,56	0,000	0,000	0,000
30	4,50	12,40	12,40	2,535	0,653	0,000
60	4,46	12,68	12,67	2,947	0,750	0,000
90	4,44	12,66	12,65	2,033	0,552	0,000
120	4,41	12,87	12,86	2,661	0,671	0,000
150	4,45	13,09	13,07	2,619	0,663	0,000
180	4,47	13,46	13,45	2,773	0,676	0,000
210	4,45	13,88	13,88	2,424	0,590	0,000
215	4,52	14,44	13,43	2,925	0,690	0,000

Hasil pengujian menunjukkan tegangan baterai full di 14,44 selama 3 jam 45 menit, namun selama pengujian adanya masalah drop tegangan pada saat di lakukan pengisian dimana kondisi awal sumber pengisian saat terminal terbuka yaitu 20,18 dan saat terhubung ke pengisian tegangan turun hingga 4 volt.

##### 5. Pengujian pengisian baterai dengan sumber tenaga angin

**Gambar 4. 11** Pengisian baterai dengan sumber tenaga angin

Pada pengujian dengan sumber tenaga angin tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi bagaimana sistem pengisian baterai yang

menggunakan angin sebagai sumber energi utama bekerja. Tegangan generator DC, tegangan modul step-up, dan tegangan baterai adalah semua parameter yang diukur. Selain itu, generator DC menghasilkan arus dan arus yang masuk ke baterai selama proses pengisian. Hasil pengujian pengisian baterai dengan tenaga angin ditunjukkan pada table berikut.

**Tabel 4. 6** Pengujian pengisian baterai dengan sumber tenaga angin

Waktu (menit)	Tegangan (Volt)			Arus (Ampere)		
	kincir	Step-up	Baterai	kincir	Pengisian baterai	Pemakaian baterai
0	0,33	0,25	11,45	0,001	0,000	0,000
10	4,17	12,27	11,45	0,332	0,063	0,000
20	3,92	1,49	11,45	0,071	0,000	0,000
30	3,80	12,14	11,46	0,249	0,014	0,000
40	4,10	12,20	11,48	0,260	0,042	0,000
50	3,92	1,49	11,49	0,071	0,000	0,000
60	4,17	12,17	11,50	0,332	0,063	0,000
70	4,14	8,12	11,50	0,107	0,000	0,000
80	4,17	12,28	11,52	0,346	0,066	0,000
90	4,19	12,29	11,53	0,298	0,052	0,000
110	4,23	12,35	11,56	0,535	0,122	0,000
120	4,28	12,37	11,57	0,672	0,135	0,000
130	4,22	12,38	11,58	0,645	0,128	0,000
140	4,29	12,41	11,60	0,781	0,169	0,000
150	4,23	12,40	11,60	0,668	0,140	0,000

Hasil pengujian pengisian baterai dengan sumber tenaga angin dimana tegangan awal saat terminal terbuka yaitu sumber pengisian 0 volt dikarenakan generator tidak bergerak dan tegangan awal baterai yaitu 11,45. Setelah pengisian selama 2 jam tegangan baterai naik dari 11,45 hingga tegangan baterai mencapai 11,60 dan tidak mencapai tegangan penuh untuk pengisian baterai yaitu 14,4 volt.

Kemampuan bilah kincir angin yang kurang baik dalam menangkap angin dan kondisi kecepatan angin yang berubah ubah mempengaruhi output dari

generator, serta adanya masalah rangkaian pada alat yang dibuat sehingga membuat sumber tegangan pengisian drop hingga 4 volt.

#### **6. Pengujian pengisian baterai dengan sumber tenaga surya dan angin**



**Gambar 4. 12** Pengisian baterai dengan sumber tenaga surya dan angin

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa efisien dan efektif sistem pengisian baterai dengan dua sumber energi terbarukan, yaitu panel surya dan generator angin. Dalam pengujian berbagai parameter diukur termasuk tegangan dan arus dari panel surya, generator, modul step-down, dan baterai. Data hasil pengujian dapat dilihat pada table berikut.

**Tabel 4. 7** Pengujian pengisian baterai dengan sumber tenaga surya dan angin

Waktu (menit)	Tegangan (Volt)			Arus (Ampere)		
	Panel surya dan kincir	Step-down	Baterai	Panel surya dan kincir	Pengisian baterai	Pemakaian baterai
0	20.45	14,55	11,44	0.000	0,000	0,000
30	4,73	12,86	11,95	2,177	0,750	0,000
60	4,36	12,91	12,89	1,776	0,467	0,000
90	4,43	13,14	13,13	1,543	0,404	0,000
120	4,46	13,35	13,34	0,595	0,123	0,000
150	4,44	13,37	13,36	2,258	0,580	0,000
180	4,40	13,55	13,54	2,624	0,662	0,000
210	4,62	13,60	13,58	2,200	0,756	0,000
240	4,62	13,69	13,68	2,150	0,762	0,000

Pada pengujian pengisian baterai dengan sumber tenaga surya dan angin kondisi tegangan terminal terbuka sumber pengisian yaitu 20,45 dan baterai 11,44. Pada saat pengisian pembacaan sumber tegangan drop hingga 4 volt. Setelah dilakukan pengujian selama 4 jam baterai mencapai tegangan 13,68 dan tidak mencapai kapasitas penuh yaitu 14,4 volt. Dikarenakan kondisi cuaca yang kurang baik dan adanya masalah rangkaian pada alat yang dibuat sehingga terjadi tegangan drop hingga 4 volt.

## 7. Analisis lama waktu pengisian baterai

Lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengisian baterai dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut;

$$T = \left( \frac{C}{I} \right) + \phi_1$$

Keterangan:

T = Waktu yang dibutuhkan (jam)

C = Kapasitas baterai yang digunakan (Ah)

$I =$  Arus pengisian (I)

$\emptyset =$  % De-efisiensi (20%)

Dimana pada pengujian yang di lakukan yaitu dengan menggunakan sumber pengisian panel surya 50wp dengan tegangan 18 volt dan arus 2,78, degan kapasits baterai 12 volt 3,5 Ah. Dengan menggunakan rumus sebelumnya maka waktu yang dibutuhkan adalah sebagai berikut;

$$\begin{aligned} T &= \left( \frac{3,5Ah}{2,78A} \right) + 20\% \\ &= (1,26 + 0,25) \\ &= 1,5 \text{ jam} \end{aligned}$$

Jadi lama pengisian baterai 12 volt 3,5Ah dengan arus pengisian 2,78 A adalah 1,5 jam. Sedangkan lama pengisian baterai selama pengujian yaitu 3,57 jam.

Adapun hal yang mempengaruhi perbedaan waktu pengisian baterai pada hasil pengujian dan perhitungan yaitu kondisi sinar matahari dan adanya masalah pada alat yang menyebabkan terjadi drop daya yang cukup besar.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Dari penelitian mengenai sistem otomatis pengisian baterai dengan sumber tenaga surya dan angin, beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah:

1. Respons Terhadap Tegangan Baterai: Sistem secara efektif menjaga kondisi baterai dalam rentang operasi yang aman dengan mengontrol pengisian berdasarkan tegangan yang diukur. Dengan memutus pengisian ketika tegangan baterai mencapai ambang batas atas (14,40 volt) dan mengaktifkan kembali pengisian ketika tegangan di bawah ambang batas bawah (11.50 volt).
2. Kinerja Sistem Dalam Kondisi Pengujian: Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja dalam mendeteksi over dan under voltage namun adanya masalah selama proses pengisian dimana terjadi drop daya sehingga waktu pengisian menjadi lebih lama dan pengisian tidak efisien.

## **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian ini, berikut adalah beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Diperlukan rangkaian yang lebih baik lagi atau membuat sendiri dc dc converter untuk mengatur tegangan yang dibutuhkan untuk mengisi baterai sehingga dapat menghindari adanya drop daya yang terlalu besar sehingga dapat memaksimalkan daya dari sumber pengisian.
2. Penggunaan Komponen Lebih Efisien: Untuk meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan, pertimbangkan penggunaan komponen elektronik yang lebih efisien, seperti relay dengan resistansi yang lebih rendah atau sensor yang lebih akurat.
3. Pengembangan Sistem Alarm atau Notifikasi: Tambahkan sistem alarm atau notifikasi untuk memberi tahu pengguna ketika baterai telah penuh atau sudah mendekati tegangan kurang. Aplikasi yang terhubung dapat mengirimkan notifikasi melalui bunyi, lampu indikator, atau pesan teks.

## Daftar Pustaka

- Alfariski, M. R., Dhandi, M., & Kiswanton, A. (2022). Automatic Transfer Switch (ATS) Using Arduino Uno, IoT-Based Relay and Monitoring. *JTECS: Jurnal Sistem Telekomunikasi Elektronika Sistem Kontrol Power Sistem dan Komputer*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.32503/jtecs.v2i1.2238>
- Asma Ainuddin, Asrul, F. A. S. (2015). Sistem Pengisian Baterai Otomatis Untuk Aplikasi Sistem Fotovoltaik. In *Sistem Pengisian Baterai Otomatis Untuk Aplikasi Sistem Fotovoltaik*.
- Azizah, A. N., & Purbawanto, S. (2021). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (Pv Dan Mikrohidro) Terhubung Grid. *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan*, 2(1), 1.
- Emzir (2009). *Metodologi Penelitian Pendidikan, Kuantitatif dan Kualitatif*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Mohammad Hafidz ;, S. S. (2015). Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 Mw on Grid Di Yogyakarta. *Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik PLN, 7(JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN VOL. 7 NO. 1, JANUARI-MEI 2015)*, 49.
- Murniati, M. E. (2022). Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Pembangkit Energi Listrik Tenaga Angin Di Daerah Banyuwangi Kota Menggunakan Database Online-BMKG. *Jurnal Surya Energy*, 6(1), 9–16.
- Pakpahan, R., Ramadan, D. N., & Hadiyoso, S. (2017). Rancang Bangun Dan Implementasi Automatic Transfer Switch (Ats) Menggunakan Arduino Uno Dan Relai. *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi Terapan*, 3(2), 332–341. <https://doi.org/10.25124/jett.v3i2.302>
- Perdana, F. A. (2021). Baterai Lithium. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 9(2), 113. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v9i2.50082>
- Pramuda, A., Hadiati, S., & Sasono, M. (2016). Menggunakan Sensor Cahaya Smartphone. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuwan*, 2(2), 70–77.
- Prio, H. (2017). Sistem Kendali Perangkat Elektronika monolitik Berbasis Arduino Uno R3. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. 1(2).
- Rismansyah, M., & Nazir, R. (2016). Pengaturan Keseimbangan Pengisian dan Pengosongan Baterai Asam Timbal. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 5(2), 192.
- Sianipar., Rafael. (2017) Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 11.2.

- Silmi Nurul Utami(2021). *Baterai: Definisi, Jenis, Fungsi, dan Prinsipnya*. Diperoleh dari: <https://www.kompas.com/skola/read/2021/09/06/124328469/baterai-definisi-jenis-fungsi-dan-prinsipnya>. (Diakses 19 mei 2023).
- Sulistomo, P., Setiawan, I., & Facta, M. (n.d.). *Implementasi Pengendalian Sistem Pengisian/Pengosongan Baterai Pada Sistem Photovoltaik Stand-Alone Menggunakan Bidirectional Converter Dengan Metode Proportional-Integral Berbasis Mikrokontroler DSPIC30F4011*.
- Suprianto, Dodit; Agustini, Rini; Firdaus, Vipkas Al Hadid; Wibowo, D. W. (2019). *Microcontroller Arduino Untuk Pemula (Disertai Contoh-contoh Projek Menarik)* (Vol. 1, Nomor August). <https://www.researchgate.net/publication/335219524>
- Tohari, M. I., Jamaaluddin, J., Sulistiyowati, I., Elektro, T., & Sidoarjo, U. M. (2021). *Sistem Pengenalan Suara Sebagai Pengendali Peralatan Audio Berbasis Arduino Uno*. 86–90.
- Widayana, A. (2012). Teknologi Energi Surya Fotovoltaik: Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, 7(1), 49.
- Widayana, G. (2012). Pemanfaatan Energi Surya. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 9(1), 37–46.