

**MONITORING PERANGKAT PENGISIAN BATERAI MOBIL LISTRIK  
DENGAN SUMBER SEL SURYA MENGGUNAKAN *WEBSITE*  
BERBASIS GPS**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**ZAKIYYAH NUR HAFIZHAH  
1917041030**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### **MONITORING PERANGKAT PENGISIAN BATERAI MOBIL LISTRIK DENGAN SUMBER SEL SURYA MENGGUNAKAN WEBSITE BERBASIS GPS**

Oleh

**Zakiyyah Nur Hafizhah**

Penelitian ini bertujuan untuk mengawasi dan mengontrol pengisian 2 buah baterai pada mobil listrik yang menggunakan baterai dengan spesifikasi 20.000 mAh. Baterai yang digunakan dalam mobil listrik dilengkapi dengan box *monitoring* yang mampu memonitor kapasitas baterai mobil listrik sehingga mencegah *overcharging* pada baterai. *Monitoring* pengisian baterai berbasis *website* ini juga dapat melihat lokasi Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) terdekat sehingga dapat mempermudah pengguna yang sedang menggunakan mobil listrik jika kehabisan daya selama penggunaan. Box pada mobil listrik dilengkapi dengan relay 2 *channel* dan 1 modul GPS GY-Neo6 MV2 dengan mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU ESP32. Hasil kalibrasi modul GPS diperoleh akurasi sebesar 99,99% yang diuji secara *real-time* dengan waktu pengiriman dan penerimaan data *website* rata-rata sekitar 1,34 detik. Pengujian baterai menggunakan motor DC dengan kapasitas 12 V, dengan perhitungan selama penggunaan Baterai 1 dengan kapasitas 49,9 V dapat digunakan selama 41,42 jam untuk mencapai 0 V dan Baterai 2 dengan kapasitas 46,2 V dapat digunakan selama 49,54 jam untuk mencapai 0 V. Proses *charging* pada Baterai 1 dalam keadaan kosong hingga terisi penuh dibutuhkan waktu 44,25 jam untuk mencapai tegangan 49,9 V. Sedangkan pada Baterai 2 dibutuhkan waktu 47,99 jam hingga mencapai tegangan 46,2 V.

**Kata kunci:** *Monitoring*, NodeMCU ESP32, *website*, GPS, kapasitas baterai.

## ABSTRACT

### MONITORING AND CONTROLLING VOLTAGE LEVELS AND POSITION MAPS OF SOLAR CELL ELECTRIC CAR BATTERIES BASED ON GPS AND WEBSITE

By

**Zakiyyah Nur Hafizhah**

This research aims to monitor and control the charging of 2 batteries in an electric car that uses a battery with a specification of 20,000 mAh. The batteries used in electric cars are equipped with a monitoring box which is able to monitor the capacity of the electric car battery so as to prevent overcharging of the battery. This website-based battery charging monitoring can also see the location of the nearest Public Electric Vehicle Charging Station (SPKLU) so that it can make it easier for users who are using an electric car if they run out of power during use. The box on the electric car is equipped with a 2 channel relay and 1 GY-Neo6 MV2 GPS module with the microcontroller used is NodeMCU ESP32. The GPS module calibration results obtained an accuracy of 99.99% which was tested in real-time with an average sending and receiving time for website data of around 1.34 seconds. Battery testing uses a DC motor with a capacity of 12 V, with calculations that during use Battery 1 with a capacity of 49.9 V can be used for 41.42 hours to reach 0 V and Battery 2 with a capacity of 46.2 V can be used for 49.54 hours to reaches 0 V. The charging process on Battery 1 from empty to full charge takes 44.25 hours to reach a voltage of 49.9 V. Meanwhile on Battery 2 it takes 47.99 hours to reach a voltage of 46.2 V.

**Keywords:** Monitoring, NodeMCU ESP32, website, GPS, battery capacity.

***MONITORING PERANGKAT PENGISIAN BATERAI MOBIL LISTRIK  
DENGAN SUMBER SEL SURYA MENGGUNAKAN WEBSITE  
BERBASIS GPS***

**Oleh**

**Zakiyah Nur Hafizhah**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul Skripsi : “*Monitoring Perangkat Pengisian Baterai Mobil Listrik dengan Sumber Sel Surya Menggunakan Website Berbasis GPS*”

Nama Mahasiswa : **Zakiyyah Nur Hafizah**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917041030

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Pembimbing I

Pembimbing II

**Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**  
NIP. 198010102005011002

**Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.**  
NIP. 199011252019032018

2. Ketua Jurusan Fisika

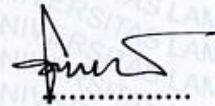
**Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**  
NIP. 198010102005011002



**MENGESAHKAN**

**1. Tim penguji**

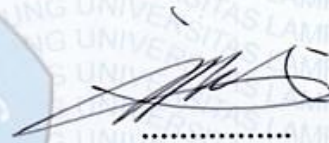
Ketua : **Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**



Sekretaris : **Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.**



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Dr. Junaidi S.Si., M.Sc.**



**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**  
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **13 Februari 2024**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 Februari 2024



**Zakiyyah Nur Hafizhah**  
NPM.1917041030

## RIWAYAT HIDUP



Zakiyyah Nur Hafizhah lahir di Bandar Lampung pada tanggal 06 Maret 2001. Penulis merupakan anak tunggal dari pasangan Bapak Darmawi dan Ibu Fikri Mashar. Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Citra Insani pada tahun 2007, SDN 01 Menggala Kota pada tahun 2013, SMPN 01 Menggala Kota pada tahun 2016, dan SMAN 3 Menggala pada tahun 2019. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN tahun 2019.

Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif tergabung, Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai anggota Kaderisasi dari tahun 2019 sampai tahun 2022, Asisten Internal tahun 2021 dan Bendahara Dinas Hubungan Internal Eksternal Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FMIPA Unila tahun 2022. Penulis juga sebagai ketua Tim Seni FMIPA Unila pada tahun 2023 hingga pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Fisika Komputasi pada tahun 2023 dan Metode Pengukuran dan Kalibrasi pada tahun 2023.

Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Bina Marga dan Bina Konstruksi (BMBK), Bandar Lampung, Lampung, dengan judul **“Pengujian Keausan Agravate Dengan Mesin Abrasi Los Angles untuk Pembuatan Design Mix Formula Beton”**. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat penuh penulis ikuti dalam program Kuliah Kerja Nyata Universitas Lampung tahun 2022 di Sumber Makmur, Kecamatan Banjar Margo, Kabupaten Tulang Bawang. Penulis melaksanakan penelitian untuk menyusun skripsi dengan judul **“Monitoring Perangkat Pengisian Baterai Mobil Listrik Dengan Sumber Sel Surya Menggunakan Website Berbasis Gps”** dibawah bimbingan Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. dan Ibu Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.



## **MOTTO**

*"Hasbunallah Wani'mal Wakil, Ni'mal Maula Wani'man Nasir".*

**– QS. Ali Imran 173 & QS. Al-Anfal 40 –**

*"Semua adil dalam perang dan cinta".*

**– Laurencia Dakosta –**

*"Tidak ada skripsi yang sempurna, skripsi yang baik adalah skripsi yang selesai".*

**– Gurum Ahmad Pauzi –**

## PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan skripsi ini  
kepada :

*Bapak Darmawi dan Ibu Fikri Mashar*

Kedua orang tuaku yang telah melahirkan, membesarkan, dan mendidikku, serta  
menjadi penyemangatku dalam menjalani hidup selama ini

*Bapak/Ibu Dosen FISIKA FMIPA UNILA*

Terima kasih telah memberikan bekal ilmu pengetahuan, nasihat, dan saran yang  
membangun kepadaku

*Laurencia Dakosta*

Persembahan manis untuk nama kecilku yang akan selalu abadi

*Rekan-rekan seperjuangan Fisika Angkatan 2019*

*Almamater Tercinta*  
*UNIVERSITAS LAMPUNG*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Monitoring Perangkat Pengisian Baterai Mobil Listrik Dengan Sumber Sel Surya Menggunakan Website Berbasis Gps**”. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat kesalahan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan untuk memperbaiki skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bukan hanya untuk penulis, tapi juga untuk para pembaca.

Bandar Lampung, 22 Februari 2024

Penulis,

Zakiyyah Nur Hafizhah

## SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Monitoring Perangkat Pengisian Baterai Mobil Listrik dengan Sumber Sel Surya Menggunakan Website Berbasis Gps**”. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari tidak sedikit hambatan dan kesulitan yang dihadapi, namun berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah membimbing, memberikan ilmu dan mengarahkan dalam proses penyusunan skripsi.
2. Ibu Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memberikan ilmu, motivasi serta arahan dalam proses penyusunan skripsi.
3. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penulisan skripsi ini menjadi lebih baik.
4. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa di Universitas Lampung.
5. Seluruh Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu selama menjadi mahasiswa di Universitas Lampung.

6. Orang tua Bapak Darmawi dan Ibu Fikri Mashar yang senantiasa memberikan doa, semangat, motivasi, pengorbanan, nasihat serta kasih sayang kepada penulis.
7. Teman-teman seperjuangan, Eka Fadhilah Irawan, Agnessa Shalsabila Rizani, Bernitha Putri Liano, Melinda Arum Puspita Dewi, Serly Assola Tyanisa, Afifah Zahro, Rifki Mohammad Kurniawansyah, Mochammad Gilang Ramadhan dan Khoirotul Zahra yang telah memberikan motivasi, bantuan, dan semangat kepada penulis selama menyelesaikan studi.
8. Teman-teman Fisika angkatan 2019, keluarga besar Himafi FMIPA Unila dan keluarga besar BEM FMIPA Unila, yang telah bersama-sama menjalani perkuliahan dan telah memberikan doa serta motivasi pembelajaran kehidupan kepada penulis.
9. Tuan Daniel Baskara Putra lewat karyanya menjadikan salah satu motivasi terbesar saya untuk tetap bertahan dihari-hari yang melelahkan dengan sepotong kalimat "*Yang penting hari ini selesai*".
10. Teruntuk diri saya sendiri, terimakasih telah berjuang dan bertahan hingga sejauh ini dengan waras selamat. Sudah mencintai proses dengan seluruh kondisinya, tidak mengapa jika jalan ini sedikit banyaknya membuatmu terseok karena tidak sedikitpun akan mematahkan asa. Dikemudian hari tetaplah melanjutkan hidup dengan terus beranjak dan berjalan maju.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dengan yang lebih baik, mempermudah segala urusannya dan menjadi pemberat amal di akhirat nanti.

Bandar Lampung, 22 Februari 2024

Penulis,

Zakiyyah Nur Hafizhah



## DAFTAR ISI

|                                  | Halaman      |
|----------------------------------|--------------|
| <b>ABSTRAK .....</b>             | <b>i</b>     |
| <b>ABSTRACT .....</b>            | <b>ii</b>    |
| <b>COVER DALAM .....</b>         | <b>iii</b>   |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b> | <b>iv</b>    |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>   | <b>v</b>     |
| <b>PERNYATAAN.....</b>           | <b>vi</b>    |
| <b>RIWAYAT HIDUP .....</b>       | <b>vii</b>   |
| <b>MOTTO .....</b>               | <b>viii</b>  |
| <b>PERSEMBAHAN.....</b>          | <b>ix</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>       | <b>x</b>     |
| <b>SANWACANA .....</b>           | <b>xi</b>    |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>           | <b>xiii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>        | <b>xvi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>        | <b>xviii</b> |
| <br>                             |              |
| <b>I. PENDAHULUAN .....</b>      | <b>1</b>     |
| 1.1 Latar Belakang .....         | 1            |
| 1.2 Rumusan Masalah .....        | 3            |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....       | 3            |
| 1.4 Rumusan Masalah .....        | 4            |
| 1.5 Rumusan Masalah .....        | 4            |
| <br>                             |              |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b> | <b>5</b>     |
| 2.1 Penelitian Terkait .....     | 5            |
| 2.2 Mobil Listrik.....           | 7            |

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| 2.3         | <i>Boost Converter</i> .....  | 10        |
| 2.4         | Sel Surya.....  | 122       |
| 2.5         | Karakteristik Sel Surya.....  | 18        |
| 2.6         | Baterai .....   | 244       |
| 2.7         | <i>Microcontroller</i> NodeMCU ESP 32.....                                | 26        |
| 2.8         | <i>Global Positioning System</i> (GPS) GY-NEO6MV2.....                    | 277       |
| 2.9         | Sensor Tegangan .....   | 311       |
| 2.10        | <i>Internet Of Things</i> .....   | 32        |
| 2.11        | <i>Website</i> .....  | 344       |
| 2.12        | <i>JavaScript</i> .....   | 32        |
| 2.13        | MySQL ( <i>Structured Query Language</i> ) .....                          | 345       |
| <b>III.</b> | <b>METODE PENELITIAN</b> .....  | <b>38</b> |
| 3.1         | Tempat dan Waktu Penelitian .....   | 38        |
| 3.2         | Alat dan Bahan .....  | 39        |
| 3.3         | Prosedur Penelitian.....  | 41        |
| 3.4         | Perancangan Perangkat Keras .....   | 41        |
| 3.5         | Perancangan Perangkat Lunak .....   | 42        |
| 3.6         | Pengujian Alat Monitoring.....  | 43        |
| 3.6.1       | Pengujian Perangkat Keras.....  | 44        |
| 3.6.2       | Pengujian Perangkat Lunak.....  | 46        |
| 3.6.3       | Pengujian Pengisian dan Pengosongan Baterai.....                          | 47        |
| <b>IV.</b>  | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....   | <b>49</b> |
| 4.1         | Realisasi Perancangan Perangkat Keras.....                                | 49        |
| 4.1.1       | Pengujian dan Kalibrasi Perangkat Keras .....                             | 52        |
| 4.1.1.1     | Kalibrasi Sensor Tegangan .....   | 52        |
| 4.1.1.2     | Kalibrasi GPS.....  | 57        |
| 4.2         | Realisasi Perancangan Perangkat Lunak.....                                | 59        |
| 4.2.1       | Pembuatan <i>Website</i> Sistem <i>Monitoring</i> Pengisian Baterai ..... | 67        |
| 4.2.2       | Pembuatan dan Manajemen Server <i>Database</i> .....                      | 71        |
| 4.2.2.1     | Pengiriman Data Sensor ke Server <i>Database</i> .....                    | 72        |
| 4.2.2.2     | Pengiriman Data dari Server ke <i>Website</i> .....                       | 74        |
| 4.3         | Pengujian Alat dan Web Sistem <i>Monitoring</i> Pengisian Baterai.....    | 76        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 4.3.1     | Pengujian Pada Sistem <i>Monitoring</i> pada <i>Website</i> .....    | 76        |
| 4.3.2     | Pengujian Ketelitian Waktu Pengiriman dan Penerimaan .....           | 78        |
| 4.4       | Pengambilan Data <i>Monitoring</i> Pengukuran .....                  | 80        |
| 4.4.1     | Pengambilan Data <i>Monitoring</i> Pengukuran Tegangan Multi-Baterai | 80        |
| 4.4.2     | Pengambilan Data <i>Monitoring</i> Pengukuran GPS.....               | 85        |
| <b>V.</b> | <b>SIMPULAN DAN SARAN</b> .....                                      | <b>89</b> |
| 5.1       | Simpulan .....   | 89        |
| 5.2       | Saran .....  | 90        |
|           | <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....  | <b>89</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|   | Halaman |
|---|---------|
| <b>Gambar 2.1</b> Rangkaian sistem alat.....  | 6       |
| <b>Gambar 2.2</b> Rangkaian <i>boost converter</i> pada posisi <i>on state</i> .....  | 10      |
| <b>Gambar 2.3</b> Rangkaian <i>boost converter</i> pada posisi <i>off state</i> ..... | 11      |
| <b>Gambar 2.4</b> Rangkaian <i>boost converter</i> secara umum.....                   | 11      |
| <b>Gambar 2.5</b> Prinsip kerja sel surya.....  | 13      |
| <b>Gambar 2.6</b> Karakteristik dioda pada kondisi gelap dan teriluminasi.....        | 14      |
| <b>Gambar 2.7</b> Panel surya jenis monokristal .....                                 | 16      |
| <b>Gambar 2.8</b> Panel surya jenis polikristal .....                                 | 17      |
| <b>Gambar 2.9</b> Panel surya jenis <i>thin film</i> .....                            | 17      |
| <b>Gambar 2.10</b> Kurva karakteristik sel surya .....                                | 16      |
| <b>Gambar 2.11</b> Karakteristik kurva V-I terhadap perubahan <i>irradiance</i> ..... | 21      |
| <b>Gambar 2.12</b> Karakteristik kurva V-I terhadap perubahan suhu .....              | 22      |
| <b>Gambar 2.13</b> Kurva V-I dan kurva daya sel surya .....                           | 22      |
| <b>Gambar 2.14</b> Kurva daya modul surya 75 W pada MPP 24 .....                      | 23      |
| <b>Gambar 2.15</b> Pin <i>out</i> ESP32.....  | 27      |
| <b>Gambar 2.16</b> Rangkaian modul GPS GY-Neo6 MV2 .....                              | 29      |
| <b>Gambar 2.17</b> Cara kerja sensor tegangan .....                                   | 31      |
| <b>Gambar 3.1</b> Diagram alir penelitian .....                                       | 40      |
| <b>Gambar 3.2</b> Desain sistem <i>monitoring</i> tampak luar .....                   | 41      |
| <b>Gambar 3.3</b> Desain sistem <i>monitoring</i> tampak dalam.....                   | 41      |
| <b>Gambar 3.4</b> Rancangan sistem kontrol.....                                       | 42      |
| <b>Gambar 3.5</b> Grafik pengujian sensor.....  | 45      |
| <b>Gambar 3.6</b> Diagram alir proses pengosongan dan pengisian baterai.....          | 48      |

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 4.1</b> Realisasi perangkat <i>monitoring</i> pengisian baterai .....  | 49 |
| <b>Gambar 4.2</b> Tampilan dalam perangkat keras .....   | 50 |
| <b>Gambar 4.3</b> Tampilan tampak depan perangkat keras .....  | 51 |
| <b>Gambar 4.4</b> Tampilan tampak belakang perangkat keras .....   | 51 |
| <b>Gambar 4.5</b> Rangkaian alat kalibrasi sensor tegangan.....  | 53 |
| <b>Gambar 4.6</b> Grafik pengujian sensor tegangan I dan II.....   | 56 |
| <b>Gambar 4.7</b> Antarmuka bagian <i>monitoring</i> pengisian baterai.....  | 59 |
| <b>Gambar 4.8</b> Ikon informasi <i>monitoring</i> pengisian baterai.....  | 60 |
| <b>Gambar 4.9</b> Ikon lainnya pada <i>website</i> .....   | 60 |
| <b>Gambar 4.10</b> Tampilan memilih <i>login</i> sebagai admin atau sebagai member.....  | 61 |
| <b>Gambar 4.11</b> Tampilan awal untuk masuk sebagai admin.....  | 61 |
| <b>Gambar 4.12</b> Tampilan untuk membuat sebuah akun .....  | 62 |
| <b>Gambar 4.13</b> Tampilan untuk lupa <i>password</i> .....   | 62 |
| <b>Gambar 4.14</b> Antarmuka bagian <i>monitoring website</i> untuk admin.....   | 63 |
| <b>Gambar 4.15</b> Antarmuka bagian <i>monitoring</i> maps pada admin.....   | 64 |
| <b>Gambar 4.16</b> Tampilan awal untuk masuk sebagai member.....   | 64 |
| <b>Gambar 4.17</b> Antarmuka bagian <i>monitoring website</i> untuk member.....  | 65 |
| <b>Gambar 4.18</b> Antarmuka bagian <i>monitoring website</i> untuk member.....  | 65 |
| <b>Gambar 4.19</b> Antarmuka bagian informasi baterai pada member.....   | 66 |
| <b>Gambar 4.20</b> Maps pada member untuk mengetahui SPKLU terdekat .....  | 67 |
| <b>Gambar 4.21</b> Pengujian server <i>database website</i> baterai .....  | 77 |
| <b>Gambar 4.22</b> Pengujian server <i>database website relay</i> .....  | 78 |
| <b>Gambar 4.23</b> Pengambilan data <i>monitoring</i> pengukuran tegangan.....   | 80 |
| <b>Gambar 4.24</b> Data hasil <i>monitoring</i> pengosongan tegangan (a) baterai I dan<br>(b) baterai II selama 300 menit .....  | 81 |
| <b>Gambar 4.25</b> Data hasil <i>monitoring</i> pengisian tegangan (a) baterai I dan<br>(b) baterai II selama 300 menit .....  | 83 |
| <b>Gambar 4.26</b> Tampilan <i>pada website</i> (a) saat percobaan pengosongan baterai 1<br>dan pengisian baterai 2, (b) percobaan pengisian baterai 1 dan<br>pengosongan baterai 2..... | 84 |
| <b>Gambar 4.27</b> Pengambilan data di masjid Al-Furqon.....   | 86 |



## DAFTAR TABEL

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>Tabel 2.1</b> Spesifikasi <i>boost converter</i> .....                        | 12      |
| <b>Tabel 2.2</b> Spesifikasi ESP32 .....   | 26      |
| <b>Tabel 2.3</b> Pin <i>out</i> GPS GY-NEO6MV2 .....                             | 29      |
| <b>Tabel 3.1</b> Alat-alat penelitian .....                                      | 38      |
| <b>Tabel 3.2</b> Bahan-bahan penelitian .....                                    | 39      |
| <b>Tabel 3.3</b> Pin-pin NodeMCU ESP32 yang digunakan .....                      | 42      |
| <b>Tabel 3.4</b> Data pengujian pengukuran.....                                  | 44      |
| <b>Tabel 3.5</b> Data pengujian keakuratan GPS.....                              | 45      |
| <b>Tabel 4.1</b> Hasil pengujian persamaan linieritas sensor tegangan DC I. .... | 54      |
| <b>Tabel 4.2</b> Hasil pengujian persamaan linieritas sensor tegangan DC II..... | 55      |
| <b>Tabel 4.3</b> Hasil pengujian keakuratan GPS.....                             | 58      |
| <b>Tabel 4.4</b> Hasil pengujian waktu respon kontrol <i>relay</i> .....         | 79      |
| <b>Tabel 4.5</b> Hasil data pengambilan gps menggunakan <i>website</i> .....     | 87      |

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk Indonesia masih akan terus berlangsung dan kebutuhan energi untuk transportasi terus meningkat dari tahun ke tahun. Apalagi penggunaan kendaraan bermotor berbahan bakar fosil (*fossil-fueled motorized vehicles*) semakin meningkat dan memenuhi jalan perkotaan sehingga berkontribusi pada perubahan iklim dan polusi udara di perkotaan. Pada penggunaan kendaraan bermotor berbahan bakar fosil, minyak mentah yang digunakan sebagai bahan bakar mobil konvensional ini merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui sehingga terdapat keterbatasan pasokan minyak bumi. Meningkatnya permintaan energi juga menggambarkan perlunya mencari sumber energi alternatif sebagai solusi penggunaan transportasi yang lebih bersih, ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu potensi untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca adalah menggunakan mobil listrik. Mobil listrik adalah kendaraan yang menggunakan motor listrik sebagai sumber tenaga penggerakannya, menggantikan mesin pembakaran internal yang menggunakan bahan bakar fosil yang termasuk energi terbarukan.

Salah satu tantangan yang dihadapi dalam penggunaan mobil listrik adalah infrastruktur pengisian baterai yang terbatas, tetapi dapat teratasi dengan mudah karena sistem sumber energi sel surya sendiri terdapat beberapa komponen utama yaitu, baterai (opsional), *monitoring* serta kontroler pengisian. Sistem pengisian sel surya dapat dilengkapi dengan baterai untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Baterai ini berguna saat energi surya tidak tersedia, seperti malam hari atau pada saat sinar matahari yang kurang intens. Energi yang

tersimpan pada baterai dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik selama periode tersebut (Dharmawan *et al.*, 2021).

Selanjutnya terdapat sistem pengisian sel surya dilengkapi dengan *monitoring* perangkat pemantauan yang memantau produksi energi surya, penggunaan energi, dan kondisi sistem secara keseluruhan. Hal ini memungkinkan pengguna untuk melacak dan mengoptimalkan penggunaan energi surya. Kontroler pengisian bertugas mengatur arus pengisian baterai dari panel surya ke baterai. Kontroler ini membantu mengoptimalkan pengisian baterai dan mencegah *overcharging* atau *overdischarging* yang dapat merusak baterai. Pemantauan mobil listrik yang beroperasi, perlu adanya suatu sistem yang dapat membantu pengguna untuk mengetahui posisi keberadaan mobil listrik dan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) yang menggunakan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terdekat. Perangkat yang memungkinkan untuk membangun sistem tersebut adalah perangkat bergerak karena perangkat komunikasi ini dapat dengan mudah ditempatkan di dalam kendaraan (Edovidata dan Aswardi, 2019).

Ada banyak cara untuk menentukan lokasi perangkat mobile, salah satunya *Global Positioning System (GPS)*. *Monitoring GPS* berbasis *website* adalah suatu sistem yang memanfaatkan teknologi *Global Positioning System (GPS)* untuk melacak dan memantau pergerakan atau lokasi suatu objek secara *real-time* melalui suatu antarmuka berbasis *website*. Dalam sistem ini, modul GPS digunakan untuk melacak dan memantau lokasi mobil listrik yang sedang mengisi daya atau berada di stasiun pengisian. Data lokasi dan status pengisian dapat diintegrasikan ke dalam suatu *website* yang dapat diakses oleh pengguna melalui perangkat komputer atau perangkat seluler yang terhubung ke *internet*. Melalui antarmuka *website* ini, pengguna dapat melihat informasi tentang lokasi stasiun pengisian, dan status pengisian baterai mobil.

Dari permasalahan di atas, mendorong penulis untuk membuat *monitoring GPS* sistem pengisian dan pengosongan multi-baterai mobil listrik dengan sumber energi surya menggunakan panel surya jenis *monocrystalline silicon* 100 wp.

Penggunaan panel surya jenis *monocrystalline silicon* dikarenakan *monocrystalline* memiliki kinerja yang baik dalam kondisi cahaya rendah, seperti pada pagi dan sore hari, atau dalam cuaca berawan (Lorenzo, 1994). Penelitian ini akan dibuat sebuah sistem *monitoring* yang dapat memantau keberadaan kendaraan dan juga dapat memantau keberadaan SPKLU Sistem *monitoring* yang dibuat menggunakan *voltage sensor* DC 0-25 V. Selain itu akan digunakan NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler serta media penghubung ke *internet*. Sebelum digunakan, semua sensor akan dikalibarsi dan diuji tingkat sensitivitasnya. Rangkaian keseluruhan diharapkan dapat menentukan hasil *monitoring* informasi baterai dan GPS dengan akurat. Data keluaran tersebut akan secara *real-time* dapat dipantau kepada pengguna yang bersangkutan melalui tautan website.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang dan mengembangkan perangkat keras serta perangkat lunak agar dapat memonitor kapasitas multi-baterai pada mobil listrik dengan GPS *Tracker System* berbasis *website*?
2. Berapa waktu yang diperlukan untuk mengisi dan menggunakan baterai?
3. Bagaimana keakuratan penyampaian informasi pada penggunaan sinyal GPS *Tracker System*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat sistem prototipe perangkat keras dan lunak sistem *monitoring* multi-baterai pada mobil listrik menggunakan sinyal GPS *Tracker System* berbasis *website*.
2. Mengetahui waktu yang diperlukan untuk mengisi dan menggunakan baterai.

3. Mengetahui keakuratan *GPS Tracker System* dan *monitoring* multi-baterai pada mobil listrik pada mobil listrik.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Terealisasinya sistem *monitoring* mobil listrik menggunakan sel surya dan *GPS Tracker System* berbasis *website*
2. Dapat memudahkan dalam memantau kondisi baterai dan keberadaan mobil listrik dalam jarak jauh.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan Masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini menggunakan panel surya *monocrystalline silicon* ukuran  $119 \times 54$  cm, dengan daya puncaknya sebesar 100 wp yang digunakan sebagai sumber daya sistem *charging* dalam *monitoring*.
2. Menggunakan *microcontroller* ESP32 dan GPS GY-Neo6 MV2 sebagai komponen utama dalam sistem *monitoring* perangkat pengisian baterai mobil listrik dengan sumber sel surya menggunakan *website*.
3. Penelitian ini dilakukan untuk memonitor tegangan multi-baterai dalam jarak jauh.
4. Penelitian ini berfokus pada *memonitoring* pengisian baterai yang di pantau dengan *website*.
5. Tampilan yang dihasilkan oleh GPS GY-Neo6 MV2 hanya berupa titik koordinat pada maps.
6. *Website* yang digunakan menggunakan bahasa pemrograman *JavaScript*.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terkait

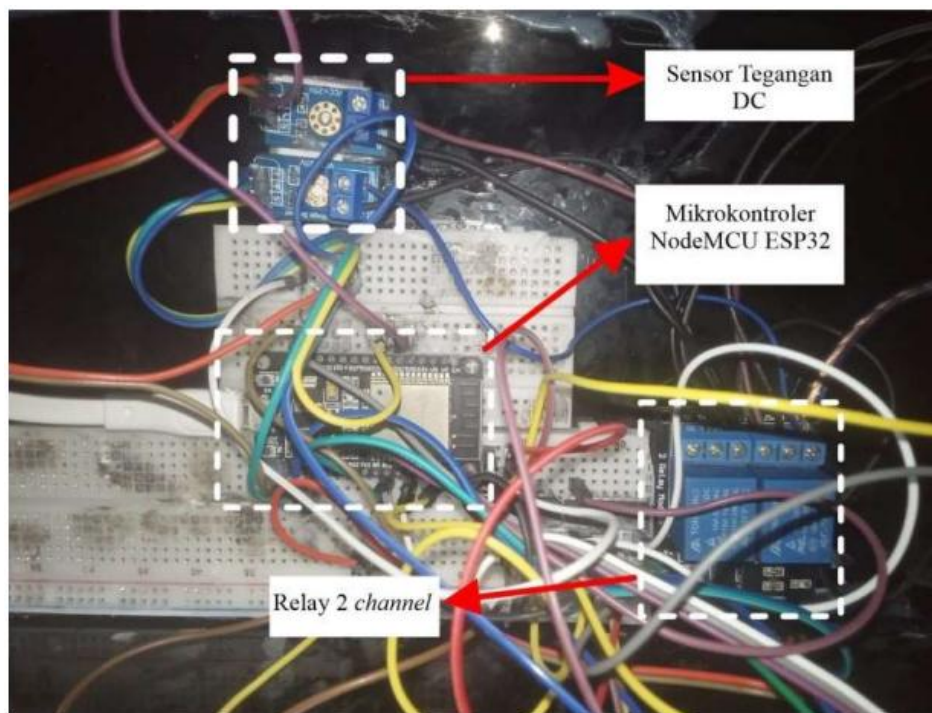
Penelitian untuk *monitoring* berbasis IoT telah banyak dilakukan oleh banyak peneliti, masing-masing mempunyai karakteristik dan tujuan yang berbeda. Beberapa diantaranya digunakan sebagai dasar untuk mendukung penelitian ini.

Pada penelitian sebelumnya menurut (Fatah *et al.*, 2016) implementasi *mobile tracking and security sistem* berbasis mikrokontroler atmega 162 gpa dan sms, dengan pemanfaatan teknologi *Global Position Sistem (GPS)* secara gratis yang terintegrasi dengan sarana *Global Sistem for Mobile Communication (GSM)* mikrokontroler, *internet*, dan penyimpanan *database*. Hasil yang dicapai yaitu dapat digunakan untuk membuat sistem pelacakan dan *monitoring* kendaraan dengan tampilan peta digital yang cepat dan akurat. *Monitoring* kendaraan juga dapat melakukan pengontrolan mematikan dan menghidupkan mesin kendaraan melalui *Short Message Service (SMS)* dari jarak jauh, sehingga dapat menjadi solusi bagi *monitoring* keamanan kendaraan yang efisien.

Ashari *et al.*, 2018 melakukan penelitian sistem *monitoring* dan manajemen baterai pada mobil listrik. *Monitoring* ditinjau dari hubungannya dengan manajemen kinerja dan merupakan proses yang terintegrasi untuk memastikan bahwa proses tersebut berjalan dengan semestinya dan dapat memberikan informasi tentang kelangsungan proses untuk menetapkan langkah-langkah menuju perbaikan terus-menerus. Pada prakteknya, *monitoring* dilakukan pada saat proses sedang berjalan. Sistem pemantauan dan manajemen baterai adalah perangkat elektronik yang dapat memantau status baterai, menghitung data sekunder, melaporkan data baterai, menjaga kesehatan dan keseimbangan baterai,

serta memperkirakan sisa energi yang dapat digunakan. Sebuah sistem pemantauan dan manajemen baterai dapat memantau kondisi baterai melalui beberapa variabel. Pada penelitian ini diperoleh hasil pengukuran untuk pembacaan referensi tegangan pada rangkaian pembagi tegangan menggunakan komparator berupa voltmeter digital memiliki nilai *error* rata-rata yang rendah pada nilai tersebut 0,129.

Herlambang, 2023 melakukan penelitian *monitoring* pengisian daya multi-baterai mobil listrik dengan sel surya menggunakan *Internet of Things* (IoT). *Monitoring* ditinjau menggunakan *WhatsApp Bot* untuk mengontrol relay sebagai pemutus atau penghubung pengisian daya serta memindahkan pengisian daya dari baterai satu ke baterai dua, begitu sebaliknya. Rangkaian alat akan ditunjukkan pada **Gambar 2.1** berikut.



**Gambar 2.1** Rangkaian sistem alat (Herlambang, 2023)

Dalam penelitian ini, *WhatsApp Bot* yang digunakan berasal dari *platform* Twilio yang terintegrasi dengan *platform* ThingESP. *Monitoring* dilakukan pada saat proses sedang berjalan. Sistem pemantauan dan manajemen baterai adalah sebuah perangkat elektronik yang mampu mengawasi status baterai, melakukan perhitungan data sekunder, melaporkan data baterai, menjaga kesehatan serta

keseimbangan baterai, dan memproyeksikan sisa energi yang tersedia. Hasil dari penelitian ini mencakup pembuatan perangkat pemantauan dan pengukur tegangan serta program pengontrol multi-baterai yang dapat digunakan selama proses pengisian dan pengosongan baterai berhasil dibuat dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32.

Sensor Tegangan DC I yang digunakan dalam perangkat mampu mengukur tegangan dengan tingkat rata-rata akurasi sebesar 97,53%, rata-rata *error* sebesar 2,47%, dan rata-rata presisi sebesar 99,83%. Sensor Tegangan DC II yang digunakan dalam perangkat memiliki tingkat rata-rata akurasi sebesar 96,65%, rata-rata *error* sebesar 3,35%, dan rata-rata presisi sebesar 100%. Hasil uji penerimaan data pada *platform Thingspeak* menunjukkan waktu tunda sebesar 10,269 detik, sementara waktu rata-rata untuk kontroler adalah 3,72 detik dalam menjalankan perintah yang dikirimkan melalui WhatsApp.

## 2.2 Mobil Listrik

Pada kendaraan listrik khususnya pada motor penggerak maupun baterai sangat diperlukan untuk menggunakan sistem *monitoring* dan manajemen ini, karena dengan sistem ini maka seluruh penggunaan energi dari motor penggerak dapat diketahui maupun diolah dengan baik. *Monitoring* didefinisikan sebagai siklus kegiatan yang mencakup pengumpulan, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan atas informasi suatu proses yang sedang diimplementasikan. *Monitoring* ditinjau dari hubungan terhadap manajemen kinerja adalah proses terintegrasi untuk memastikan bahwa proses berjalan sesuai rencana (*on the track*) dan dapat memberikan informasi keberlangsungan proses untuk menetapkan langkah menuju ke arah perbaikan yang berkesinambungan. Pada pelaksanaannya, *monitoring* dilakukan ketika suatu proses sedang berlangsung. Sistem *monitoring* dan manajemen baterai adalah perangkat elektronik yang dapat memantau keadaan baterai, menghitung data sekunder, melaporkan data baterai, menjaga kesehatan maupun keseimbangan baterai, serta memperkirakan energi tersisa yang dapat digunakan. Sebuah sistem *monitoring* dan manajemen baterai dapat memantau kondisi dari baterai melalui beberapa variabel, seperti:

- a. *Voltage* (tegangan), total tegangan, tegangan dari masing-masing baterai individu sel baterai.
- b. *Current* (arus), arus yang keluar dari baterai.
- c. *Temperature* (suhu), suhu rata-rata, suhu udara intake, atau suhu dari setiap individu sel baterai.
- d. *State Of Health* (SOH), didefinisikan sebagai penunjukan kondisi baterai melalui beberapa macam pengukuran terhadap baterai.
- e. *Air flow* (aliran udara), sebagai indikasi udara pendingin suhu baterai.

Selain itu, sistem *monitoring* dan estimasi baterai juga dapat memantau dan mengontrol berdasarkan variabel sebelumnya dan menghasilkan variabel baru, seperti:

- a. Daya baterai pada saat keadaan penuh.
- b. Daya baterai pada saat keadaan jenuh.
- c. Total energi yang dikirimkan sejak pertama kali dioperasikan.
- d. Total lamanya waktu operasi baterai sejak pertama kali operasi.
- e. Arus rata-rata ketika melaju dalam kecepatan konstan.

Sistem *monitoring* baterai dirancang agar mampu melaporkan kapasitas baterai dengan grafis indikator, tegangan, arus, dan mengukur besarnya efisiensi pemakaian baterai pada akhir pemakaian. Sistem manajemen baterai dirancang agar mampu memperkirakan kondisi kesehatan tiap baterai, daya yang tersisa pada baterai, serta melaporkan jarak yang dapat ditempuh dengan kondisi dan daya baterai yang tersedia (Ashari *et al.*, 2018).

Mobil listrik adalah jenis kendaraan yang menggunakan motor listrik sebagai sumber tenaga penggerakannya, menggantikan mesin pembakaran internal yang digunakan pada mobil konvensional. Berikut ini adalah ringkasan mengenai mobil listrik:

1. Mobil listrik menggunakan motor listrik sebagai sumber tenaga utamanya. Motor listrik ini dijalankan oleh daya yang disimpan dalam baterai mobil.

Baterai ini dapat diisi ulang dengan menghubungkan mobil ke sumber listrik eksternal, seperti stasiun pengisian daya atau stopkontak rumah.

2. Salah satu keuntungan utama mobil listrik adalah pengurangan emisi gas buang. Dibandingkan dengan mobil konvensional yang menggunakan bahan bakar fosil, mobil listrik tidak menghasilkan emisi langsung selama beroperasi. Ini dapat membantu mengurangi polusi udara dan mengurangi dampak negatif pada lingkungan.
3. Mobil listrik cenderung lebih efisien dalam penggunaan energi daripada mobil konvensional. Mesin listrik memiliki efisiensi yang lebih tinggi daripada mesin pembakaran internal, yang menghasilkan penggunaan energi yang lebih efisien dan mengurangi biaya operasional.
4. Meskipun mobil listrik mungkin memiliki biaya awal yang lebih tinggi, biaya operasionalnya cenderung lebih rendah dalam jangka panjang. Ini karena energi listrik yang digunakan untuk mengisi daya mobil listrik biasanya lebih murah daripada bahan bakar fosil. Selain itu, mobil listrik juga memerlukan sedikit perawatan rutin, seperti penggantian oli atau tune-up, yang dapat mengurangi biaya pemeliharaan.
5. Perkembangan teknologi baterai telah meningkatkan jarak tempuh mobil listrik. Mobil listrik modern dapat menempuh jarak yang cukup jauh dengan sekali pengisian daya. Namun, keterbatasan infrastruktur pengisian daya masih menjadi tantangan. Namun, semakin banyak stasiun pengisian daya yang dibangun di berbagai wilayah, membuat penggunaan mobil listrik semakin nyaman.
6. Industri mobil listrik terus berkembang dengan cepat. Produsen otomotif terkenal dan startup teknologi terus berinovasi untuk meningkatkan teknologi, jarak tempuh, efisiensi, dan harga mobil listrik. Ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dan peningkatan dalam hal performa dan kenyamanan.

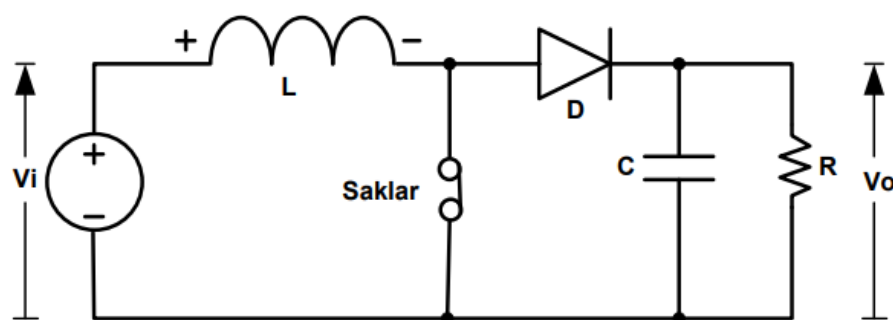
Mobil listrik menjadi solusi yang semakin populer dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan kebutuhan akan sumber energi yang lebih berkelanjutan. Dengan perkembangan teknologi yang terus berlanjut, diharapkan mobil listrik



kan semakin umum di masa depan, membawa dampak positif terhadap lingkungan dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.

### 2.3 Boost Converter

*Boost Converter* adalah sebuah rangkaian elektronik untuk keperluan power supply. *Boost Converter* dikenal juga sebagai konverter penaik tegangan DC ke DC, sama halnya dengan *buck-converter*, *boost converter* menggunakan sistem SMPS (*switched-mode power supply*) yang mempunyai setidaknya dua buah komponen semi konduktor sebagai switch sehingga dengan menggunakan sistem seperti ini diharapkan dapat lebih efisien dalam mengkonversi tegangan DC (Prianto *et al.*, 2020). Prinsip kerja rangkaian *boost converter* pada posisi *on state* dan *off state* ditunjukkan pada **Gambar 2.2**.

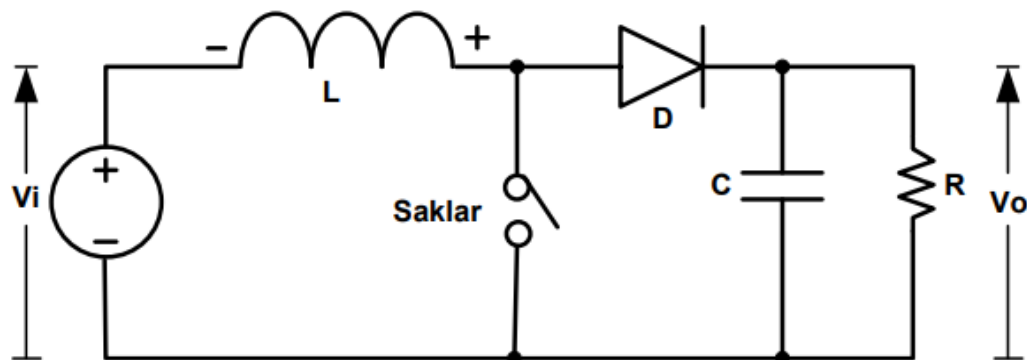


**Gambar 2.2** Rangkaian *boost converter* pada posisi *on state*

*Boost converter* mempunyai dua mode fungsi tergantung pada posisi saklar (umunya menggunakan MOSFET maupun transistor) dimana saklar ini bekerja buka-tutup pada frekuensi tinggi. Berdasarkan **Gambar 2.2** bila saklar tertutup, arus mengalir melewati induktor searah jarum jam dan induktor menyimpan sejumlah energi dengan meregenerasi medan magnet di sebelah sisi kiri polaritas positif induktor. Waktu saklar tertutup disebut  $T_{On}$ .

Berikutnya dari **Gambar 2.3** ketika sakelar terbuka, polaritas medan magnet akan berubah (sisi kiri sekarang menjadi negatif) dan medan magnet akan dihilangkan untuk membentuk arus listrik dan kemudian didistribusikan ke beban. Dengan demikian hasilnya seolah-olah ada dua sumber yang dirangkai seri yang akan

disalurkan ke beban melalui dioda D, kapasitor C dan beban R. Waktu saklar terbuka disebut  $T_{off}$ .



**Gambar 2.3** Rangkaian boost converter pada posisi *off state*

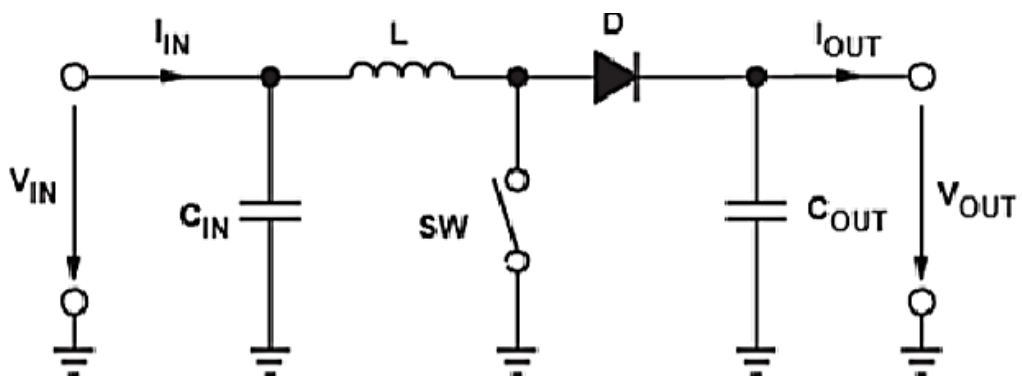
Total waktu periode ( $T$ ) diformulasikan sebagai:

$$T = T_{on} + T_{off} \quad (2.1)$$

frekuensi osilasi buka-tutup saklar dinyatakan dengan:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{T_{on} + T_{off}} \quad (2.2)$$

Pada **Gambar 2.4** diperlihatkan rangkaian *boost converter* secara umum



**Gambar 2.4** Rangkaian *boost converter* secara umum (Hauke, 2015)

Empat parameter yang dibutuhkan untuk menghitung daya antara lain:

1. *Input voltage range*:  $V_{IN(min)}$  dan  $V_{IN(max)}$ .
2. *Nominal Output Voltage*:  $V_{OUT}$ .
3. *Maximum Output Current*:  $I_{OUT(max)}$  (Hauke, 2015).

Berikut merupakan tabel spesifikasi *boost converter*.

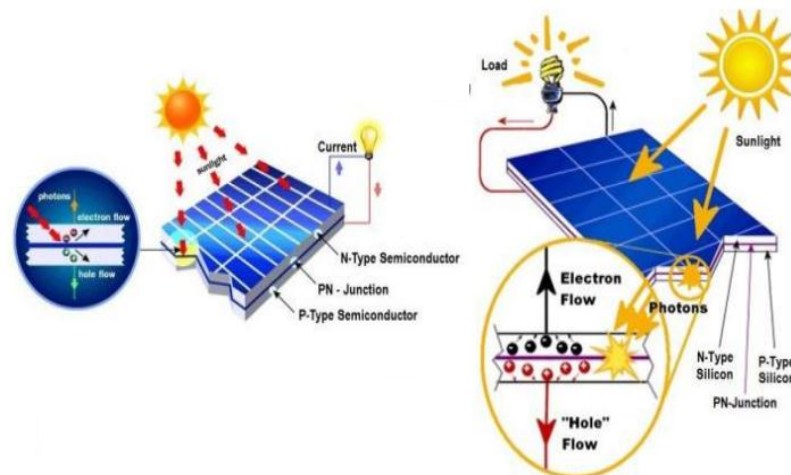
**Tabel 2.1** Spesifikasi *boost converter*

| Parameter                   | Nilai               |
|-----------------------------|---------------------|
| Tegangan Masukkan ( $V_S$ ) | 0 – 22,58 $V_{DC}$  |
| Frekuensi Pemicuan (f)      | 70 – 100 kHz        |
| <i>Duty Cycle</i> (%)       | 10 – 80%            |
| Hambatan Beban (R)          | 200 – 450 $\Omega$  |
| MOSFET                      | IRF540N             |
| Dioda                       | 1N5401              |
| Induktor                    | 590 mH              |
| Kapasitor                   | 100 $\mu$ F / 160 V |

Komponen penyusun *boost converter* ini yaitu panel surya dan baterai yang digunakan sebagai sumber yang dipakai untuk menyuplai rangkaian daya atau digunakan sebagai suplai rangkaian kontrol *pulse width modulation* (PWM) dan MOSFET *driver* (Assyidiq *et al.*, 2017).

## 2.4 Sel Surya

Sel surya bekerja berdasarkan efek fotoelektrik pada material semikonduktor untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Pada awalnya (1839) sifat fotoelektrik ditemukan pada larutan elektro kimia oleh Alexandre Edmond Becquerel, meskipun tidak ada penjelasan ilmiah untuk peristiwa itu. Tahun 1905, Albert Einstein mengamati efek ini pada lempengan metal. Namun pada perkembangannya, material yang dipakai adalah semikonduktor, terutama silikon. Material ini dapat bersifat insulator pada temperatur rendah, tetapi dapat bersifat sebagai konduktor bila tersedia energi.

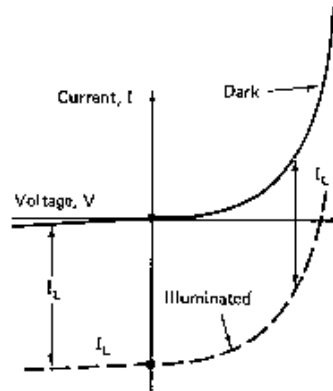


**Gambar 2.5** Prinsip kerja sel surya (Sreega *et al.*, 2017).

Prinsip kerja semikonduktor sebagai sel surya mirip dengan dioda sebagai *PN-junction*. *PN-junction* adalah gabungan / lapisan semikonduktor jenis P dan N yang diperoleh dengan cara doping pada silikon murni. Pada semikonduktor jenis P, terbentuk *hole* (pembawa muatan listrik positif) yang jumlahnya lebih banyak dibandingkan jumlah elektronnya, sehingga *hole* merupakan pembawa muatan mayoritas, sedangkan elektron merupakan pembawa muatan minoritas. Demikian pula sebaliknya dengan semikonduktor jenis N. Bila bagian P dari *PN-junction* dihubungkan dengan kutub positif baterai dan bagian N dihubungkan dengan kutub negatif baterai, maka arus dapat mengalir melewati *PN-junction*. Kondisi ini disebut sebagai panjar maju. Bila hal sebaliknya dilakukan (panjar mundur), yaitu bagian N dari *PN-junction* dihubungkan dengan kutub positif baterai dan bagian P dihubungkan dengan kutub negatif baterai, maka arus tidak dapat mengalir melewati *PN-junction*. Akan tetapi, masih ada arus dalam ukuran sangat kecil yang masih dapat mengalir (dalam ukuran mikroamper) yang disebut dengan arus bocor. Ada dua hal yang menarik dalam kondisi panjar mundur tersebut, yaitu efek fotokonduktif dan *photovoltaic*.

Fotokonduktif adalah gejala di mana apabila suhu dinaikkan, maka arus bocor pada panjar mundur juga meningkat. Kenaikan suhu yang dapat dianggap sebagai penambahan energi dapat juga diganti dengan cahaya sebagai salah satu bentuk energi. Penyerapan energi cahaya pada kondisi panjar mundur sehingga menghasilkan arus listrik pada *PN-junction* ini disebut dengan efek *photovoltaic*.

Penjelasan secara grafik dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



**Gambar 2.6** Karakteristik dioda pada kondisi gelap dan teriluminasi (Martin,1998)

Sel surya pada dasarnya adalah sebuah fotodioda yang dirancang dengan mengacu pada efek *photovoltaic* sedemikian rupa, sehingga dapat mengubah energi cahaya seefisien mungkin menjadi energi listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya berbeda-beda tergantung dari jumlah sel surya yang dikombinasikan didalam panel surya tersebut. Keluaran dari panel surya ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarannya tergantung dengan jumlah sel surya yang dipasang didalam panel surya dan banyaknya sinar matahari yang menyinari panel surya tersebut (Bansai, 1990).

Keluaran dari panel surya ini sudah dapat digunakan langsung ke beban yang memerlukan sumber tegangan DC dengan konsumsi arus yang kecil. Agar energi listrik yang dihasilkan juga dapat digunakan pada kondisi-kondisi seperti pada malam hari (kondisi saat panel surya tidak disinari cahaya matahari), maka keluaran dari panel surya ini harus di hubungkan ke sebuah media penyimpanan (*storage*), dalam hal ini adalah baterai. Tetapi ini tidak langsung dihubungkan begitu saja dari panel surya ke baterai, tetapi harus dihubungkan ke rangkaian Regulator, dimana didalam rangkaian tersebut terdapat rangkaian pengisi baterai otomatis (*Automatic charger*). Fungsi dari regulator ini adalah untuk meregulasi tegangan keluaran dari panel surya dan mengatur arus yang masuk ke baterai secara otomatis. Selain itu regulator berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus dari panel surya ke baterai secara otomatis dan juga berfungsi untuk memutuskan aliran arus dari baterai kebeban bila terjadi hubung singkat

ataupun beban yang berlebihan. Tipe regulator yang dirancang disini adalah tipe modifikasi atau gabungan antara seri dan paralel. Panel surya sebenarnya dapat langsung digunakan tanpa diberi rangkaian regulator ataupun baterai, tetapi ini tidak dilakukan karena dapat membebani kinerja dari panel (akibat adanya beban yang berlebihan) sehingga tidak akan terjadi kerusakan yang fatal pada panel surya tersebut. Selain itu regulator ini juga berfungsi untuk mengamankan dari terjadinya kelebihan beban dari panel surya sehingga panel surya tidak cepat rusak (Widodo *et al.*, 2010). Hubungan baterai dengan beban adalah dihubungkan paralel langsung ke beban. Jika baterai tersebut telah terisi dengan penuh. Untuk melindungi baterai akibat adanya beban yang berlebihan (*over load*) ataupun hubungan singkat pada beban, maka sebelum baterai dihubungkan langsung harus melewati rangkaian proteksi. Dimana fungsinya sudah cukup jelas, yaitu untuk memproteksi ataupun melindungi baterai akibat adanya beban yang berlebihan (*over load*) ataupun hubung singkat pada beban.

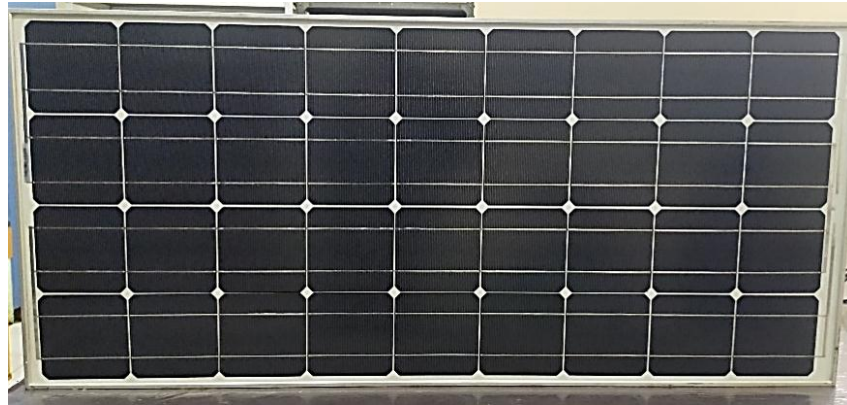
Jika diinginkan hasil keluaran listrik dari PLTS ini berupa listrik arus bolak-balik (AC) maka PLTS yang sudah dapat mengeluarkan listrik arus searah (DC) ini harus dihubungkan ke sebuah rangkaian elektronik atau modul 30 elektronik yang bernama inverter DC-AC. Dimana inverter DC-AC berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC). Setelah arus listrik searah diubah menjadi arus listrik bolak-balik, selanjutnya keluaran dari inverter ini yang telah berupa arus bolak-balik ini dapat langsung digunakan untuk mencatu peralatan listrik dan elektronika yang membutuhkan arus bolak-balik. Besarnya tegangan dan daya keluaran yang dapat dihubungkan ke beban nantinya harus sesuai dengan kemampuan inverter yang dipakai dan besarnya sistem penyimpanan yang digunakan yaitu *ampere hour* (AH) (Ramadhan *et al.*, 2016).

Jenis panel surya dikelompokkan berdasarkan material sel surya yang menyusunnya adalah sebagai berikut.

#### 1. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Jenis ini terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris tipis-tipis. kristal silikon murni ini membutuhkan teknologi khusus untuk mengirisnya menjadi kepingankepingan kristal silikon yang tipis. kepingan sel surya ini identik satu

sama lain dan berkinerja tinggi. Sehingga menjadi sel surya yang paling efisien dibandingkan jenis sel surya lainnya, sekitar 15% -20%. Kelemahannya, sel surya jenis ini jika disusun membentuk solar modul (panel surya) akan menyisakan banyak ruangan yang kosong karena sel surya seperti ini umumnya berbentuk segi enam atau bulat, tergantung dari bentuk batangan kristal silikonnya **Gambar 2.7**.



**Gambar 2.7** Panel surya jenis monokristal (Dok: Pribadi)

## 2. Polikristal (*Poly-crystalline*)

Polikristal merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Tipe polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur atau dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak sempurna pada sel surya monocrystalline, karenanya sel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama lain. Panel surya bermateri polikristal dikembangkan atas alasan mahalnya materi monokristal per kilogram. Efisiensi konversi sel surya jenis polikristal berkisar antara 11,5%-14% (Purwoto *et al.*, 2018). Contoh panel surya jenis polikristal ditunjukkan pada **Gambar 2.8**.



**Gambar 2.8** Panel surya jenis polikristal (Dok: Pribadi)

### 3. *Thin Film Solar (TFSC)*

Jenis sel surya ini diproduksi dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan material sel surya yang tipis ke dalam lapisan dasar. Sel surya jenis ini sangat tipis karenanya sangat ringan dan fleksibel. Jenis ini dikenal juga dengan nama TFPV (*Thin Film Photovoltaic*). Panel surya jenis thin film solar ditunjukkan pada **Gambar 2.9** berikut.



**Gambar 2.9** Panel surya jenis *thin film* (Cahyono, 2019)

Berdasarkan materialnya, sel surya thin film ini digolongkan menjadi :

#### 1. *Silicon (a-Si) Solar Cells*.

Sel surya dengan bahan *Amorphous Silicon* ini, awalnya banyak diterapkan pada kalkulator dan jam tangan. Namun seiring dengan perkembangan teknologi pembuatannya penerapannya menjadi semakin luas. Dengan teknik produksi yang disebut "*stacking*" (susun lapis), dimana beberapa lapis *Amorphous Silicon* ditumpuk membentuk sel surya, akan memberikan efisiensi yang lebih baik antara 6%-8%.



### 2. *Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cells.*

Sel surya jenis ini mengandung bahan *Cadmium Telluride* yang memiliki efisiensi lebih tinggi dari sel surya Amorphous Silicon, yaitu sekitar: 9% - 11%.

### 3. *Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Cells.*

Dibandingkan kedua jenis sel surya thin film di atas, CIGS sel surya memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sekitar 10% - 12%. Selain itu jenis ini tidak mengandung bahan berbahaya Cadmium seperti pada sel surya CdTe (Lorenzo, 1994).

## 2.5 Karakteristik Sel Surya

Parameter sel surya yang paling berpengaruh pada kurva daya, yaitu arus hubung singkat dan tegangan hubung terbuka untuk parameter internal, sedangkan parameter eksternalnya meliputi suhu dan *irradiance*. Daya maksimum dan efisiensi turut dimasukkan dalam pembahasannya karena merupakan parameter yang umum digunakan untuk membandingkan sel surya. Kurva V-I Sel Surya

Cahaya mengakibatkan kurva V-I dioda pada **Gambar 2.6** turun dari kuadran pertama ke kuadran empat dimana daya dapat dihasilkan dari dioda melalui arus bocor pada kuadran empat. Dari grafik pada **Gambar 2.6** dapat disimpulkan bahwa persamaan sel surya dapat diambil dari persamaan dioda, yaitu :

$$I = I_0 \left( \exp \left( \frac{qV}{nkT} \right) - 1 \right) - I_L \quad (2.3)$$

Dengan, I arus pada terminal sel surya (A),  $I_0$  arus saturasi dioda (A),  $I_L$  yaitu arus yang dihasilkan oleh cahaya, (A) q muatan elektron,  $1,6 \times 10^{-19}$ , CV tegangan terminal sel surya, (V)n yaitu *diode quality factor* (nilainya antara 1-2), k konstanta Boltzmann,  $1,38 \times 10^{-23}$  J/K dan T temperatur ambien (K).

Gambar kurva dari persamaan ini adalah **Gambar 2.6** pada kuadran empat, yaitu sel surya pada keadaan teriluminasi. Umumnya *datasheet* dan laporan penelitian menampilkan kurva pada kuadran pertama seperti pada **Gambar 2.10**

dengan arus panjar mundur yang dibalik untuk kemudahan pembacaan grafik, sehingga persamaan kurva menjadi :

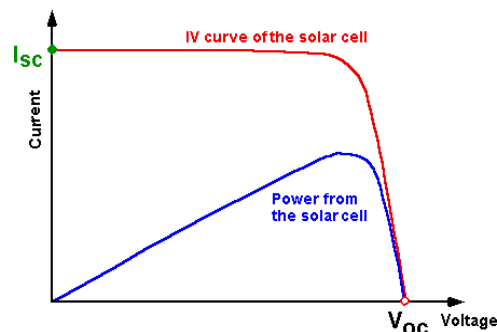
$$I = I_L - I_0 \left( \exp \left( \frac{qV}{nkT} \right) - 1 \right) \quad (2.4)$$

### 1. Arus Hubung Singkat ( $I_{SC}$ )

Pada Sel Surya  $I_{SC}$  adalah arus yang mengalir pada saat tegangan sel surya sama dengan nol atau dapat dilihat pada **Gambar 2.10**. Pada kondisi ideal tanpa rugi daya,  $I_{SC}$  sama dengan  $I_L$ .  $I_{SC}$  bergantung linear terhadap *irradiance* dan dipengaruhi beberapa hal lain, yaitu luas area sel, spektrum cahaya dan parameter optik lain. Pengujian pada *Standart Test Condition* (STC), sel surya komersial memiliki  $I_{SC}$  yang bervariasi antara 28 mA/cm<sup>2</sup> sampai dengan 35mA/cm<sup>2</sup>. Densitas  $I_{SC}$  terhadap luas area sel (A) dirumuskan dengan persamaan:

$$I_{SC} = A \cdot J_{SC} \quad (2.5)$$

$$I_0 = A \cdot J_0 \quad (2.6)$$



**Gambar 2.10** Kurva karakteristik sel surya (Diputra, 2008)

### 2. Tegangan Hubung Terbuka ( $V_{OC}$ )

Pada Sel Surya  $V_{OC}$  adalah tegangan maksimum dari sel surya dan ini terjadi pada saat arus sel sama dengan nol, seperti terlihat pada **Gambar 2.10**. Tegangan ini merupakan kondisi panjar maju pada *junction* sel surya. Persamaan untuk menentukan  $V_{OC}$  didapat dari Persamaan (2.3) untuk nilai  $I = 0$  :

$$I = 0 = I_0 \left( \exp \left( \frac{qV}{nkT} \right) - 1 \right) - I_L \quad (2.7)$$

$$V_{oc} = \frac{nkT}{q} \ln \left( \frac{I_L}{I_0} + 1 \right) \quad (2.8)$$

Dari Persamaan (2.9), terlihat bahwa nilai  $V_{OC}$  bergantung secara logaritmik terhadap rasio  $I_L/I_0$ . Ini berarti pada temperatur konstan,  $V_{OC}$  berskala logaritmik terhadap  $I_L$  dan karena  $I_L$  bergantung linear terhadap *irradiance*, maka  $V_{OC}$  berskala logaritmik juga terhadap *irradiance*. Rumusan tersebut menyimpulkan bahwa *irradiance* lebih berpengaruh terhadap  $I_L$  daripada  $V_{OC}$ .

Substitusi Persamaan (2.5) dan Persamaan (2.6) pada Persamaan (2.8) menghasilkan:

$$V_{oc} = \frac{nkT}{q} \ln \left( \frac{J_L}{J_0} + 1 \right) \quad (2.9)$$

Persamaan ini mengindikasikan bahwa  $V_{OC}$  tidak bergantung pada luas area sel.

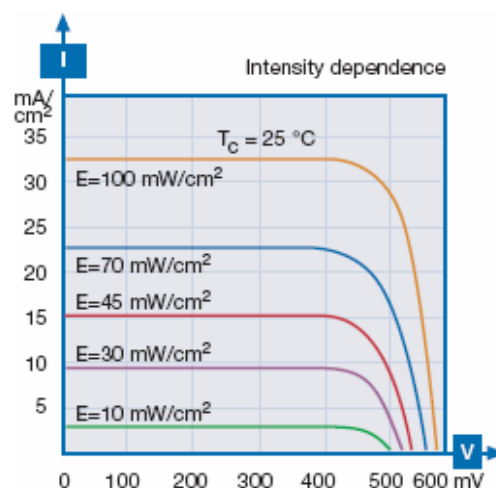
### 3. Pengaruh *Irradiance* Terhadap Sel Surya

Radiasi matahari yang diterima bumi terdistribusi pada beberapa *range* panjang gelombang, mulai dari 300 nm sampai dengan 4 mikron. Sebagian radiasi mengalami refleksi di atmosfer (*diffuse radiation*) dan sisanya dapat sampai ke permukaan bumi (*direct radiation*). Kedua radiasi ini yang dipakai untuk mengukur besaran radiasi yang diterima sel surya. Besaran – besaran penting untuk mengukurnya adalah,

- a. *Spectral irradiance*  $I_\lambda$ ; Daya yang diterima oleh satu unit area dalam bentuk differensial panjang gelombang  $d\lambda$ , satuan :  $W/m^2 \mu m$ .
- b. *Irradiance* - Integral dari *spectral irradiance* untuk keseluruhan panjang gelombang, satuan :  $W/m^2$ .
- c. Radiansi - Integral waktu dari *irradiance* untuk jangka waktu tertentu. Oleh sebab itu, satuannya sama dengan satuan energi, yaitu  $J/m^2 - \text{hari}$ ,  $J/m^2 - \text{bulan}$  atau  $J/m^2 - \text{tahun}$ .

Di antara ketiga besaran tersebut, yang akan digunakan dalam analisa adalah  $W/m^2$  karena satuan ini yang biasa dipakai dalam *datasheet*, sedangkan besaran radiansi biasanya digunakan untuk menghitung estimasi daya keluaran pada instalasi sistem. *Irradiance* merupakan sumber energi bagi sel surya, sehingga keluarannya sangat bergantung oleh perubahan *irradiance*.

**Gambar 2.11** memberikan contoh perubahan *irradiance* terhadap kurva daya modul surya. Dilihat dari **Gambar 2.11**, keluaran daya berbanding lurus dengan *irradiance*.  $I_{SC}$  lebih terpengaruh oleh perubahan *irradiance* daripada  $V_{OC}$ . Hal ini sesuai dengan penjelasan cahaya sebagai paket-paket foton. Pada saat *irradiance* tinggi, yaitu pada saat jumlah foton banyak, arus yang dihasilkan juga besar. Demikian pula sebaliknya, sehingga arus yang dihasilkan berbanding lurus terhadap jumlah foton.



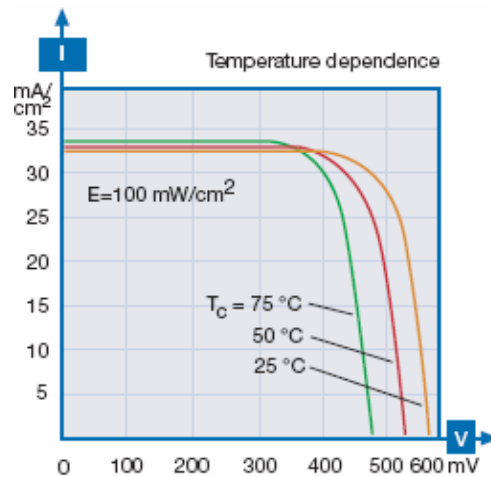
**Gambar 2.11** Karakteristik kurva V-I terhadap perubahan *irradiance* (Diputra, 2008)

Pengujian modul surya pada *datasheet* umumnya dilakukan pada *Standard Test Condition* (STC), yaitu *Air Mass* (AM) 1,5; *irradiance*  $1000 \text{ W/m}^2$  dan temperatur  $25^{\circ}\text{C}$ . Dalam kondisi nyata, nilai *irradiance* tidak mencapai nilai tersebut, bergantung dari posisi lintang, posisi matahari dan kondisi cuaca. Nilai *irradiance* pada lokasi tertentu juga bervariasi dari bulan ke bulan.

#### 4. Pengaruh Suhu Terhadap Sel Surya

*irradiance* bukanlah satu-satunya parameter eksternal yang memiliki pengaruh penting pada kurva V-I, ada juga pengaruh suhu. Suhu memiliki peranan penting untuk memprediksi karakteristik V-I. Komponen semikonduktor seperti dioda sensitif terhadap perubahan suhu, begitu pula dengan sel surya. Pada **Gambar 2.12** terlihat bahwa suhu berpengaruh banyak pada  $V_{OC}$  daripada terhadap  $I_{SC}$ , berkebalikan dengan pengaruh *irradiance*. Kenaikkan suhu mengurangi  $V_{OC}$  sel surya. Hal ini disebabkan peningkatan suhu menurunkan

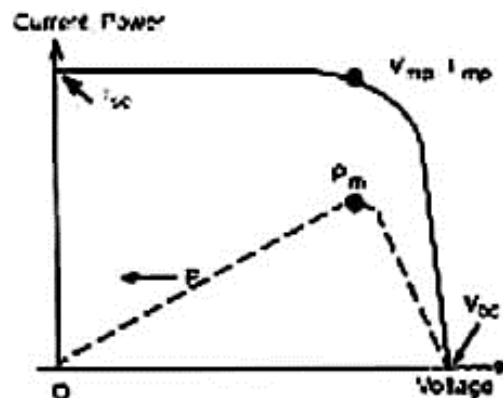
*band gap* semikonduktor.



**Gambar 2.12** Karakteristik kurva V-I terhadap perubahan suhu (Diputra, 2008)

### 5. Maximum Power Point (MPP)

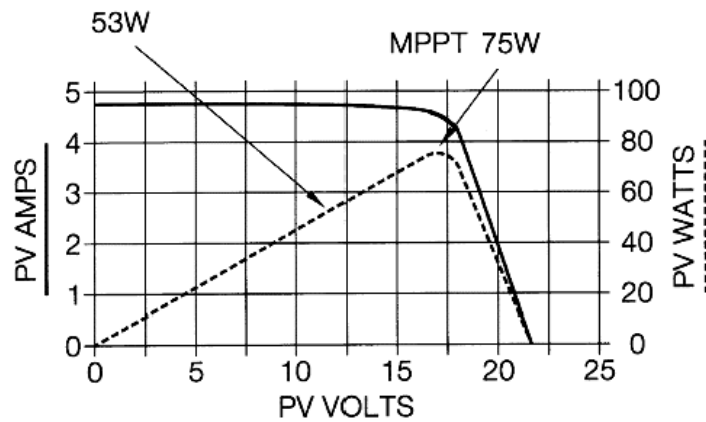
Hasil perkalian arus dan tegangan pada setiap titik kurva V-I atau pada **Gambar 2.13** menyatakan besar dayanya. Kurva daya pada saat sel surya bekerja berbentuk segitiga. Secara grafis, daya maksimum pada sel adalah puncak dari segitiga yang memiliki luas terbesar. Titik ini disebut dengan *maximum power point* (MPP), hasil dari  $V_{mp} \times I_{mp}$ .



**Gambar 2.13** Kurva V-I dan kurva daya sel surya (Diputra, 2008)

Bila modul surya bekerja pada tegangan 12 V, maka dilihat dari kurva daya **Gambar 2.14**, daya keluaran adalah 53 W. Sedangkan apabila modul dapat bekerja pada tegangan 17 V, maka daya keluaran dapat mencapai 75 W (MPP). Sistem kontrol ini umumnya menggunakan *DC-DC converter* dan algoritma pencari MPP agar sistem dapat bekerja optimal. Pada sub-bab selanjutnya akan

dilihat pergeseran nilai MPP ini pada rangkaian modul surya akibat kerusakan modul surya.



**Gambar 2.14** Kurva daya modul surya 75 W pada MPP (Diputra, 2008)

## 6. Efisiensi Sel Surya

Efisiensi adalah parameter yang umum digunakan untuk membandingkan unjuk kerja dari sel satu dengan yang lainnya. Efisiensi didefinisikan sebagai rasio *output* energi dari sel surya untuk energi masukan dari matahari. Selain mencerminkan unjuk kerja sel surya sendiri, efisiensi tergantung pada spektrum, intensitas sinar matahari dan suhu sel surya. Oleh karena itu, kondisi dimana efisiensi diukur harus dikontrol untuk membandingkan kinerja satu perangkat ke perangkat lainnya. Sel surya terestrial diukur dalam kondisi *Air Mass* (AM) 1.5 spektrum dan pada suhu 25°C. Efisiensi sel surya ditentukan sebagai fraksi penyinaran sinar matahari yang diubah menjadi listrik dan didefinisikan sebagai:

$$P_{max} = V_{OC} \cdot I_{SC} \cdot FF \quad (2.8)$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (2.9)$$

Dengan  $P_{max}$  adalah daya keluaran maksimum modul surya dengan satuan *Watt*,  $V_{OC}$  untuk menyatakan tegangan rangkaian terbuka,  $I_{SC}$  untuk menyatakan arus hubungan singkat dengan satuan *Ampere* dan FF menyatakan *Fill Factor*.  $\eta$  merupakan efisiensi modul surya yang dinyatakan dengan persen (%) dan  $P_{in}$  untuk menyatakan daya input (intensitas radiasi matahari x luas modul surya) (Haerurrozi *et al.*, 2019).

## 2.6 Baterai

Baterai merupakan suatu alat penyimpan energi yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai *lithium ion* memiliki kapasitas energi yang besar serta kepadatan daya yang tinggi. Salah satu keunggulan lainnya adalah efisiensinya yang tinggi, tanpa efek memori, dan masa pakai yang relatif panjang. Namun, baterai lithium ion memiliki kelemahan dalam hal sensitivitasnya terhadap suhu. Sistem manajemen baterai atau yang biasa disebut dengan BMS (*Battery Management System*) Li-ion digunakan sebagai solusi untuk menjaga agar sel Li-ion tetap berada pada daerah aman operasinya (*safety operation area*). Perancangan perangkat keras di penelitian ini adalah modul modul baterai lithium ion berfungsi agar mendapatkan modul baterai sesuai dengan kebutuhan dan perancangan modul *Battery Management System (BMS) Lithium Ion* yang berfungsi untuk *monitoring* dan proteksi baterai (Otong *et al.*, 2019).

Terdapat 2 jenis baterai berdasarkan pada proses yang terjadi, yaitu:

1. *Primary battery*

Baterai yang hanya dapat digunakan sekali saja dan dibuang. Material elektrodanya tidak dapat berkebalikan arah ketika dilepaskan.

2. *Secondary battery*

Baterai yang dapat digunakan dan diisi ulang beberapa kali, proses kimia yang terjadi di dalam baterai ada reversibel, dan baha aktif dapat kembali ke kondisi semula dengan pengisian sel. Baterai sekunder sendiri terdapat banyak jenisnya di pasaran, antara lain;

- a. *Baterai Ion Litium (Li-ion atau LIB)* Dalam baterai ini, ion litium bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif ketika baterai diberikan muatan listrik, dan kembali ketika diisi ulang. Baterai Li-ion menggunakan senyawa litium interkalasi sebagai bahan elektroda, berbeda dengan litium metalik yang digunakan dalam baterai litium *non*-isi ulang. Baterai ion litium umumnya ditemukan dalam perangkat elektronik konsumen. Baterai ini merupakan jenis baterai isi ulang yang paling populer untuk peralatan elektronik portabel karena memiliki salah satu daya energi tertinggi, tanpa efek memori, serta tingkat degradasi daya yang lambat saat tidak aktif.

Selain digunakan pada perangkat elektronik konsumen, LIB juga sering dimanfaatkan dalam industri militer, kendaraan listrik, dan teknologi dirgantara. Sejumlah penelitian sedang berupaya untuk meningkatkan teknologi LIB konvensional, fokus pada daya energi, masa pakai, biaya, dan aspek keselamatan.

- b. Baterai *Lithium Polymer* (Li-Po) Meskipun mirip dengan baterai Li-Ion, baterai Li-Po menggunakan elektrolit berbentuk polimer kering sebagai pengganti cairan yang diaplikasikan dalam baterai Li-Ion. Elektrolit polimer ini berbentuk lapisan film plastik yang tipis, ditempatkan secara bertumpuk di antara anoda dan katoda yang memungkinkan pertukaran ion. Dengan metode ini, baterai LiPo dapat diformat dalam berbagai bentuk dan ukuran. Selain kelebihan dalam struktur baterai LiPo, terdapat kelemahan yang berhubungan dengan kelambatan pertukaran ion yang terjadi melalui elektrolit polimer kering. Masalah ini menyebabkan penurunan kecepatan pengisian dan pengosongan baterai. Meskipun teknik pemanasan baterai telah diusulkan untuk mempercepat pertukaran ion, namun metode ini dianggap tidak cocok untuk penggunaan sehari-hari. Jika masalah ini dapat dipecahkan oleh para ilmuwan, risiko keamanan baterai lithium akan berkurang secara signifikan.
- c. Baterai *Lead Acid*, atau yang sering disebut sebagai aki, adalah salah satu jenis baterai yang memanfaatkan asam timbal sebagai substansi kimianya. Terdapat dua jenis baterai lead acid secara umum, yaitu *starting battery* dan *deep cycle battery*.
- d. Baterai *Nickel-Metal Hydride* (Ni-MH) merupakan tipe baterai yang terbuat dari komponen yang lebih terjangkau dan ramah lingkungan. Baterai Ni-MH menggunakan ion hidrogen untuk menyimpan energi, berbeda dengan baterai *lithium ion* yang memakai *ion lithium*. Komponen baterai Ni-MH melibatkan nikel serta logam lain seperti titanium, juga termasuk beberapa unsur lain seperti mangan, aluminium, kobalt, zirkonium, dan vanadium. Logam-logam tersebut umumnya berfungsi sebagai penyerap ion hidrogen yang dilepaskan agar tetap dalam bentuk cair dan tidak berubah menjadi fase gas (Afif & Pratiwi, 2015).



## 2.7 Microcontroller NodeMCU ESP 32

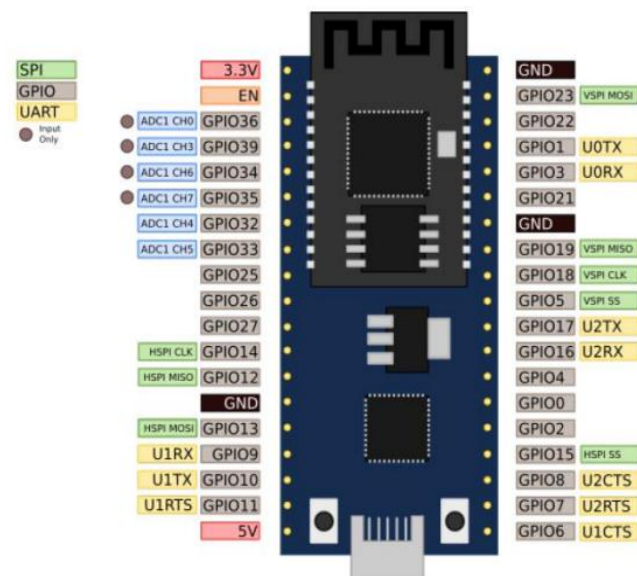
Node MCU ESP 32 merupakan suatu sistem terintegrasi pada seri chip (SoC) yang memiliki kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth dual mode dengan konsumsi daya yang rendah. ESP32 menggunakan mikroprosesor Tensilica Xtensa LX6 dual-core atau single-core dengan kecepatan hingga 240 MHz. Komponen ESP32 sudah tergabung dengan saklar antena, balun RF, penguat daya, penguat penerima kebisingan rendah, filter, dan modul manajemen daya. Merupakan pengembangan dari ESP8266 yang populer dalam aplikasi IoT, ESP32 menawarkan peningkatan inti CPU, kecepatan Wi-Fi yang lebih tinggi, jumlah GPIO yang lebih banyak, serta dukungan untuk *Bluetooth Low Energy*.

ESP32 adalah nama yang mengacu pada mikrokontroler yang dirancang oleh *Espressif Systems*, sebuah perusahaan berbasis di Shanghai, Cina. Mikrokontroler ini menyediakan solusi jaringan Wi-Fi yang mandiri sebagai perantara antara mikrokontroler yang ada dengan jaringan Wi-Fi. Ditenagai oleh prosesor dual core yang menggunakan instruksi Xtensa LX16, ESP32 memiliki spesifikasi yang terperinci seperti yang tertera pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Spesifikasi ESP32

| No. | Atribut            | Detail                              |
|-----|--------------------|-------------------------------------|
| 1.  | Tegangan           | 3.3 Volt                            |
| 2.  | Prosesor           | Tensilica L108 32 bit               |
| 3.  | Kecepatan prosesor | <i>Dual</i> 160 MHz                 |
| 4.  | RAM                | 520K                                |
| 5.  | GPIO               | 34                                  |
| 6.  | ADC                | 7                                   |
| 7.  | Dukungan 802.11    | 11b/g/n/e/i                         |
| 8.  | <i>Bluetooth</i>   | BLE ( <i>Bluetooth Low Energy</i> ) |
| 9.  | SPI                | 3                                   |
| 10. | I2C                | 2                                   |
| 11. | UART               | 3                                   |

Jika dilihat dari spesifikasi pada tabel maka mikrokontroler ESP32 dapat dijadikan pilihan untuk digunakan pada alat peraga *interface* mikrokontroler karena mikrokontroler ini memiliki *interface* yang lengkap, juga memiliki Wi-Fi yang sudah tertanam pada mikrokontroler sehingga tepat untuk digunakan pada alat peraga atau *trainer Internet of Things*. Pada **Gambar 2.15** merupakan *pin out* dari GPIO pada ESP32.



**Gambar 2.15** Pin ESP32 (Kusumah & Pradana, 2019).

ESP 32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System* merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul Wi-Fi dalam *chip* sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things*. Terlihat pada **Gambar 2.15** merupakan *pin out* dari ESP32. Pin tersebut dapat dijadikan *input* atau *output* untuk menyalakan LCD, lampu, bahkan untuk menggerakkan motor DC (Muliadi *et al.*, 2020).

## 2.8 Global Positioning System (GPS) GY-NEO6MV2

*Global Positioning System* (GPS) adalah sistem navigasi berbasis satelit yang dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat pada awal tahun 1970an. Ia menawarkan informasi berkelanjutan mengenai waktu dan lokasi di seluruh dunia, berfungsi dalam berbagai kondisi cuaca. GPS telah mengubah bidang navigasi secara mendasar sejak awal. Meskipun awalnya dirancang

sebagai sistem militer, penggunaannya telah meluas secara signifikan di kalangan pengguna sipil.

Terdiri dari tiga segmen utama, GPS mencakup segmen luar angkasa atau satelit, segmen kontrol atau stasiun bumi, dan segmen pengguna, yang terdiri dari pengguna dan penerima GPS. Cara fungsi GPS mengharuskan penerima GPS harus menentukan dua aspek utama untuk menjalankan tugasnya: lokasi satelit dan jarak antara penerima GPS dan satelit. Untuk dapat mengidentifikasi lokasi satelit, penerima GPS memperoleh dua informasi berkode dari satelit. Salah satu jenis informasi disebut almanak, yang berisi perkiraan posisi satelit. Data almanak terus dikirim dan disimpan dalam memori penerima GPS, memungkinkannya memahami orbit satelit dan perkiraan lokasinya. Data almanak ini diperbarui secara berkala untuk melacak pergerakan satelit. Sistem GPS telah terbukti bermanfaat dalam berbagai bidang studi karena segudang manfaatnya, antara lain yaitu pertanian, penerbangan, lingkungan, kelautan, transportasi, rekreasi dan penanganan bencana (Ahmed, 2002).

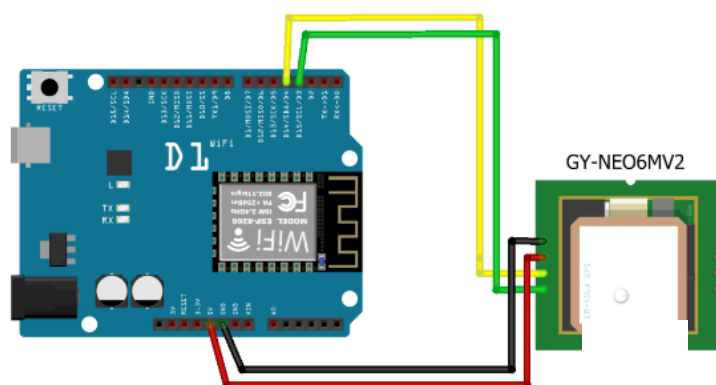
GPS adalah sistem yang digunakan untuk menentukan lokasi di permukaan bumi dengan menyinkronkan sinyal dari satelit. Sistem ini beroperasi dengan 24 satelit yang memancarkan sinyal gelombang mikro ke Bumi. Sinyal-sinyal ini diterima oleh perangkat di permukaan, memungkinkan penentuan posisi, kecepatan, arah, dan waktu. Sistem serupa dengan GPS termasuk GLONASS Rusia, Galileo Uni Eropa, dan IRNSS India. Pelacak GPS, sering disebut sebagai Pelacakan GPS, adalah teknologi *Automated Vehicle Locater* (AVL) yang memungkinkan pengguna melacak posisi kendaraan, armada, atau mobil secara real-time. Pelacakan GPS memanfaatkan kombinasi teknologi GSM dan GPS untuk menentukan koordinat suatu objek, menerjemahkannya ke dalam peta digital (Alfeno & Devi, 2017).

Modul GPS GY-Neo6 MV2 berfungsi sebagai penerima *Global Positioning System* (GPS), yang mampu mendeteksi lokasi dengan menangkap dan memproses sinyal dari satelit navigasi. Modul GPS ini mencakup 4 pin: VCC, GND, TX, dan RX yang dapat dilihat pada **Tabel 2.3** berikut.

**Tabel 2.3** Pin Out GPS GY-NEO6MV2

| PIN | FUNGSI  |
|-----|---|
| GND | Ground dari Arduino or power supply           |
| TX  | digunakan untuk komunikasi serial             |
| RX  | digunakan untuk komunikasi serial             |
| VCC | 5Vdc dari power supply eksternal atau arduino |

Modul GPS GY-Neo6 MV2 dapat dilihat pada **Gambar 2.16**

**Gambar 2.16** Rangkaian modul GPS GY-Neo6 MV2 (Alfeno & Devi, 2017).

GPS, singkatan dari *Global Positioning System*, adalah sistem navigasi berbasis satelit yang menerima sinyal dari satelit. Fungsi logis GPS melibatkan penggunaan perhitungan "triangulasi" dari satelit yaitu.

1. Untuk perhitungan "triangulasi", GPS mengukur jarak menggunakan waktu tempuh sinyal radio.
2. Untuk mengukur waktu perjalanan, GPS memerlukan akurasi waktu yang tinggi.
3. Untuk penghitungan jarak, diperlukan pengetahuan yang tepat tentang posisi satelit dan ketinggiannya di orbit.
4. Melibatkan koreksi penundaan waktu tempuh sinyal di atmosfer hingga diterima oleh penerima.

Sistem ini beroperasi dengan 24 satelit yang memancarkan sinyal gelombang mikro ke Bumi. Sinyal-sinyal ini diterima oleh perangkat penerima di permukaan, dimana penerima GPS mengumpulkan informasi dari satelit GPS. Penerima GPS harus mengunci sinyal dari setidaknya tiga satelit untuk menghitung posisi 2D

(lintang dan bujur) dan melacak pergerakan. Jika penerima GPS dapat menangkap sinyal dari empat satelit atau lebih, maka ia dapat menentukan posisi 3D (lintang, bujur, dan ketinggian). Setelah posisi pengguna ditetapkan, GPS dapat menghitung informasi tambahan, seperti kecepatan, arah, rute, tujuan, jarak, matahari terbit, terbenam, dan banyak lagi.

Sinyal yang dikirim dari satelit ke GPS digunakan untuk menghitung waktu perjalanan. Waktu perjalanan ini sering disebut dengan *Time of Arrival* (TOA). Mengikuti prinsip fisika, pengukuran jarak dapat diperoleh dengan mengalikan waktu dengan kecepatan rambat sinyal. Dari beberapa pemakaian GPS di atas dikategorikan menjadi beberapa bagian seperti berikut.

- a. Waktu. GPS *receiver* menerima informasi waktu dari jam atom yang mempunyai keakurasian sangat tinggi.
- b. Lokasi. GPS memberikan informasi lokasi:
  - 1) *Latitude*.
  - 2) *Longitude*.
  - 3) *Altitude*.
- c. Kecepatan. Ketika berpindah tempat, GPS dapat menunjukkan informasi kecepatan berpindah tersebut.
- d. Arah perjalanan. GPS dapat menunjukkan arah tujuan, simpan lokasi dan tempat-tempat yang sudah pernah atau ingin dikunjungi bisa disimpan oleh GPS *receiver*.
- e. Komulasi data. GPS *receiver* dapat menyimpan informasi *track*, seperti total perjalanan yang sudah pernah dilakukan, kecepatan rata-rata, kecepatan paling tinggi, kecepatan paling rendah, waktu/jam sampai tujuan, dan sebagainya.
- f. *Tracking*. Membantu untuk *monitoring* pergerakan obyek. Membantu memetakan posisi tertentu, dan perhitungan jaringan terdekat (Alfeno & Devi, 2017).

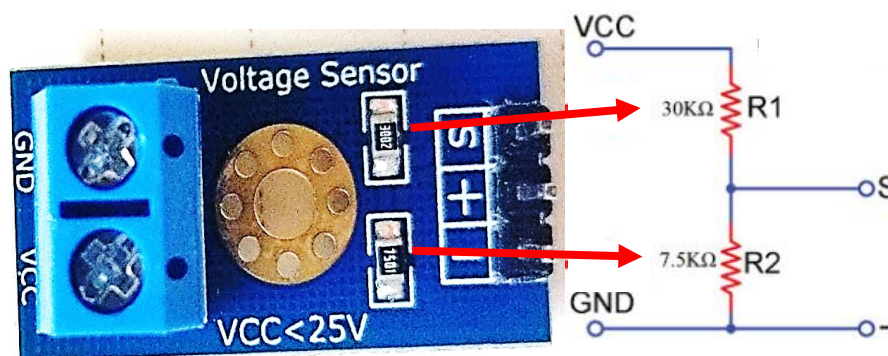
## 2.9 Sensor Tegangan

Sensor merupakan perangkat yang berfungsi mengubah suatu sifat fisik menjadi sinyal listrik sehingga dapat dianalisis melalui suatu jaringan listrik tertentu. Misalnya saja, sensor inframerah menggunakan cahaya sebagai parameter jarak yang kemudian diubah menjadi sinyal listrik. Jenis sensor bervariasi tergantung pada tujuannya. Sensor merupakan bagian dari transduser yang mendeteksi perubahan energi eksternal dan mengubahnya menjadi sinyal listrik pada bagian input dari transduser. Proses ini melibatkan perubahan kapasitas energi yang terdeteksi dan diubah menjadi sinyal listrik (Putra *et al.*, 2015).

Sensor tegangan, di sisi lain, adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur tegangan pada perangkat elektronik. Sensor tegangan umumnya terdiri dari sebuah rangkaian pembagi tegangan atau yang sering disebut sebagai pembagi tegangan. Dengan menggunakan perhitungan

$$V_O = V_I \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.8)$$

$V_O$  merupakan tegangan keluaran dan  $V_I$  sebagai tegangan masuk dengan  $R_1$  merupakan hambatan pertama dan  $R_2$  hambatan kedua. Tegangan pada baterai akan di konversikan ke dalam tegangan yang dapat di baca mikrokontroler yaitu nol sampai lima volt. Lalu tegangan diterjemahkan menjadi satuan digital melalui mikrokontroler agar dapat kita atur lebih lanjut (Putra *et al.*, 2015).



**Gambar 2.17** Cara kerja sensor tegangan (Dok: Pribadi)

*Voltage sensor module arduino* merupakan sensor yang kecil dan sangat bermanfaat untuk mendeteksi tegangan DC input dengan faktor pembagi *resistive*

*divider* 5. Modul ini bekerja berdasarkan prinsip *resistive divider*, membuat tegangan VCC yang akan dideteksi berkurang 5x lipat.

$$V_{out} = VCC \cdot \frac{7,5 \Omega}{7,5 \Omega + 30 \Omega} \quad (2.10)$$

$$V_{out} = VCC \cdot \frac{1}{5} \quad (2.11)$$

Tegangan input analog pada Arduino 0-5 Volt, sehingga tegangan maximum yang dapat dideteksi oleh sensor adalah  $5 \times 5 \text{ Volt} = 25 \text{ Volt}$ . Jika menggunakan sistem tegangan  $3,3 \text{ V}$  maka tegangan *maximum* yang dapat dideteksi adalah sebesar  $5 \times 3,3 \text{ V} = 16.5 \text{ Volt}$ .

## 2.10 Internet Of Things

Pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) adalah penerapan teknologi sensor, perangkat keras, serta koneksi internet untuk menghimpun dan mengirimkan data secara waktu nyata. Ini memungkinkan pengguna untuk mengamati dan mengatur perangkat atau lingkungan spesifik dari jarak jauh.

Dalam konteks pemantauan IoT, perangkat yang terhubung seperti sensor, perangkat pintar, atau perangkat keras khusus lainnya digunakan untuk mengumpulkan data dari sekitarnya. Data ini kemudian dikirimkan melalui jaringan internet *platform* atau sistem pusat yang dapat menganalisis dan menampilkan informasi secara langsung. Contoh pemanfaatan pemantauan IoT termasuk:

1. Pemantauan lingkungan pada sensor digunakan untuk mengamati kualitas udara, suhu, kelembaban, serta tingkat gangguan di suatu daerah. Data yang dikumpulkan membantu dalam mengidentifikasi polusi, kondisi cuaca, atau gangguan lingkungan lainnya.
2. Pemantauan kesehatan dengan perangkat kesehatan terkoneksi, seperti detektor pengukuran jantung atau pengukur glukosa, mengirimkan data ke platform kesehatan waktu nyata. Hal ini memungkinkan pasien atau dokter untuk terus-menerus mengawasi kondisi kesehatan dan memberikan perawatan yang sesuai waktu yang tepat.

3. Pemantauan industri seperti sensor pada peralatan dan mesin di lingkungan industri mengamati kinerja, suhu, tekanan, atau kebocoran. Informasi ini digunakan untuk mendeteksi masalah atau perawatan yang diperlukan, mengoptimalkan operasi, atau mencegah kerusakan yang lebih serius.
4. Pemantauan energi yang merupakan pemantauan konsumsi energi pada bangunan atau peralatan membantu mengidentifikasi pola penggunaan energi yang tidak efisien atau peralatan yang rusak. Informasi ini berguna untuk mengoptimalkan penggunaan energi, mengurangi biaya, dan meningkatkan efisiensi.
5. Pemantauan transportasi dalam bentuk sensor pada kendaraan atau infrastruktur jalan memberikan data tentang lalu lintas, kecepatan, atau kondisi jalan. Informasi ini dapat digunakan untuk mengatur lalu lintas, mengoptimalkan rute, atau memberikan informasi waktu perjalanan kepada pengemudi.

Manfaat dari pemantauan IoT meliputi pengawasan waktu nyata, pengambilan keputusan yang lebih cepat, deteksi awal masalah, pengurangan biaya operasional, dan peningkatan efisiensi. Namun, penting untuk mempertimbangkan aspek keamanan dan privasi data yang terkait dengan penggunaan IoT.

*Internet of Things* (IoT) adalah sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang terus-menerus terhubung. Cara kerja dari Internet of Things melibatkan interaksi antara tiga program mesin yang terhubung secara otomatis dan dapat diatur dari jarak jauh oleh pengguna. Dengan meningkatnya infrastruktur internet, kita beralih ke tahap di mana tidak hanya smartphone atau komputer yang terhubung dengan internet, melainkan beragam objek nyata yang juga akan terkoneksi dengan internet. Dalam cara kerja *Internet of Things* (IoT), internet bertindak sebagai penghubung antara interaksi dari kedua mesin tersebut, sementara pengguna hanya berperan sebagai pengatur dan pengawas kerja alat tersebut secara langsung. Keuntungan yang diperoleh dari konsep *Internet of Things* (IoT) sendiri adalah memungkinkan pekerjaan dilakukan lebih cepat, mudah, dan efisien (Iswanto & Gandi, 2016).



### 2.11 Website

*Website* merupakan sebuah platform informasi yang tersedia di internet. Fungsinya tidak hanya terbatas pada menyampaikan informasi, tetapi juga dapat digunakan untuk menciptakan toko yang berani. Sebuah *website* adalah kumpulan halaman yang umumnya tergabung dalam satu domain atau subdomain, yang terletak di *World Wide Web* (WWW) di internet. Setiap halaman web merupakan dokumen yang ditulis dalam format HTML (*Hyper Text Markup Language*) dan biasanya diakses melalui protokol HTTP, yang mengirimkan informasi dari *server website* untuk ditampilkan kepada pengguna melalui web *browser*. Semua publikasi dari berbagai website ini dapat membentuk jaringan informasi yang luas. Halaman-halaman dalam website diakses melalui URL yang sering disebut sebagai *Homepage*. URL ini mengatur hierarki halaman situs web, sementara *hyperlink* dalam halaman tersebut membantu pengguna dan menunjukkan arus informasi. Beberapa *website* memerlukan langganan atau masukan data dari pengguna agar mereka dapat mengakses sebagian atau seluruh isi *website* tersebut (Javacreativity, 2014).

### 2.12 JavaScript

JavaScript pertama kali diperkenalkan oleh Netscape pada tahun 1995 dengan nama "*LiveScript*", sebagai bahasa sederhana untuk *browser Netscape Navigator*. Pada masa itu, bahasa ini mendapat banyak kritik karena kurangnya keamanan, pengembangannya yang terburu-buru, serta kurangnya pesan kesalahan saat membuat kesalahan dalam penyusunan program. Selanjutnya, seiring dengan kerjasama antara Netscape dan Sun (pengembang bahasa pemrograman "Java") pada waktu itu, pada tanggal 4 Desember 1995, Netscape kemudian mengubah namanya menjadi "*JavaScript*". Di waktu yang sama, Microsoft juga mencoba mengadaptasi teknologi ini dengan sebutan "Jscript" di browser Internet Explorer.

*JavaScript* adalah kumpulan skrip yang berfungsi di dalam dokumen HTML. Dalam sejarah *internet*, bahasa ini menjadi bahasa skrip pertama untuk web. Ini

adalah bahasa pemrograman yang memberikan kemampuan tambahan pada bahasa HTML dengan memungkinkan eksekusi perintah di sisi pengguna, artinya di browser, bukan di *server web*. *JavaScript* bergantung pada browser yang memuat halaman *web* yang berisi skrip-skrip *JavaScript*, tertanam di dalam dokumen HTML. Perlu dicatat, *JavaScript* tidak memerlukan kompilator atau penerjemah khusus untuk dijalankan karena kompilator *JavaScript* sudah terintegrasi dalam browser. Berbeda dengan "Java" (yang sering dibandingkan dengan *JavaScript*), Java memerlukan kompilator khusus untuk menerjemahkannya ke sisi pengguna atau klien (Alamsyah & Andri, 2003).

### 2.13 MySQL (*Structured Query Language*)

MySQL juga dikenal sebagai SQL, singkatan dari *Structured Query Language*. SQL adalah bahasa terstruktur yang khusus digunakan untuk mengelola *database*. SQL pertama kali didefinisikan oleh *American National Standards Institute* (ANSI) pada tahun 1986. MySQL, pada sisi lain, merupakan sistem manajemen *database* dengan status *open source*. Ini adalah sistem manajemen *database* yang berbasis hubungan, yang berarti data dikelola dalam berbagai tabel terpisah untuk meningkatkan efisiensi manipulasi data. MySQL mampu mengelola *database* yang bervariasi dalam skala, mulai dari yang kecil hingga sangat besar (Andi, 2014).

SQL juga bisa diartikan sebagai standar antarmuka untuk sistem manajemen basis data relasional, termasuk yang beroperasi di komputer pribadi. SQL memungkinkan pengguna untuk memahami informasi lokasi dan struktur. Dalam perbandingan dengan bahasa pemrograman, SQL lebih mudah digunakan, meskipun lebih kompleks daripada perangkat lunak lembar kerja atau aplikasi pengolahan data. Pernyataan SQL yang sederhana dapat menghasilkan permintaan data yang tersebar di berbagai lokasi komputer, yang memerlukan sumber daya komputasi yang signifikan. SQL dapat digunakan untuk penelitian interaktif, pembuatan laporan ad hoc, atau berinteraksi dalam aplikasi program. SQL juga berfungsi sebagai bahasa pemrograman yang dirancang khusus untuk menjalankan perintah query, yaitu pengaksesan data berdasarkan kriteria tertentu

terhadap *database*. Meskipun berbagai perangkat lunak *database* mengimplementasikan SQL dengan sedikit perbedaan, mereka semua mendukung subset standar. Dengan kata lain, SQL adalah permintaan yang terintegrasi ke dalam *database* atau Sistem Manajemen Basis Data (SMBD). Sebagai bahasa permintaan, SQL didukung oleh berbagai SMBD, termasuk MySQL *Server*, MySQL, PostgreSQL, *Interbase*, dan Oracle. Selain itu, SQL juga didukung oleh berbagai sistem basis data *non-server*, seperti MS *Access* dan *Paradox*. (Surniawan dan Mardiani, 2014).

MySQL adalah salah satu jenis *database server* yang terkenal, termasuk dalam kategori RDBMS (*Relational Database Management System*). MySQL mendukung bahasa pemrograman PHP serta menggunakan SQL, sebuah permintaan bahasa yang terstruktur, dengan aturan-aturan yang telah distandarkan oleh *Asosiasi Standar Nasional Amerika* (ANSI). Sebagai *server RDBMS*, MySQL adalah program yang memungkinkan pengguna data dasar untuk membuat, mengelola, dan menggunakan data dalam model relasional, di mana tabel-tabel dalam *database* memiliki hubungan antara satu sama lain.

Berbagai keunggulan MySQL meliputi:

- a. Kecepatan, kehandalan, dan kemudahan penggunaan. MySQL memiliki kecepatan tiga hingga empat kali lebih baik daripada beberapa server *database* komersial yang beredar saat ini, sambil tetap mudah diatur dan tidak memerlukan keahlian khusus untuk mengelola administrasinya.
- b. Mendukung berbagai bahasa, memberikan pesan kesalahan dalam beberapa bahasa termasuk Belanda, Portugis, Spanyol, Inggris, Perancis, Jerman, dan Italia.
- c. Kemampuan untuk membuat tabel dengan ukuran yang sangat besar, dengan batas maksimal hingga 4 GB, tergantung pada ukuran file yang dapat ditangani oleh sistem operasi yang digunakan. Harga yang lebih terjangkau, karena MySQL bersifat open source dan tersedia secara gratis untuk platform UNIX, OS/2, dan Windows.
- d. Integrasi yang kuat antara PHP dengan MySQL, menghasilkan koneksi yang lebih cepat dibandingkan dengan penggunaan *database server* lainnya. Modul MySQL dalam PHP sudah dibangun secara internal, sehingga tidak

memerlukan konfigurasi tambahan pada file konfigurasi PHP (Kurniawan, 2010).

#### **2.14 PHP (*Personal Home Page*)**

PHP yang merupakan singkatan dari *Personal Home Page*, merupakan bahasa standar yang umum digunakan dalam situs domain. PHP merupakan bahasa pemrograman dalam bentuk skrip yang ditempatkan di dalam *web server*. PHP juga dapat diartikan sebagai *Hypertext Preprocessor*. Bahasa ini beroperasi secara *server-side*, di mana interpreter PHP mengeksekusi kode pada sisi server, berbeda dengan model eksekusi Java yang berjalan pada sisi klien (Peranginangin, 2006).

Sebagai bahasa pemrograman untuk pembuatan situs web dengan skrip sisi server, PHP menawarkan kemampuan dinamis. PHP dapat dijalankan di berbagai sistem operasi seperti Windows, Linux, dan Mac OS. Selain Apache, PHP juga mendukung beberapa web server lain seperti Microsoft IIS, Caudium, dan PWS. PHP memanfaatkan *database* untuk membuat halaman web yang dinamis, dimana MySQL sering digunakan sebagai sistem manajemen *database* yang terintegrasi dengan PHP. Meski begitu, PHP juga mendukung sistem manajemen *Database Oracle, Microsoft Access, Interbase, d-Base, dan PostgreSQL* (Andi, 2014).

Sebagai bahasa yang melengkapi HTML, PHP memungkinkan pembuatan aplikasi dinamis dengan kemampuan memproses data. Semua sintaksisnya dijalankan di server dan hanya hasilnya saja yang dikirimkan ke *browser*. PHP, berbentuk skrip yang diproses di server, mengirimkan hasilnya kepada pengguna yang menggunakan *browser*. PHP dikenal sebagai bahasa scripting yang terintegrasi dengan tag-tag HTML, dieksekusi di server, dan digunakan untuk menciptakan halaman web dinamis sama seperti *Active Server Pages (ASP)* atau *Java Server Pages (JSP)*. PHP juga merupakan perangkat lunak *Open Source* (EMS, 2012).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2023 sampai dengan Januari 2024. Perancangan dan pembuatan alat dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Pengujian pengisian dan pengosongan baterai dilakukan di Taman Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung dan pengujian GPS dilakukan di daerah Bandar Lampung, Provinsi Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat ditunjukkan pada **Tabel 3.1**.

**Tabel 3.1** Alat-alat penelitian

| No. | Nama Alat        | Fungsi   |
|-----|------------------|--|
| 1.  | Laptop           | Untuk membuat program menggunakan <i>software</i> Arduino IDE dan melihat <i>website</i> . |
| 2.  | Tang Potong      | Untuk memotong kabel rangkaian.  |
| 3.  | Kabel Penghubung | Untuk penghubung antara panel surya dengan rangkaian dan alat lainnya.                     |
| 4.  | Kabel USB        | Untuk menstransmisikan dan mengupload program dari laptop ke Arduino Uno.                  |
| 5.  | Obeng            | Untuk membuka dan mengencangkan baut atau skrup pada rangkaian dan alat lainnya.           |
| 6.  | Gunting          | Untuk memotong peralatan lainnya.  |

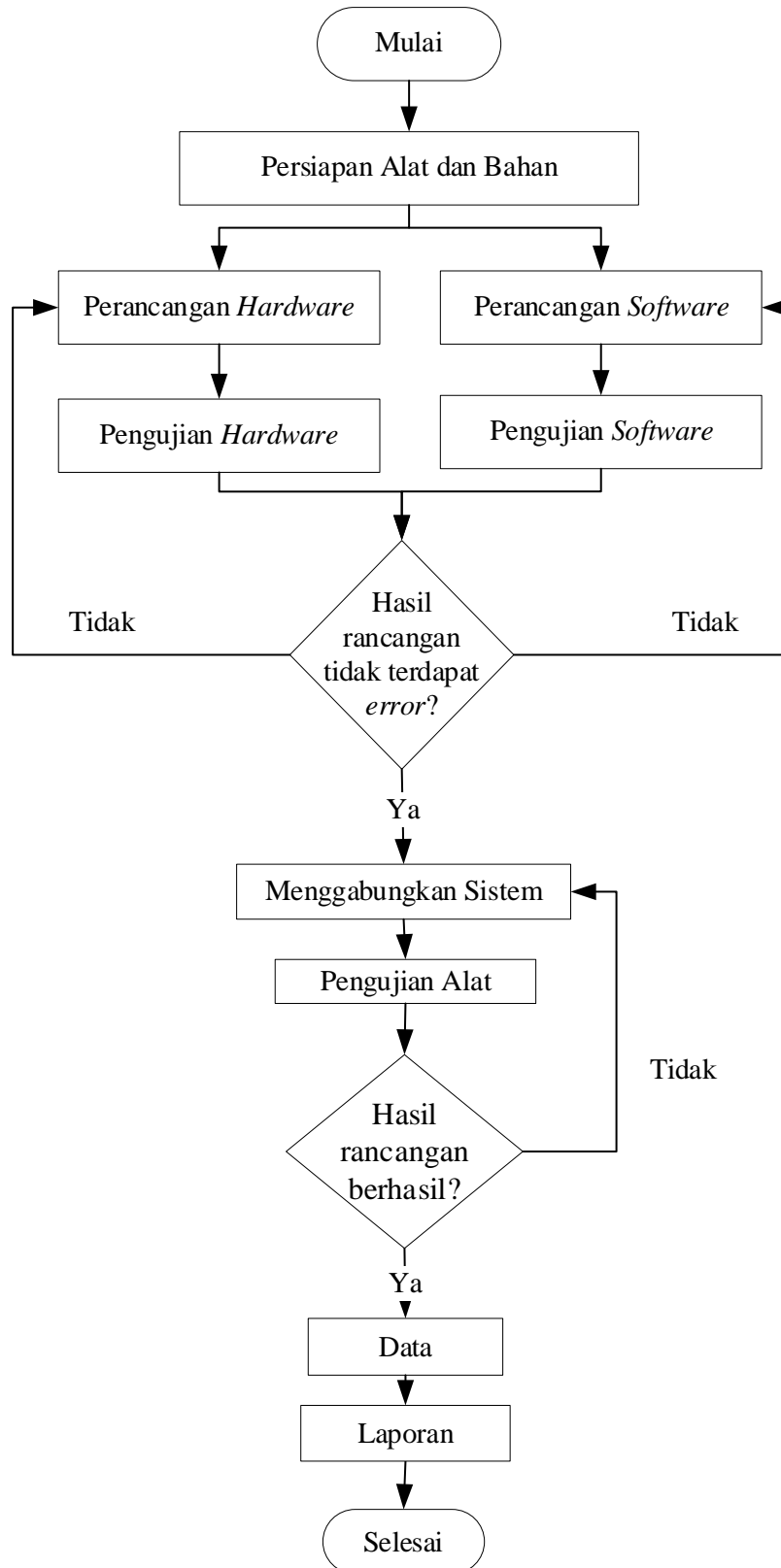
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan **Tabel 3.2**.

**Tabel 3.2** Bahan-bahan penelitian

| No. | Nama Bahan  | Fungsi  |
|-----|---|---|
| 1.  | Panel surya <i>monocrystalline silicon</i><br>119 × 54 cm, 100 Wp | Sebagai sumber pengisian pada sistem pengisian daya.  |
| 2.  | Rangkaian <i>boost converter</i>                                  | Untuk meningkatkan tegangan dalam pengisian multi-baterai.  |
| 3.  | <i>Solar charger controller</i>                                   | <i>Solar charger controller</i> , digunakan sebagai komponen pengendali dalam proses pengisian baterai. |
| 4.  | Baterai <i>Lithium Ion</i> 46,2 V dan 49.9 V, 20.000 mAh          | Sebagai media penyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya.  |
| 5.  | <i>Voltage Sensor</i> DC 0-25 V                                   | Untuk mengukur tegangan pada listrik DC.  |
| 6.  | Node MCU ESP32  | Untuk menyambungkan ke user laptop terkoneksi ke <i>internet</i> Wi-Fi.                                 |
| 7.  | GPS GY-Neo6 MV2   | Sebagai pelacak lokasi.   |
| 8.  | <i>Relay</i>  | Mengalirkan listrik dan sebagai pengendali aliran listrik.  |
| 9.  | <i>Printed Circuit Board</i> (PCB)                                | Digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen elektronika dengan lapisan jalur konduktornya.          |

### 3.3 Prosedur Penelitian

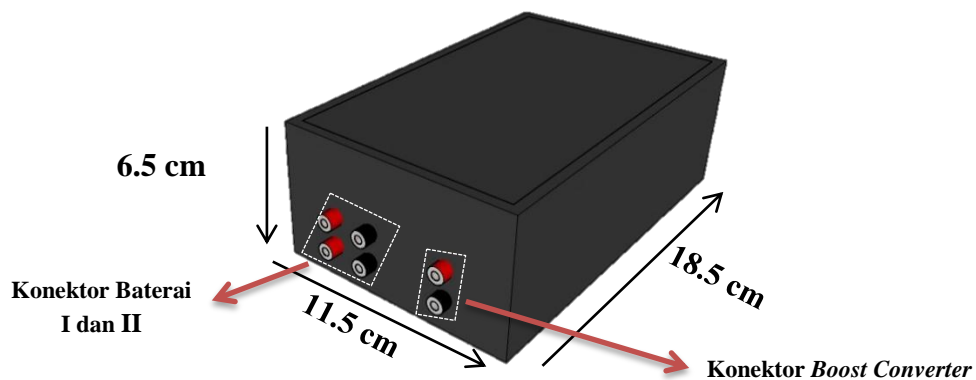
Tahapan pelaksanaan penelitian ini terbagi menjadi tiga tahapan. Pertama, kajian literatur mengenai GPS, *website*, *hardware* dan *software* yang akan digunakan. Kedua, membuat *prototype*, yaitu membuat rancangan sistem yang meliputi perancangan rangkaian (*hardware*), serta membuat program *website* (*software*). Ketiga, menguji *prototype* dan menganalisis keberhasilan dari *prototype* yang telah dibuat. Adapun diagram alir penelitian *monitoring* perangkat pengisian baterai mobil listrik dengan sumber sel surya menggunakan *website* berbasis GPS ditunjukkan pada **Gambar 3.1**. Berikut adalah diagram alir penelitian.



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

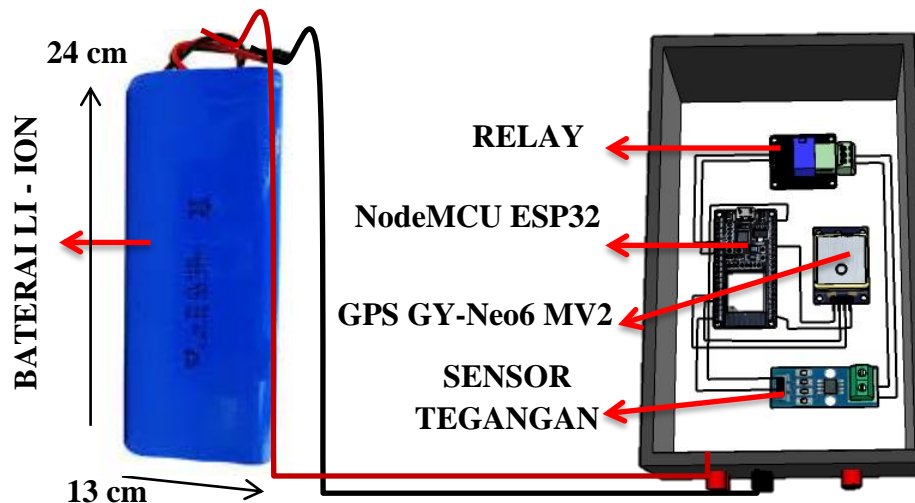
### 3.4 Perancangan Perangkat Keras

Langkah perancangan sistem pemantauan dilakukan guna merancang perangkat keras untuk sistem pemantauan. Perangkat keras ini terdiri dari beberapa komponen, antara lain sensor, NodeMCU ESP32, GPS GY-Neo6 MV2, dan *relay*. Sensor yang dimanfaatkan adalah sensor tegangan DC 0-25 V dengan nilai tegangan maksimal hingga 60 volt. Rancangan visualisasi bagian luar dari penelitian ini tersedia dalam **Gambar 3.2**.



**Gambar 3.2** Desain sistem *monitoring* tampak luar

Desain tampilan bagian dalam dari penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.3** berikut.



**Gambar 3.3** Desain sistem *monitoring* tampak dalam

Dapat dilihat pada tabel berikut pin NodeMCU ESP32 yang digunakan pada rangkaian tersebut.

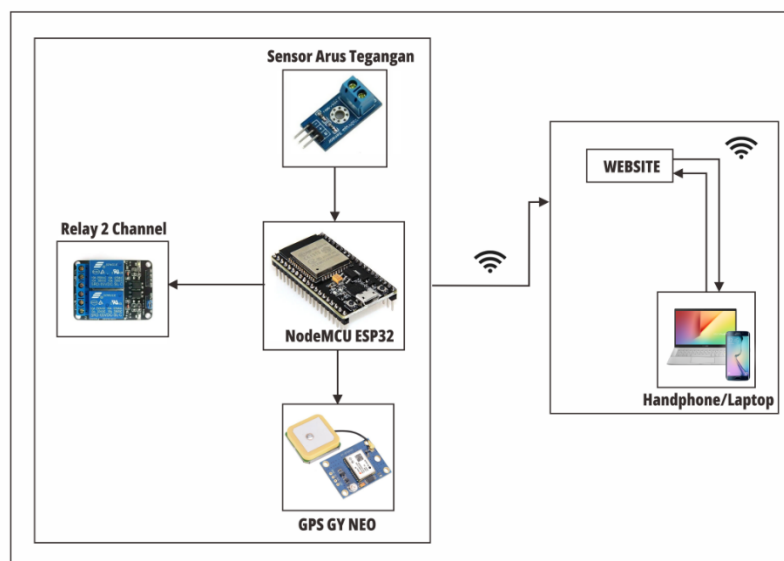


**Tabel 3.3** Pin-pin NodeMCU ESP32 yang digunakan

| PIN   | KONEKSI              | FUNGSI                                     |
|-------|----------------------|--|
| GND   | Catu Daya DC (-)     | <i>Input GROUND</i> dari Sensor Tegangan   |
| 5 V   | Catu Daya DC (+)     | <i>Input VCC (5V)</i> dari Sensor Tegangan |
| GND   | Catu Daya DC (-)     | <i>Input GROUND</i> dari GPS GY-Neo6 MV2   |
| TxD   | Pemancar             | Komunikasi Serial dari GPS GY-Neo6 MV2     |
| RxD   | Penerima             | Komunikasi Serial dari GPS GY-Neo6 MV2     |
| 3.3 V | Catu Daya DC (+)     | <i>Input VCC (5V)</i> dari GPS GY-Neo6 MV2 |
| GPIO2 | <i>Relay Input 1</i> | <i>ON/OFF</i> dari GPS GPS GY-Neo6 MV2     |
| GPIO4 | <i>Relay Input 2</i> | <i>ON/OFF</i> dari Sensor Tegangan         |

### 3.5 Perancangan Perangkat Lunak

Berikut merupakan perancangan sistem kontrol yang dapat dilihat pada **Gambar 3.4** berikut.

**Gambar 3.4** Rancangan sistem kontrol

Program pengendalian pada GPS GY-Neo6 MV2 dan NodeMCU ESP32 dibuat menggunakan Arduino IDE. Program yang dibuat adalah perintah yang akan menjalankan fungsi *voltage sensor* DC 0-25 V dengan tegangan maksimum 60 volt serta GPS GY-Neo6 MV2. GPS GY-Neo6 MV2 mempunyai 4 pin yang akan dihubungkan dengan NodeMCU ESP32 yaitu pin (-) *ground*, (+) *VCC 5V* atau

untuk masukan daya, pin RX dan pin TX merupakan komunikasi serial dari GPS GY-Neo6 MV2 dengan mikrokontroler yang akan dihubungkan secara menyilang agar dapat terbaca pada saat pengiriman data di Arduino IDE. Sensor tegangan mempunyai 3 pin yang di hubungkan dengan NodeMCU ESP32 yaitu pin (-) *ground*, (+) VCC 3V atau untuk masukan daya dan pin (S) sebagai keluaran dari sensor yang akan dihubungkan ke ADC NodeMCU ESP32. Terdapat dua sensor tegangan yang masing-masing dihubungkan dengan pin (S) yang berbeda, pada sensor tegangan 1 pin (S) yang digunakan pin 34 dan sensor tegangan 2 menggunakan pin (S) 35. *Relay 2 channel* mempunyai 4 pin yang akan dihubungkan dengan mikrokontroler yaitu pin (-) *ground*, (+) VCC yang akan dihubungkan dengan *power supply* 12 volt dan 2 pin (S) sebagai masukan yaitu pin 26 dan pin 27. *Relay* yang digunakan sebagai saklar untuk pemindahan arus listrik dari posisi *on* keposisi *off* mempunyai 6 pin yang terdapat pada *relay 2 channel*. Terdapat 2 pin COM (*common*), 2 pin NO (*Normally Open*) dan 2 pin NC (*Normally Close*), namun pada NO dan NC hanya satu pin saja yang digunakan. NO pada *relay* akan terhubung dengan Baterai 2 dan NC *relay* akan terhubung dengan Baterai 1.

Selanjutnya pada tahap perancangan sistem IoT dilakukan dengan membuat *website* sehingga pemantauan bisa dilakukan melalui jaringan *internet*. Sistem IoT yang digunakan dibuat menggunakan aplikasi *software Visual Studio Code* dengan bahasa pemrograman *javascript*. Selanjutnya data tersebut diproses dan dikirimkan melalui NodeMCU ESP32 kepada laptop menggunakan kabel penghubung. Tahapan akhir adalah menampilkan ulang data pada *database* sehingga program tersebut dapat dijalankan melalui *website*.

### **3.6 Pengujian Alat *Monitoring***

Alat yang telah dirancang perlu diuji terlebih dahulu untuk memastikan sistem sesuai dengan perencanaan. Metode pengujian yang digunakan adalah dengan menguji sistem untuk setiap blok rangkaian dan secara keseluruhan. Pemeriksaan meliputi:

### 3.6.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras ini meliputi pengujian sensor dan GPS.

#### 1. Pengujian Sensor

Pengujian sensor digunakan untuk memastikan bahwa sensor bekerja dengan baik dan kontroler bekerja secara otomatis sesuai hasil dari output sensor. Adapun mekanisme pengujian dan kalibrasi sensor tegangan FZ0430 dilakukan dengan melakukan pembacaan nilai ADC yang dihasilkan oleh sensor tegangan dan dikirimkan melalui mikrokontroler ESP32 sehingga nilai ADC akan ditampilkan pada serial monitor *software* Arduino IDE, kemudian sensor dihubungkan dengan *switching* DC 0-25 V dan divariasikan nilai tegangannya menggunakan potensiometer. Nilai ADC akan dicatat berdasarkan parameter alat ukur standar dengan menggunakan multimeter. Pada Proses kalibrasi dan pengujian sensor dilakukan pengulangan sebanyak 10 kali dengan nilai tegangan yang berbeda, dengan masing-masing pengulangan dilakukan 3 kali dengan nilai yang sama sehingga mendapatkan nilai *error*, akurasi, dan presisi dari sensor tersebut.

**Tabel 3.4** Data pengujian pengukuran

| No. | Sebelum Kalibrasi |                      | Sebelum Kalibrasi         |                      | <i>Error</i><br>(%) | Akurasi<br>(%) | Presisi<br>(%) |
|-----|-------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|----------------|----------------|
|     | ADC<br>Sensor     | Multimeter<br>(Volt) | Nilai<br>Sensor<br>(Volt) | Multimeter<br>(Volt) |                     |                |                |
| 1   |                   |                      |                           |                      |                     |                |                |
| 2   |                   |                      |                           |                      |                     |                |                |
| 3   |                   |                      |                           |                      |                     |                |                |
| 4   |                   |                      |                           |                      |                     |                |                |
| 5   |                   |                      |                           |                      |                     |                |                |

Data hasil pengujian pengukuran tegangan dan arus tersebut digunakan untuk menghitung persentase kesalahan (*error*), akurasi dan presisi dari sensor dalam pengukuran tegangan dan arus dengan menggunakan **Persamaan 3.1-3.3**.

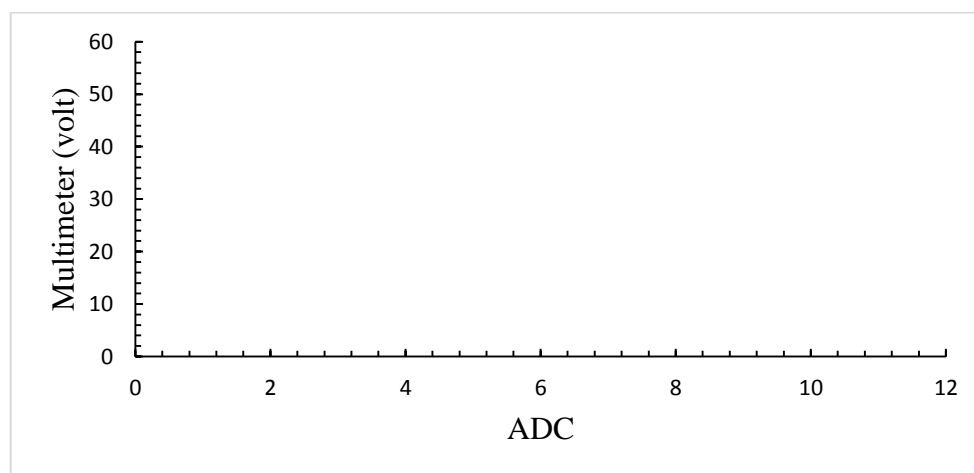
$$\%Error = \frac{Y - X_n}{Y} \times 100\% \quad (3.1)$$

$$\%Akurasi = \left(1 - \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \right) \times 100\% \quad (3.2)$$

$$\%Presisi = \left(1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \right) \times 100\% \quad (3.3)$$

Dengan  $Y$  adalah nilai parameter referensi,  $X_n$  adalah nilai parameter terukur ke  $n$ ,  $\bar{X}_n$  adalah rata-rata nilai parameter  $n$  terukur dan nilai 100% adalah nilai pengonversian dalam bentuk persen (Jones dan Chin, 1991).

Setelah didapat selisih kesalahan (*error*), maka dapat dianalisis menggunakan grafik pada **Gambar 3.5**



**Gambar 3.5** Grafik pengujian sensor

## 2. Pengujian GPS

Proses pengambilan data GPS dilakukan dengan mengukur jarak yang dihasilkan dari koordinat GPS mobil listrik dan koordinat GPS Google Maps pada masing-masing lokasi yang telah ditentukan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui selisih jarak yang dihasilkan dari koordinat GPS motor dan koordinat GPS Google Maps. Untuk setiap lokasi dilakukan 2 kali pengulangan pengujian pada waktu yang berbeda. Berikut ini tabel pengamatan pada pengujian keakuratan GPS disajikan pada **Tabel 3.5**.

**Tabel 3.5** Data pengujian keakuratan GPS

| Tempat | Hari | Koordinat GPS Mobil Listrik<br>( <i>Latiuide Longitued</i> ) | Koordinat GPS Google Maps<br>( <i>Latiuide Longitued</i> ) | Selisih (m) |
|--------|------|--|--|-------------|
|        |      |  |  |             |

Untuk menghitung selisih jarak dilakukan perhitungan *Eucliden distance* sebagai berikut.

$$d = \sqrt{(lat_1 - lat_2)^2 + (long_1 - long_2)^2}. (1 \text{ derajat bumi}) \quad (3.4)$$

Untuk nilai *error* menggunakan rumus pada persamaan berikut.

$$\%E = \frac{|a-a'|}{a} \times 100\% \quad (3.5)$$

Dan untuk mendapatkan nilai akurasi dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\%A = 100\% - \%E \quad (3.6)$$

Dengan keterangan pada persamaan 3.4, persamaan 3.5 dan persamaan 3.6 yaitu, *d* sebagai selisih jarak, *A* sebagai nilai akurasi dan *E* sebagai nilai *error*. Untuk nilai dari 1 derajat bumi adalah 111.319888 atau dibulatkan menjadi 111.322.

### 3.6.2 Pengujian Perangkat Lunak

Perangkat lunak diuji dengan menggunakan program yang dibuat oleh sistem *Internet of Things* (IoT) melalui aplikasi editor teks seperti *Visual Studio Code*, menggunakan bahasa pemrograman javascript, HTML, dan CSS. Data yang diukur oleh alat disimpan dan diolah menggunakan MySQL yang terhubung melalui *software* XAMPP, dan diakses melalui PHPMyadmin. Pemantauan pengisian baterai dilakukan berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan pembuatan *website* untuk menampilkan data secara real-time. Terdapat tampilan antarmuka awal dari bagian *monitoring* pengisian baterai pada *website* sebelum digunakan oleh pengguna. Tampilan ini menampilkan bilah navigasi yang memberikan akses ke beranda, informasi, login, serta opsi lainnya. Ikon beranda bertindak sebagai jalan masuk ke halaman utama dan berfungsi sebagai titik kembali atau tombol home pada *website*. Ikon informasi di dalam bilah navigasi memberikan pengetahuan tentang pengenalan pemantauan pengisian baterai, sementara ikon lainnya memberikan informasi tentang profil pembuat *website*. Ikon login digunakan untuk masuk ke akun, di mana terdapat dua opsi untuk mengakses, yaitu sebagai admin atau sebagai member. Dua opsi tersebut memungkinkan

pengguna untuk mengakses website sesuai peran yang dimiliki, baik sebagai admin atau sebagai member.

#### 1. Sebagai Admin

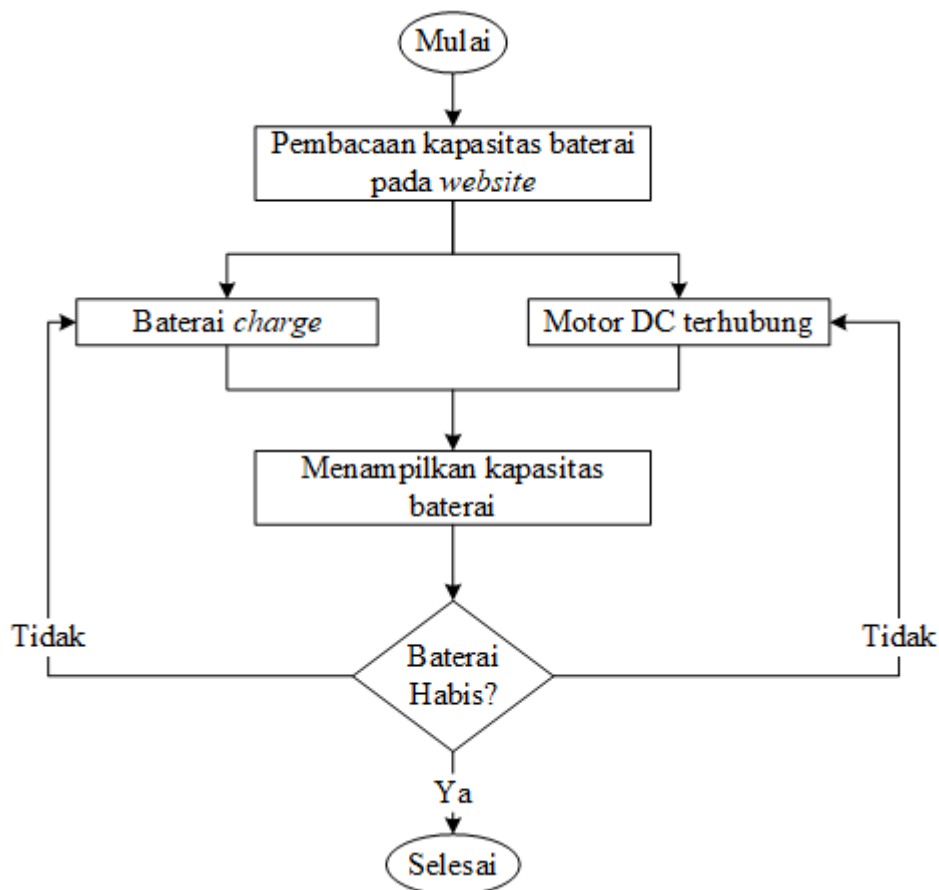
Sebelum masuk pada laman sebagai admin, diperlukan suatu akses berupa *login*, terdapat tampilan masuk untuk mengakses akun admin, selanjutnya akan tampil halaman antarmuka bagian *monitoring website*. Pada bagian tampilan *monitoring* admin akan menampilkan tampilan keberadaan SPKLU berupa maps dan ditambahkan tampilan untuk mendeteksi keberadaan mobil listrik member yang sudah mendaftar dan mempunyai akun sebagai member.

#### 2. Sebagai Member

Sama seperti pada admin, sebelum memasuki halaman sebagai member, diperlukan proses login untuk mengaksesnya. Terdapat layar login yang memungkinkan akses ke akun member, yang kemudian membawa pengguna ke halaman antarmuka untuk menghubungkan situs web. Bagian tampilan untuk pemantauan anggota menampilkan informasi tentang baterai. Setelah berhasil login menggunakan akun member, halaman beranda member akan ditampilkan, menampilkan fitur informasi baterai member. Terdapat ikon *logout* tambahan di bilah navigasi yang berfungsi untuk keluar dari beranda member, mengarahkan kembali ke halaman awal atau *home*. Fitur informasi baterai menampilkan status pengisian baterai pada mobil listrik, menunjukkan status pengisian daya saat mobil listrik sedang mengisi daya dan status pengosongan ketika proses pengisian daya telah selesai.

### 3.6.3 Pengujian Pengisian dan Pengosongan Baterai

Proses pengambilan data *monitoring* pengukuran tegangan multi-baterai pada saat pengosongan dan pengisian dapat dilihat digram alir pada **Gambar 3.6**



**Gambar 3.6** Diagram alir proses pengosongan dan pengisian baterai

Proses dimulai dengan mengirimkan perintah "mulai pemantauan" melalui *website*. Respon atas perintah tersebut adalah menekan tombol *relay* yang terdapat pada laman *website* bagian member atau pengguna, perintah ini akan memberitahukan bahwa pemantauan telah dimulai.

Dalam situasi sebaliknya, di mana baterai I dalam kondisi *discharge* dan baterai II dalam kondisi *charge*, langkah-langkah dilakukan dengan mengirim perintah "mulai pemantauan" melalui *website*. Respon atas perintah tersebut adalah menekan tombol *relay* yang terdapat pada laman *website* bagian member atau pengguna. Dengan demikian, pengisian dilakukan pada baterai 2, dan beban dipindahkan secara manual dari baterai II ke baterai I.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan data hasil *monitoring* dan pengukuran tegangan multi-baterai yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pembuatan perangkat *monitoring* dan pengukur tegangan multi-baterai yang dapat digunakan selama proses *charge* dan *discharge* berhasil dibuat dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32.
2. Waktu yang diperlukan untuk penggunaan Baterai 1 dengan kapasitas 49,9 V adalah selama 41,45 jam untuk mencapai 0 V dan Baterai 2 dengan kapasitas 46,2 V dapat digunakan selama 49,54 jam untuk mencapai 0 V. Proses *charging* pada Baterai 1 dalam keadaan kosong hingga terisi penuh dibutuhkan waktu 44,25 jam untuk mencapai tegangan 49,9 V. Sedangkan pada Baterai 2 dibutuhkan waktu 47,99 jam hingga mencapai tegangan 46,2 V.
3. Pembuatan *monitoring* pengisian baterai telah mampu menampilkan hasil pembacaan dari modul GPS ke dalam *monitoring* pengisian baterai berbasis *website* secara *real-time* dengan akurasi sebesar 99.99%, sehingga pengisian baterai dan penggunaan baterai dapat dipantau secara *real-time* melalui *website* “*monitoring* pengisian baterai”.



## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan data hasil *monitoring* dan pengukuran tegangan multi-baterai yang telah dilakukan pada penelitian ini terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan arahan untuk penelitian lebih lanjut yaitu.

1. Penelitian saat ini penggunaan perangkat mikrokontroler masih memanfaatkan WiFi yang berasal dari *hostpot mobile*, maka saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah menambahkan komponen sejenis modem yang dapat menghasilkan *internet* dengan komponen yang lebih minimalis.
2. Diperlukannya pengembangan API GPS dengan komponen yang lebih lengkap untuk penambahan jarak dan waktu pada *website* untuk hasil yang lebih modern.
3. Untuk menjaga kestabilan dan kesehatan baterai disarankan untuk penelitian yang lebih lanjut menggunakan *stabilizer* pada saat pengisian baterai agar baterai tidak mengalami lonjakan atau turunan pada waktu yang berdekatan saat pengisian baterai yang dapat menyebabkan kerusakan pada baterai

## DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M. T., & Pratiwi, I. A. P. (2015). Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik - Review. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(2), 95–99.
- Alamsyah & Andri. 2003. Pengantar JavaScript, Ilmu Komputer. Jakarta. [https://www.academia.edu/3279350/Pengantar\\_JavaScript](https://www.academia.edu/3279350/Pengantar_JavaScript). Diakses pada tanggal 5 Mei 2023
- Alfannizar I., & Rahayu, Y. 2018. Perancangan dan Pembuatan Alat Pengontrol Peralatan Rumah Tangga Berbasis Listrik Berbasis Internet of Things. *JOM FTEKNIK*. 5(1), 1-6.
- Alfeno, S., & Devi, R. E. C. (2017). Implementasi Global Positioning System (GPS) dan Location Based Service (LSB) pada Sistem Informasi Kereta Api untuk Wilayah Jabodetabek. *Sisfotek Global*, 7(2), 27–33.
- Andi. 2014. *Sistem Informasi Penjualan Online*. Wahana Komputer. Yogyakarta.
- Ashari, M. A. H., Rusdinar, A., & Pangaribuan, P. (2018). Sistem Monitoring Dan Manajemen Baterai Pada Mobil Listrik Electric Car Monitoring System and Battery Management. *e-Proceeding of Engineering*, 5(3), 4243–4248.
- Assyidiq, M. A., Winardi, B., & Andromeda, T. (2017). Perancangan Boost Converter Menggunakan Voltage Feedback Pada Panel Surya. *Transient*, 6(3), 404-410.
- Bansai, NK., Kleeman, M., & Meliss, M. (1990), *Renewable Energy Sources And Conversion Technology*, Tata McGraw-Hill Publishing Co. Limited, New Delhi.
- Cahyono, E. N. (2019) Mini Scada Plts Berbasis Arduino Uno Dan Visual Basic Menggunakan Api Crud Php. (*Skripsi*). Universitas Bhayangkara.

- Creatifity, J. 2014. *Panduan Cerdas Membangun Website Super Keren*. Elek Media Komputindo. Jakarta.
- David, L., and Reddy, T. B. 2001, *Handbook Of Batteries, 3rd Edition*. The McGraw-Hill Companies, Inc
- Dharmawan, I. P., Kumara, I. N. S, & Budiastara, I. N. 2021. Perkembangan Infrastruktur Pengisian Baterai Kendaraan Listrik Di Indonesia. *Jurnal SPEKTRUM*, 8(3), 90-101.
- Diputra, W. (2008). Simulator Algoritma Pendeteksi Kerusakan Modul Surya Pada Rangkaian Modul Surya. (*Skripsi*). Universitas Indonesia, Depok.
- Edovidata, H. E., & Aswardi. (2019). Perancangan Sistem Pengisian Accumulator Mobil Listrik dengan Sumber Listrik Solar Cell Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknik Elektro*, 6(1), 57-68.
- Fatah, M. A., Yamato, & Machdi, A. R. (2016). Implementasi Mobile Tracking And Security System Berbasis Mikrokontroler Atmega162 GPS. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1), 1–12.
- Haerurrozi, Natsir, A., & Sultan. (2019). Analisis Unjuk Kerja Plts On-Grid Di Laboratorium Energi Baru Terbarukan (Ebt) Universitas Mataram. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Hauke, B. 2015. *Basic Calculation of a Boost Converter's Power Stage*. Texas Instruments. Dallas.
- Iswanto, & Gandi. (2016). Perancangan Dan Implementasi Sistem Kendali Lampu Ruangan Berbasis Iot (Internet of Things) Android (Studi Kasus Universitas Nurtanio). *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, IX(1), 38–46.
- Jones, L. D., dan Chin, A. F. 1991. *Electronics Instruments and Measurements*. Prentice-Hall: New Jersey.
- Kusumah, H., & Pradana, R. A. (2019). Penerapan Trainer Interfacing Mikrokontroler Dan Internet of Things Berbasis Esp32 Pada Mata Kuliah Interfacing. *Journal CERITA*, 5(2), 120–134.
- Lorenzo, E. 1994. *Solar electricity, engineering of photovoltaic systems*. Madrid: Polytechnic University of Madrid. Spain.
- Megawati, S., dan Ansarullah L. 2021. Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia. *Journal of Information Engineering and Educational Technology*. Vol.5.No.1. Hal.19-

26.

Moeshariyanto, G., dan Saputra, C. 2009. *Navigasi Radar Navigasi Elektronik*. Balai Pendidikan dan Pelatihan Perikanan Banyuwangi. Banyuwangi.

Morris, A. S. 2001. *Measurement and Instrumentation Principles Third Edition*. Planta Tree: Great Britain.

Morris, A. S., & Langari, R. (2016). *Measurement and Instrumentation: Theory and Application Second Edition*. Elsevier Inc: United States of America.

Muliadi, Imran, A., & Rasul, M. (2020). Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32. *Jurnal Media Elektrik*, 17(2), 2721–9100.

Otong, M., Aribowo, D., & Wahyudi, R. (2019). Perancangan Modular Baterai Lithium Ion (Li-Ion) untuk Beban Lampu LED. *Jurnal Ilmiah Setrum*, 8(2), 260-273.

Peranginangin, K. 2006. *Aplikasi WEB dengan PHP dan MySQL*. Andi. Yogyakarta.

Prianto, E., Yuniarti, N., & Nugroho, D. C. (2020). Boost-Converter Sebagai Alat Pengisian Baterai Pada Sepeda Listrik Secara Otomatis. *Jurnal Edukasi Elektro*, 4(1), 52–62.

Purwoto, B. H., Jatmiko, Alimul, M. F., & Huda, I. F. 2018. Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Teknik Elektro*, 18(1), 10-14.

Putra, B. S., Rusdinar, A., & Kurniawan, E. (2015). Desain Dan Implementasi Sistem Monitoring Dan Manajemen Baterai Mobil Listrik. *e-Proceeding of Engineering*. 2(2), 1909–1916.

Ramadhan, A. I., Diniardi, E., & Mukti, S. H. (2016). Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP. *Jurnal Teknik*, 37(2), 59–63.

Sihombing, H. (2023). Monitoring Pengisian Daya Multi-Baterai Mobil Listrik dengan Sel Surya Menggunakan Internet of Things (IoT). (*Skripsi*). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Sreega, R., Nithyananthan, K., & Nandhini, B. (2017). Design and Development of Automated Appam Maker. *IJIRST-International Journal for Innovative*

*Research in Science & Technology*/, 3(11), 127–138.

Surniawan & Mardiani, E. 2014. *Aplikasi, Penjualan Dengan Visual Basic, Xampp, dan Data Report*. Elex Media Komputindo, Universitas Komputer Indonesia.

Suryana, T. 2021. Antarmuka Ublox NEO-6M GPS Module dengan NodeMCU ESP8266. *Jurnal Komputa Unikom*, pp. 1-18.

Widodo, Adi, D., Suryono, & Tatyantoro, A. (2010), Pemberdayaan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik Lampu Pengatur Lalu Lintas, *Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 133-138.