

**STASIUN PENGISIAN MOBIL LISTRIK
BERBASIS PANEL SURYA**

PROYEK AKHIR

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



Disusun Oleh :

Dinda Amalia Azahra NIM : 0031906

Panji Waskita NIM : 0031950

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2022

LEMBAR PENGESAHAN

**STASIUN PENGISIAN MOBIL LISTRIK
BERBASIS PANEL SURYA**

Oleh :

Dinda Amalia Azahra / 0031906

Panji Waskita / 0031950

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

Menyetujui,

Pembimbing 1



I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D.

Pembimbing 2



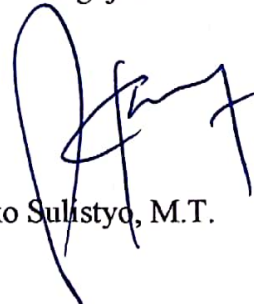
Zanu Saputra, M.Tr.T.

Penguji 1



Yudhi, M.T.

Penguji 2



Eko Sulistyco, M.T.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa 1 : Dinda Amalia Azahra NIM : 0031906

Nama Mahasiswa 2 : Panji Waskita NIM : 0031950

Dengan Judul : STASIUN PENGISIAN MOBIL LISTRIK BERBASIS
PANEL SURYA

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

Sungailiat, 3 Agustus 2022

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Dinda Amalia Azahra



.....

2. Panji Waskita



.....

ABSTRAK

Proyek akhir ini merancang sebuah sistem pengisian baterai mobil listrik menggunakan panel surya dan perhitungan biaya atau tarif yang dikenakan dari pengisian tersebut. Metode yang digunakan pada pembuatan proyek akhir ini adalah pengambilan data, pengujian serta analisa data. Panel surya sebagai sumber catuan menyerap cahaya matahari dan mengkonversikannya menjadi energi listrik. Kemudian buck-boost converter mengatur tegangan yang akan masuk ke baterai agar dapat sesuai dengan tegangan pengisian yang dibutuhkan. Uji coba dilakukan menggunakan baterai 12 Volt 7 Ah, sehingga tegangan yang dibutuhkan adalah minimal 13 Volt agar dapat melakukan proses pengisian. Durasi waktu pengisian tergantung dengan arus yang dihasilkan, semakin besar arus yang mengalir maka akan semakin cepat pula proses pengisian. Sensor arus INA219 dan sensor tegangan digunakan untuk membaca arus dan tegangan yang masuk pada saat proses pengisian baterai dan dikontrol oleh Arduino Mega 2560. Ketika baterai sudah penuh arus akan diputus otomatis menggunakan relay. Pada alat ini juga terdapat inputan berupa tombol start, stop dan reset agar proses pengisian dapat lebih efisien. Perhitungan biaya atau tarif pengisian mobil listrik mengikuti peraturan Menteri ESDM (Energi Sumber Daya Mineral) yaitu sebesar Rp1.650 per kWh. Perhitungan biaya pada proses pengisian mobil listrik ini ditampilkan pada display menggunakan LCD 20x4.

Kata kunci : Panel Surya, Pengisian baterai, Mobil listrik.

ABSTRACTS

This final project designs an electric car battery charging system using solar panels and calculates the cost or tariff charged from the charging. The method used in making this final project is data collection, testing and data analysis. Solar panels as a source of supply absorb sunlight and convert it into electrical energy. Then the buck-boost converter regulates the voltage that will enter the battery to match the required charging voltage. The test was carried out using a 12 Volt 7 Ah battery, so the required voltage was at least 13 Volts to be able to carry out the charging process. The length of charging time depends on the current generated, the greater the current flowing, the faster the charging process will be. The current sensor and voltage sensor INA219 are used to read the current and voltage that enter during the battery charging process and are controlled by Arduino Mega 2560. When the battery is full the current will be cut off automatically using a relay. This tool is also equipped with inputs in the form of start, stop and reset buttons so that the charging process can be more efficient. The calculation of the cost or tariff for charging an electric car follows the regulation of the Minister of Energy and Mineral Resources (ESDM), which is Rp. 1,650 per kWh. The cost calculation in the electric car charging process is displayed on the display using an 20x4 LCD.

Keywords : Solar Panel, Battery charging, Electric car.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji dan syukur bagi Allah SWT atas rahmatnya dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir ini. Adapun tujuan disusunnya Laporan Proyek Akhir ini adalah sebagai syarat dan kewajiban mahasiswa untuk menyelesaikan kurikulum program pendidikan Diploma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Penulis mencoba untuk menerapkan ilmu pengetahuan yang telah dipelajari selama 3 tahun mengecap pendidikan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung pada pembuatan alat dan Laporan Proyek Akhir ini.

Tersusunnya Laporan Proyek Akhir ini tentu bukan karena buah kerja penyusun semata, melainkan juga atas bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penyusun ucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang membantu terselesaikannya Proyek Akhir ini, diantaranya :

1. Allah SWT yang telah menciptakan dan memberikan kehidupan didunia.
2. Orang tua serta keluarga besar yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, semangat dan dukungan baik moril maupun materil.
3. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dan pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan pengarahan selama pembuatan alat serta laporan Proyek Akhir ini hingga selesai.
4. Bapak Zanu Saputra, M.Tr.T. selaku pembimbing II yang telah memberikan saran dan solusi dari masalah-masalah yang dihadapi selama proses perencanaan dan pembuatan alat, serta penyusunan laporan.
5. Bapak M. Iqbal Nugraha, M.Eng. selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro dan Informatika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Ocsirendi, M.T. selaku Kepala Program Studi Diploma III Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

7. Seluruh dosen dan staf pengajar di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah memberikan banyak ilmu yang sangat bermanfaat.
8. Rekan-rekan mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung terkhusus angkatan 26 yang telah banyak membantu selama proses pembuatan Proyek Akhir ini.
9. Pihak-pihak lain yang telah memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan Proyek Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas kebaikan dan mencurahkan hidayah serta taufik-Nya kepada kita semua aamiin. Penulis juga menyadari bahwa Laporan Proyek Akhir ini masih jauh dari sempurna dikarenakan penulis adalah manusia biasa yang tidak luput dari kesalahan. Oleh karena itu, sangat diharapkan segala petunjuk, kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar dapat menunjang pengembangan dan perbaikan penulisan selanjutnya. Penyusun berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk kita semua. Terima kasih.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Sungailiat, 3 Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACTS</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Proyek Akhir	2
BAB II DASAR TEORI	3
2.1. Panel Surya.....	3
2.2. <i>Buck-Boost Converter</i>	4
2.3. Baterai	5
2.3.1. Metode Pengisian Lambat	5
2.3.2. Metode Pengisian Cepat	6
2.3.3. Tarif Pengisian Baterai	6
2.4. Arduino Mega02560.....	7

2.5. Sensor Tegangan	7
2.6. Sensor Arus INA219	8
BAB III METODE PELAKSANAAN	9
3.1. <i>Flowchart</i> Tahapan Pelaksanaan	9
3.2. Blok Diagram	10
3.3. Komponen yang digunakan.....	11
3.3.1. Panel Surya	11
3.3.2. Arduino Mega 2560	12
3.3.3. <i>Buck-Boost Converter</i> XLSEMI 6019	13
3.3.4. Sensor Tegangan.....	13
3.3.5. Sensor Arus INA219.....	14
3.3.6. Baterai.....	14
3.3.7. LCD	15
3.3.8. Relay	15
3.3.9. <i>Tactile Switch Push Button</i>	16
3.4. Pembuatan Dudukan Komponen.....	17
BAB IV PEMBAHASAN.....	18
4.1. Pengujian <i>Buck-Boost Converter</i>	18
4.2. Pengujian Sensor Tegangan	20
4.3. Pengujian Sensor Arus INA219	23
4.4. Pengujian Panel Surya	27
4.5. Pengujian Alat Keseluruhan.....	31
4.6. Pengujian Pengosongan Baterai	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1. Kesimpulan.....	38

5.2. Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Spesifikasi panel surya.....	11
Tabel 3.2 Spesifikasi Arduino Mega 2560[8].....	12
Tabel 3.3 Spesifikasi XLSEMI 6019[9].	13
Tabel 4.1 Data hasil pengujian sensor tegangan.....	20
Tabel 4.2 Persentase <i>error</i> sensor tegangan 1.....	21
Tabel 4.3 Persentase <i>error</i> sensor tegangan 2.....	22
Tabel 4.4 Data hasil pengujian sensor arus INA219.....	24
Tabel 4.5 Data hasil pengujian panel surya.	28
Tabel 4.6 Data hasil pengisian baterai dengan tambahan beban 25 Ohm.....	31
Tabel 4.7 Data hasil pengisian baterai dengan tambahan beban 50 Ohm.....	33
Tabel 4.8 Data hasil pengisian baterai dengan tambahan beban 75 Ohm.....	34
Tabel 4.9 Data hasil pengosongan baterai.....	36

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Panel surya [4].....	3
Gambar 2.2 Rangkaian <i>Buck-Boost Converter</i> sakelar tertutup [4].....	4
Gambar 2.3 Rangkaian <i>Buck-Boost Converter</i> saat sakelar terbuka [4].....	4
Gambar 2.4 Arduino Mega 2560 [8].....	7
Gambar 2.5 Sensor Tegangan [9].....	7
Gambar 2.6 Rangkaian pembagi tegangan [4].....	8
Gambar 2.7 Sensor arus INA219 [4].....	8
Gambar 2.8 Konfigurasi pin INA219 [9].....	8
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> tahapan pelaksanaan.	9
Gambar 3.2 Blok diagram.	10
Gambar 3.3 Panel surya yang digunakan.	11
Gambar 3.4 Arduino Mega 2560 yang digunakan.	12
Gambar 3.5 <i>Buck-boost converter</i> yang digunakan.	13
Gambar 3.6 Sensor tegangan yang digunakan.	13
Gambar 3.7 Sensor arus INA219 yang digunakan.	14
Gambar 3.8 Baterai yang digunakan.	14
Gambar 3.9 LCD 4x20 yang digunakan.	15
Gambar 3.10 Relay yang digunakan.	15
Gambar 3.11 <i>Tactile switch push button</i> yang digunakan.	16
Gambar 3.12 Dudukan komponen.	17
Gambar 4.1 Blok diagram pengujian <i>buck-boost converter</i>	18
Gambar 4.2 Rangkaian pengujian <i>buck-boost converter</i>	19
Gambar 4.3 Grafik <i>output buck-boost converter</i> terhadap <i>duty cycle</i>	19
Gambar 4.4 Blok diagram pengujian sensor tegangan.....	20
Gambar 4.5 Blok diagram pengujian sensor arus INA219	23
Gambar 4.6 Rangkaian pengujian sensor arus.	24
Gambar 4.7 Grafik tegangan dari sensor arus INA219 terhadap <i>duty cycle</i>	25
Gambar 4.8 Grafik arus dari sensor arus INA219 terhadap <i>duty cycle</i>	25

Gambar 4.9 Grafik daya dari sensor arus INA219 terhadap <i>duty cycle</i>	25
Gambar 4.10 Dokumentasi pengukuran tegangan panel surya.	27
Gambar 4.11 Dokumentasi pengukuran arus panel surya.....	27
Gambar 4.12 Grafik pengujian tegangan panel surya.....	29
Gambar 4.13 Grafik pengujian arus panel surya.....	29
Gambar 4.14 Grafik pengujian daya panel surya.....	30
Gambar 4.15 Blok diagram pengujian dengan beban resistor.	31
Gambar 4.16 Tampilan LCD pengisian baterai dengan tambahan beban 25Ω	32
Gambar 4.17 Tampilan LCD pengisian baterai dengan tambahan beban 50Ω	33
Gambar 4.18 Tampilan LCD pengisian baterai dengan tambahan beban 75Ω	34
Gambar 4.19 Grafik arus pengisian baterai dengan beban resistor berbeda.....	35
Gambar 4.20 Blok diagram rangkaian pengosongan baterai.	36
Gambar 4.21 Grafik pengosongan baterai.	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 : *List* Program Arduino IDE



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Listrik sudah bisa dikatakan sebagai kebutuhan primer untuk manusia karena dalam gaya hidup kita sudah biasanya menggunakannya. Ada banyak sekali sumber energi yang bisa menghasilkan listrik, salah satunya adalah dari matahari[1]. Energi matahari termasuk *renewabel energy* yang mana akan terus ada selama matahari masih bersinar. Penggunaan energi matahari dapat didukung dengan sebuah alat yang disebut panel surya. Energi matahari akan diserap dan kemudian dikonversikan menjadi energi listrik oleh panel surya [2]. Namun pemanfaatan panel surya memiliki kekurangan yaitu sangat bergantung dengan intensitas cahaya matahari. Intensitas cahaya matahari ini selalu berubah-ubah yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor cuaca, seperti hujan, mendung, ketika matahari tertutup awan, ataupun disaat malam hari yang sama sekali tidak terdapat cahaya matahari.

Saat ini penggunaan panel surya terus berkembang, terutama dalam upaya penyediaan listrik sebagai pengganti energi fosil untuk bahan bakar kendaraan bermotor yang terus menerus akan habis dan tidak ramah lingkungan. Banyak macam kendaraan listrik yang sekarang sudah mulai berevolusi, diantaranya mobil dengan tenaga surya dan mobil *hybrid* [3]. Kendaraan-kendaraan listrik ini tentunya memerlukan baterai untuk menyimpan energi. Namun baterai memiliki batas penyimpanan yang suatu saat akan habis, jadi ketika energi pada baterai habis maka perlu dilakukan proses *charging* atau pengisian ulang. Pengisian ulang baterai ini tidak harus dilakukan dirumah, namun bisa juga dilakukan dijalan-jalan atau ditempat umum ketika sedang dalam perjalanan. Maka jika ingin melakukan pengisian baterai di tempat umum, akan dikenakan tarif atau berbayar sesuai dengan berapa banyak energi yang akan diisi pada baterai.

Dari permasalahan yang telah disebutkan diatas, maka pada proyek akhir ini penulis mengusulkan judul yaitu “Stasiun Pengisian Mobil Listrik Berbasis Panel Surya”. Dimana dalam proyek akhir ini akan dirancang sebuah alat

pengisian ulang baterai mobil listrik dengan sumber tenaga matahari menggunakan panel surya dan juga akan dirancang sistem perhitungan biaya untuk proses pengisian ulang baterai mobil listrik tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah yang didapat dari latar belakang diatas adalah:

1. Bagaimana cara membuat alat pengisian baterai mobil listrik dengan sumber energi matahari menggunakan panel surya?
2. Bagaimana cara membuat sistem proses perhitungan biaya pada pengisian baterai mobil listrik tersebut?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari proyek akhir ini adalah :

1. Proses pengisian baterai mobil listrik ini hanya bersumber dari panel surya.
2. Hanya dapat menghasilkan arus listrik searah atau DC (*Direct Current*).

1.4. Tujuan Proyek Akhir

Tujuan yang ingin dicapai dari proyek akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui proses pembuatan alat pengisian baterai mobil listrik dengan sumber energi matahari menggunakan panel surya.
2. Untuk mengetahui sistem proses perhitungan biaya pada pengisian baterai mobil listrik.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Panel Surya

Listrik dapat dihasilkan dari suatu alat yang disebut panel surya dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumbernya. Proses ini terjadi karena adanya dua kontak elektroda yang terhubung ke sistem padat atau cairan ketika mendapatkan energi cahaya dari matahari. Jenis listrik yang dihasilkan dari panel surya adalah listrik dengan arus searah atau DC (*Direct Current*). Satu modul panel surya biasanya tersusun atas 28 hingga 36 sel surya. Satu sel surya hanya mampu memberikan tegangan sebesar 0,5V hingga 1V dan skala arus *circuit* nya dalam satuan *miliampere* per cm^2 . Besaran daya yang dihasilkan dalam satu sel surya tersebut tidak akan cukup untuk menyuplai berbagai aplikasi. Oleh karena itu, biasanya sel-sel surya ini disusun seri membentuk modul panel surya agar dapat menghasilkan daya lebih besar.

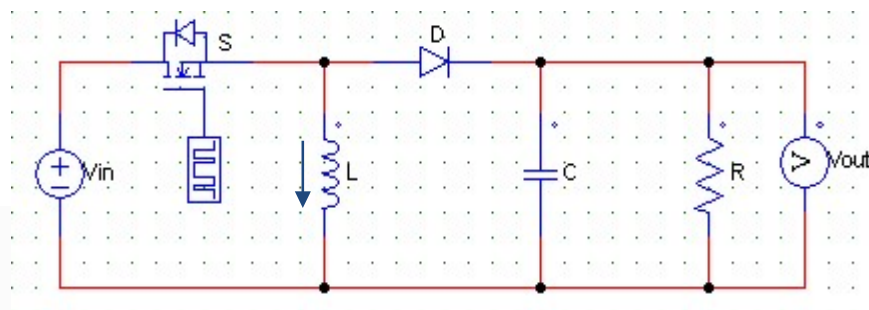


Gambar 2.1 Panel surya [4].

Satu modul panel surya dapat menghasilkan tegangan 14V sampai dengan 18V dalam kondisi mendapatkan cahaya matahari standar. Modul panel surya dapat digabungkan secara seri maupun paralel, apabila tegangan yang dibutuhkan lebih besar maka penggunaan modul surya dapat menggunakan gabungan seri sedangkan untuk mendapatkan arus yang lebih besar sesuai dengan kebutuhan maka dapat digabungkan dengan secara paralel [5].

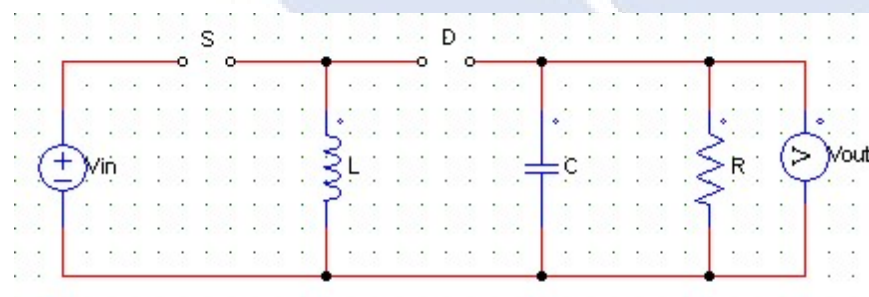
2.2. Buck-Boost Converter

DC to DC Converter merupakan komponen yang mensuplai arus searah atau DC dengan mengubah tegangan DC masukan menjadi tegangan DC keluaran besar atau kecil [1]. Ada tiga jenis DC to DC Converter yakni buck converter (penurun), boost converter (penaik) dan buck-boost sebagai penaik ataupun penurun tegangan. Pada jenis buck-boost converter, rangkaian konverter DC-DC dapat menghasilkan tegangan output yang lebih kecil (*buck*) atau lebih besar (*boost*) dari sumber yang diterima sesuai kebutuhan [4].



Gambar 2.2 Rangkaian *Buck-Boost Converter* sakelar tertutup [4].

Pada Gambar 2.2 Ketika saklar dalam kondisi tertutup, arus masuk menuju induktor dan energi tersebut akan naik. Sedangkan pada saklar dalam kondisi terbuka seperti pada Gambar 2.3 energi yang ada pada induktor tersebut akan turun dan masuk menuju beban.



Gambar 2.3 Rangkaian *Buck-Boost Converter* saat sakelar terbuka [4].

2.3. Baterai

Baterai merupakan komponen elektronika yang menghasilkan energi listrik searah atau DC dengan cara perubahan energi kimia. Baterai juga dapat digunakan sebagai media penyimpanan energi untuk kemudian dipakai pada saat dibutuhkan. Ketika baterai digunakan, reaksi kimia terjadi, membentuk endapan pada anoda (reduksi) dan katoda (oksidasi). Akibatnya, tidak ada beda potensial antara anoda dan katoda dalam waktu tertentu, yang berarti baterai kosong. Untuk dapat menggunakannya kembali, perlu dilakukan pengisian ulang layaknya ponsel. Pada kendaraan bermotor, baterai adalah komponen yang sangat penting. Kapasitas baterai kendaraan ini juga sangat beragam tegangan dan arusnya. Namun yang paling sering digunakan untuk kendaraan bermotor adalah baterai dengan kapasitas tegangan 12V.

Pengisian pada sebuah baterai terjadi apabila baterai mendapatkan suplai listrik yang lebih besar dari kapasitas baterai. Misalnya pada baterai 12V, maka tegangan pengisian >12Volt dan harus ada arus yang mengalir. Ini merujuk pada pengertian listrik dinamis yaitu listrik akan mengalir dari titik potensial yang tinggi ke titik potensial yang lebih rendah.

Lama waktu pengisian baterai dapat diperoleh dari Persamaan 2.1 sebagai berikut[6].

$$\text{Waktu pengisian} = \left| \frac{\text{Arus aki}}{\text{Arus pengisian}} \right| + 20\% \left| \frac{\text{Arus aki}}{\text{Arus pengisian}} \right| \dots\dots\dots(2.1)$$

Metode pengisian baterai terbagi dua, yaitu metode lambat dan metode cepat.

2.3.1. Metode Pengisian Lambat

Pada metode pengisian lambat arus yang dibutuhkan yaitu sebesar 10% dari kapasitas baterai. Misalnya kapasitas baterai 7 A, maka arus pengisian baterai adalah 0,7 A sesuai perhitungan dibawah ini.

$$\text{Waktu pengisian} = \left| \frac{7 \text{ A}}{0.7 \text{ A}} \right| + 20\% \left| \frac{7 \text{ A}}{0.7 \text{ A}} \right| = 12 \text{ jam}$$

Lama waktu pengisian baterai dengan metode pengisian lambat membutuhkan waktu selama 12 jam hingga baterai dapat terisi penuh.

2.3.2. Metode Pengisian Cepat

Pada metode pengisian lambat arus yang dibutuhkan yaitu sebesar 40% dari kapasitas baterai. Misalnya kapasitas baterai 7 A, maka arus pengisian baterai adalah 2,8 A sesuai perhitungan dibawah ini.

$$\text{Waktu pengisian} = \left| \frac{7 \text{ A}}{2,8 \text{ A}} \right| + 20\% \left| \frac{7 \text{ A}}{2,8 \text{ A}} \right| = 3 \text{ jam}$$

Maka lama waktu pengisian baterai dengan metode pengisian cepat membutuhkan waktu selama 3 jam hingga baterai terisi penuh.

2.3.3. Tarif Pengisian Baterai

Pada Peraturan Menteri ESDM (Energi dan Sumber Daya Mineral) No 13 Tahun 2020 disebutkan bahwa tarif pengisian kendaraan listrik yang diberikan untuk SPKLU (Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum) yakni sebesar Rp1.644,52 x N, dimana N tidak boleh lebih dari 1,5 [7]. Sehingga pada proyek akhir ini untuk harga atau tarif pengisian baterai mobil listrik mengikuti peraturan Menteri ESDM (Energi Sumber Daya Mineral) tersebut dan mengambil pada *range* terkecil yaitu sebesar Rp1.650/kWh.

Adapun rumus yang digunakan dalam menentukan energi dan harga pengisian sebagai berikut.

$$W = P \times t \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\text{Biaya} = \text{Energi} \times \text{Tarif pengisian per kWh} \dots \dots \dots (2.3)$$

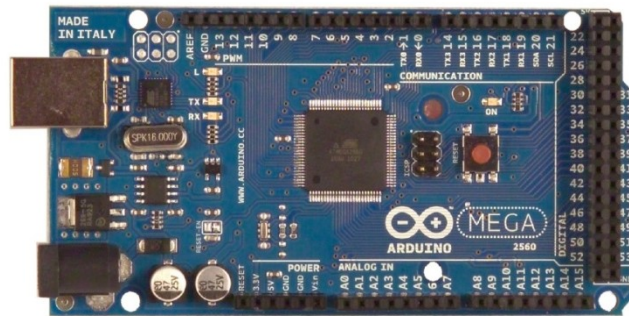
Keterangan :

W = Energi (kWh)

P = Daya (Watt)

t = Waktu (s)

2.4. Arduino Mega 2560



Gambar 2.4 Arduino Mega 2560 [8]

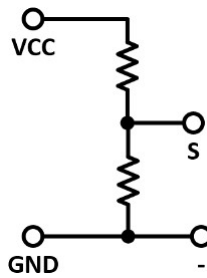
Arduino Mega 2560 adalah modul berupa *board* atau mikrokontroler. Pada Arduino ini terdapat 5 pin *input/output digital*, 15 pin *output PWM*, 16 sebagai *input analog*, pin untuk UART (*hardware serial port*), *clock speed* 16 MHz, USB untuk mentransfer program dari arduino ke laptop, sambungan kabel jack, pin *header ICSP*, dan ada tombol reset [9]. Untuk menggunakan komponen Arduino Mega 2560, yaitu menghubungkan *board* USB atau kabel *power* ke komputer atau PC yang digunakan untuk mengolah data, maka koneksi yang terhubung ke sumber *input* dapat berupa adaptor yang mengubah AC-DC atau baterai sebagai daya untuk dapat mengaktifkan arduino.

2.5. Sensor Tegangan



Gambar 2.5 Sensor Tegangan [9].

Sensor tegangan adalah salah satu dari pembagi tegangan modular. Proyek terakhir ini menggunakan sensor tegangan DC dengan rentang tegangan 0-25V.. Instalasi sensor tegangan dihubungkan secara paralel dengan jaringan listrik yang ingin diukur [9].



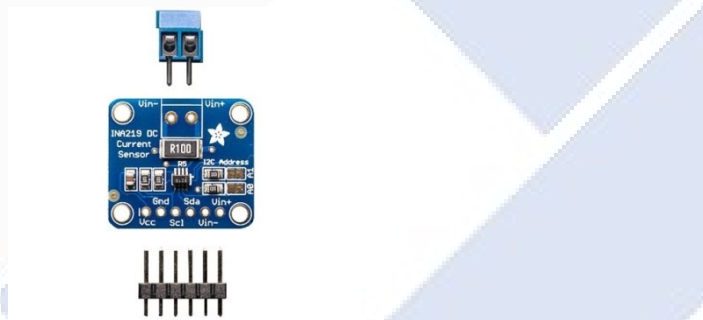
Gambar 2.6 Rangkaian pembagi tegangan [4].

Terdapat 3 pin pada modul sensor tegangan yaitu, pin S merupakan pin *output* yang terhubung ke ADC Arduino, kemudian pin (+) terhubung ke pin Arduino 5V dan (-) terhubung ke *ground* Arduino.

Berikut adalah rumus persamaan pembagi tegangan (*voltage divider*)[6].

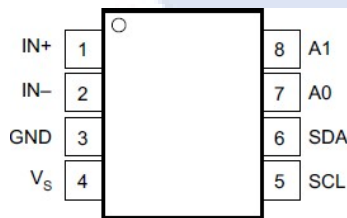
$$V_{out} = V_{in} \left| \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right| \dots\dots\dots (2.4)$$

2.6. Sensor Arus INA219



Gambar 2.7 Sensor arus INA219 [4].

Sensor arus INA219 merupakan modul sensor arus yang difungsikan untuk *me-monitoring* nilai tegangan serta nilai arus pada sebuah rangkaian listrik [4].



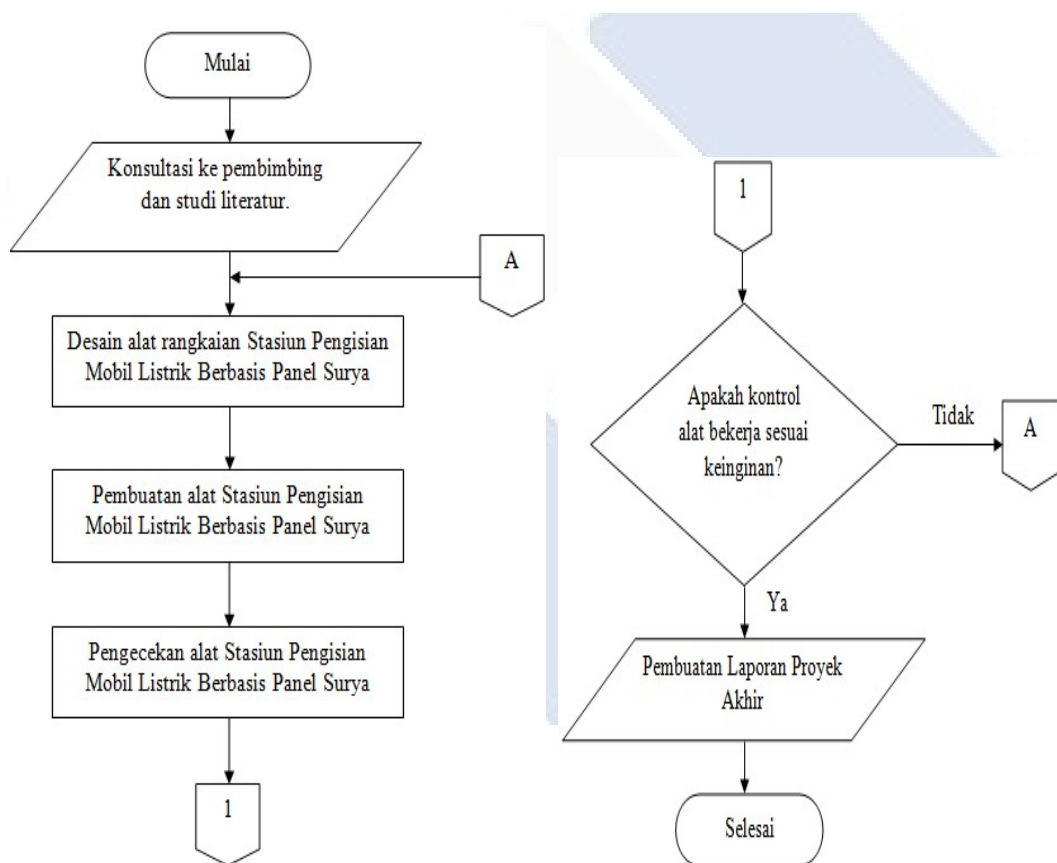
Gambar 2.8 Konfigurasi pin INA219 [9].

Pada Gambar 2.8 diatas, pin IN+ dan IN- adalah pin *input* tegangan *shunt*, pin positif terhubung ke beban, pin negatif terhubung ke *ground*. Pin SCL dan SDA adalah singkatan dari *Serial Clock Line* dan *Serial Data Line*. Pin A0 dan A1 adalah pin pembacaan alamat dari pin *input* analog [9].

BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1. *Flowchart* Tahapan Pelaksanaan

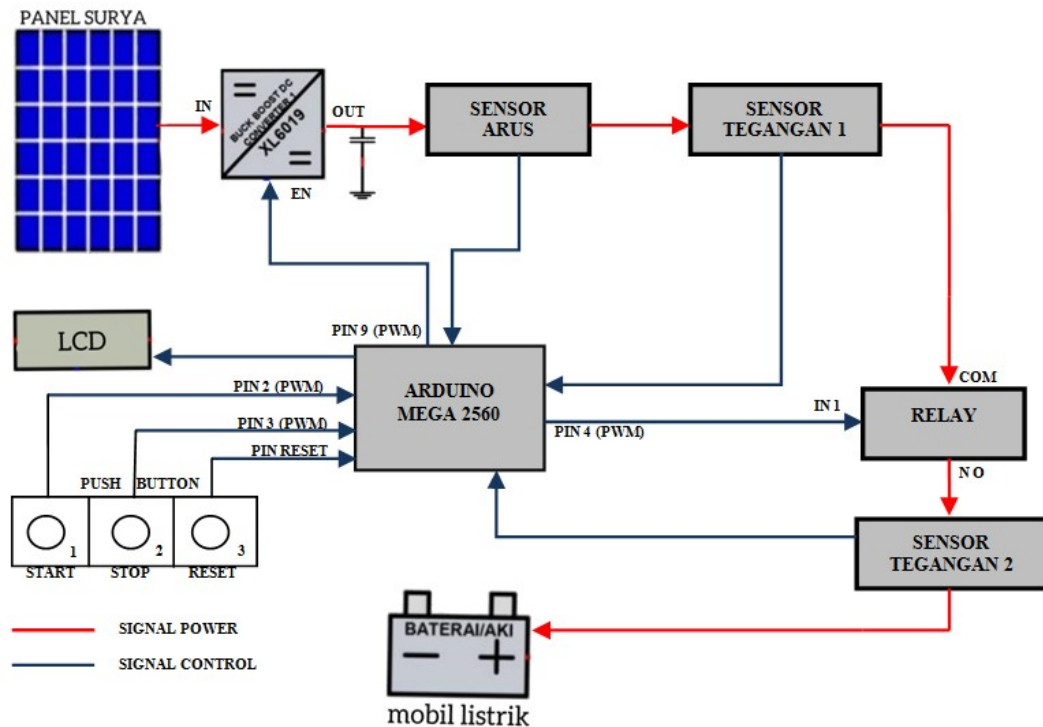
Pada Gambar 3.1 dibawah menunjukkan proses tahapan pelaksanaan dari awal hingga akhir pengerjaan proyek akhir yang berjudul “Stasiun Pengisian Mobil Listrik Berbasis Pnale Surya”. Dimulai dari konsultasi dengan dosen pembimbing dan studi literatur hingga pembuatan laporan proyek akhir.



Gambar 3.1 *Flowchart* tahapan pelaksanaan.

3.2. Blok Diagram

Adapun blok diagram yang digunakan pada proyek akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Blok diagram.

Berikut penjelasan dari blok diagram diatas yaitu :

1. Panel surya menyerap cahaya matahari kemudian merubahnya menjadi energi listrik.
2. *Buck-boost converter* sebagai pengatur tegangan yang diinginkan dan dihubungkan ke pin *PWM* pada arduino.
3. Arduino Mega 2560 berfungsi sebagai kontroller utama.
4. Sensor tegangan dan sensor arus berfungsi untuk *me-monitoring* agar dapat diketahui berapakah tegangan *output* dan arus *output* dari *buck-boost converter* dan tegangan pada baterai pada saat proses pengisian.
5. Relay sebagai *switch* untuk memutus arus apabila baterai telah penuh.
6. LCD sebagai media untuk menampilkan arus, waktu, energi dan harga pada proses pengisian baterai.
7. Tombol *start*, *stop* dan *reset* untuk memudahkan proses pengisian baterai.

3.3. Komponen yang digunakan

Berdasarkan pada blok diagram yang akan digunakan dalam pembuatan proyek akhir “Stasiun Pengisian Mobil Listrik Berbasis Panel Surya” ini. Berikut komponen yang akan digunakan serta penjelasan dan spesifikasinya.

3.3.1. Panel Surya



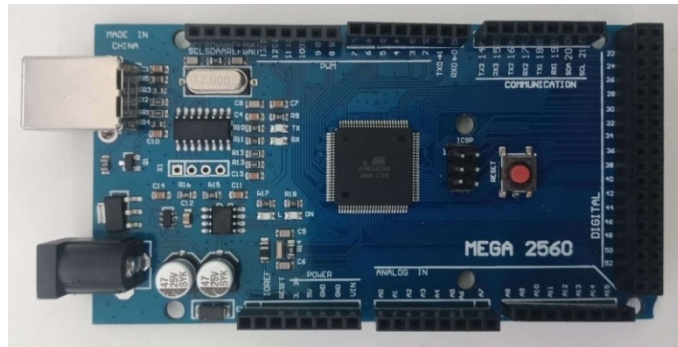
Gambar 3.3 Panel surya yang digunakan.

Panel surya yang digunakan pada tugas akhir ini merupakan panel surya *monocrystalline* 100 Wp. Maksud dari 100Wp adalah seberapa kuat matahari pada waktu tertentu, daya maksimum yang dapat dihasilkan dari panel surya ini adalah 100 Watt. Berikut spesifikasi panel surya ini ditunjukkan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Spesifikasi panel surya.

No	Deskripsi	Spesifikasi
1.	<i>Maximum Power (Pmax)</i>	100 W
2.	<i>Maximum Power Current (Imp)</i>	5.62 A
3.	<i>Maximum Power Voltage (Vmp)</i>	17.8 V
4.	<i>Open Circuit Voltage (Voc)</i>	21.8 V
5.	<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	6.05 A

3.3.2. Arduino Mega 2560



Gambar 3.4 Arduino Mega 2560 yang digunakan.

Pada proyek akhir ini menggunakan arduino mega 2560, sebagai kontroler utama ataupun otak dari alat ini. Semua komponen kontrol harus terhubung pada arduino mega 2560 agar dapat dijalankan sesuai keinginan. Adapun spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.2 Spesifikasi Arduino Mega 2560[8].

No	Deskripsi	Spesifikasi
1	Chip mikrontroller	ATmega2560
2	Tegangan operasi	5 V
3	Tegangan input (yang direkomendasikan)	7 V – 12 V
4	Digital I/O pin	54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM output
5	Analog input pin	16 buah
6	Arus DC per pin I/O	20 mA
7	Arus DC pin 3.3V	50 mA
8	Memori flash	256 KB, 8 KB telah digunakan bootloader
9	SRAM	8 KB
10	EEPROM	4 KB
11	Clock speed	16 MHz
12	Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
13	Berat	37 g

3.3.3. Buck-Boost Converter XLSEMI 6019



Gambar 3.5 Buck-boost converter yang digunakan.

Gambar 3.5 di atas merupakan konverter DC-DC tipe *buck-boost* XLSEMI 6019 yang digunakan pada proyek akhir ini. *Buck-boost* ini digunakan sebagai pengatur tegangan *output* yang dihasilkan oleh panel surya. Dengan demikian tegangan *output* dapat diatur pada *buck-boost* untuk menginginkan tegangan yang lebih tinggi ataupun tegangan yang lebih rendah dari tegangan *input*. Terdapat pin *enable* pada *buck-boost converter* yang dihubungkan ke pin 9 PWM Arduino sehingga dapat dikontrol. Berikut spesifikasi XLSEMI 6019 yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3.3 Spesifikasi XLSEMI 6019[9].

No.	Pin	Keterangan
1.	Tegangan <i>Input</i>	5 sampai 40 V
2.	Tegangan Referensi	1.25 V
3.	<i>Frekuensi Switching</i>	180 KHz
4.	Arus Maksimum	5 A

3.3.4. Sensor Tegangan

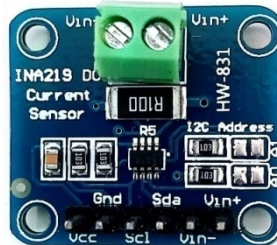


Gambar 3.6 Sensor tegangan yang digunakan.

Spesifikasi dari sensor tegangan tipe ini hanya bisa mengukur tegangan DC 0 sampai 25 Volt. Pada proyek akhir ini menggunakan dua buah sensor tegangan. Pada sensor tegangan 1 difungsikan untuk membaca nilai tegangan dari *output* panel surya dan pin keluaran sensor tegangan 1 ini dihubungkan dengan

pin A1 arduino. Kemudian sensor tegangan 2 untuk me-monitoring tegangan baterai dan pin keluaran sensor tegangan 2 ini terhubung pada pin A2 arduino.

3.3.5. Sensor Arus INA219

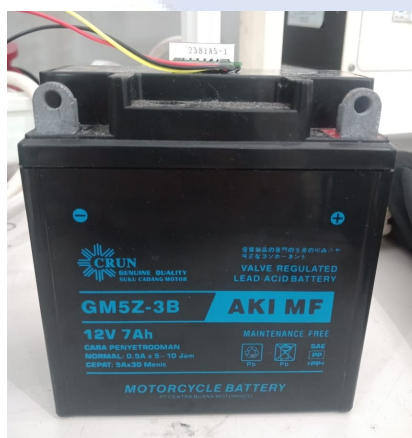


Gambar 3.7 Sensor arus INA219 yang digunakan.

. Sensor arus yang digunakan dalam pembuatan proyek akhir ini adalah INA219. Sensor arus jenis INA219 merupakan sebuah modul sensor yang digunakan untuk membaca nilai sebuah tegangan serta arus pada sebuah rangkaian listrik. Pada modul sensor ini dilengkapi oleh *interface* I2C dan arus maksimal yang dapat diukur yakni $\pm 3,2$ A dengan resolusi berkisar 0,8 mA pada data internal 12 bit ADC[9].

3.3.6. Baterai

Pada proyek akhir ini baterai digunakan sebagai media uji coba alat untuk melakukan pengisian ulang baterai mobil listrik. Baterai yang digunakan adalah *Valve Regulated Lead Acid Battery* (VRLA) GM5Z-3B dengan kapasitas 12V 7Ah. Fisik dari baterai dapat dilihat pada Gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.8 Baterai yang digunakan.

3.3.7. LCD



Gambar 3.9 LCD 4x20 yang digunakan.

Liquid Crystal Display disingkat LCD adalah komponen media yang dapat menampilkan data berupa huruf, angka dan juga karakter. Pada proyek akhir ini menggunakan LCD 4x20 yang sudah dilengkapi *interface* I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*). Yang mana I2C ini akan sangat memudahkan karena hanya menggunakan 4 pin saja untuk disambungkan pada arduino, yaitu pin GND, VCC, SDA dan SCL. Pada LCD 4x20 ini akan menampilkan proses perhitungan biaya pengisian baterai.

3.3.8. Relay

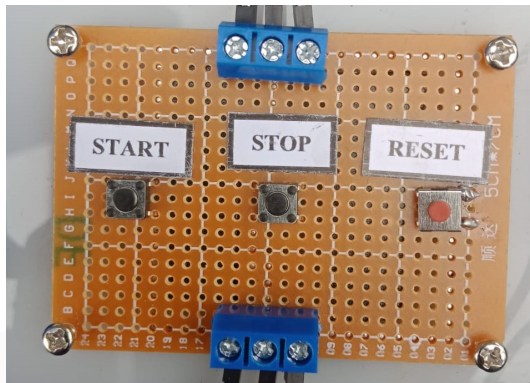
Relay merupakan komponen listrik yang pada umumnya terdiri atas dua bagian yakni *switch* dan *coil*. *Coil* merupakan perangkat *electromagnet* dan *switch* atau sakelar adalah perangkat mekanikal. Fungsinya yaitu untuk mengendalikan aliran listrik. Pada proyek akhir ini relay digunakan untuk memutus arus pengisian baterai mobil listrik secara otomatis apabila tegangan pada baterai telah penuh. Berikut relay yang digunakan pada proyek akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.10 dibawah ini.



Gambar 3.10 Relay yang digunakan.

3.3.9. *Tactile Switch Push Button*

Tactile switch push button adalah komponen sakelar sederhana yang berfungsi untuk membantu menghubungkan dan memutuskan aliran listrik secara manual atau dengan cara ditekan. Pada proyek akhir ini digunakan tiga buah tombol agar proses pengisian dapat lebih efisien yang dapat dilihat pada Gambar 3.11 sebagai berikut.



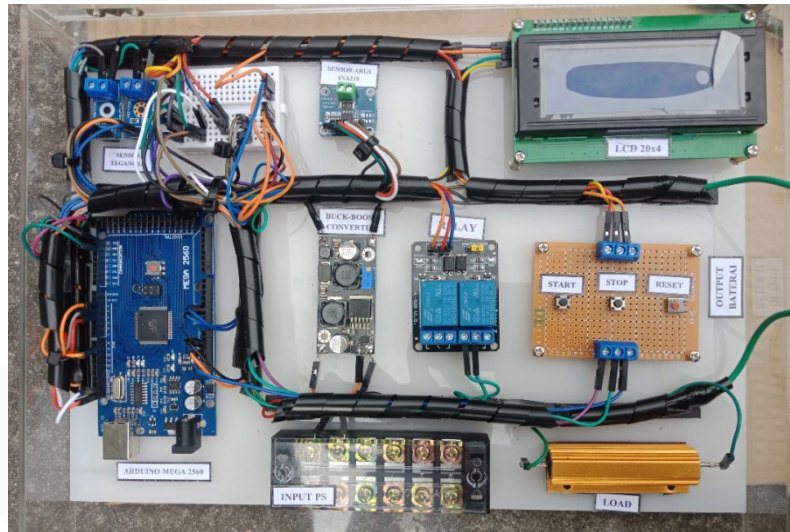
Gambar 3.11 *Tactile switch push button* yang digunakan.

Adapun penjelasan dari ketiga tombol diatas adalah :

1. Tombol start, digunakan untuk perintah mulai apabila akan dilakukan proses pengisian pada baterai mobil listrik.
2. Tombol stop, digunakan apabila pada saat proses pengisian akan dilakukan pemberhentian. Jika ingin melanjutkan pengisian dapat menekan kembali tombol start.
3. Tombol reset, digunakan untuk mereset atau mengulang kembali proses pengisian dari awal apabila proses pengisian sebelumnya telah selesai.

3.4. Pembuatan Dudukan Komponen

Pembuatan dudukan komponen ini bertujuan untuk memudahkan dalam membawa alat terutama pada saat pengambilan data uji coba. Semua komponen disusun pada satu lembar papan akrilik berwarna putih susu dengan ukuran A4 atau sekitar 21 cm x 30 cm dan tebal 2mm.



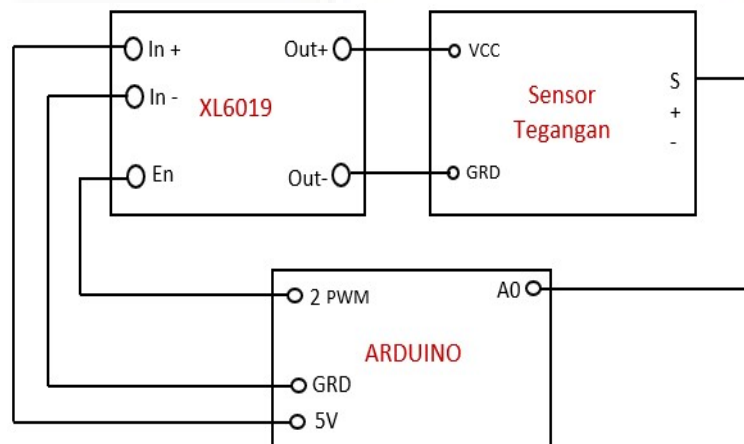
Gambar 3.12 Dudukan komponen.

Kemudian papan akrilik yang sudah disusun dengan komponen tersebut dimasukkan dalam sebuah *box* akrilik berukuran 30cm x 25cm berwarna bening dengan ketebalan 3mm. Box ini dipesan *custom* seperti bentuk koper yang dilengkapi engsel dan pengunci. Kabel-kabel yang berantakan disatukan menggunakan spiral elastis berwarna hitam agar lebih terlihat rapih.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Pengujian *Buck-Boost Converter*

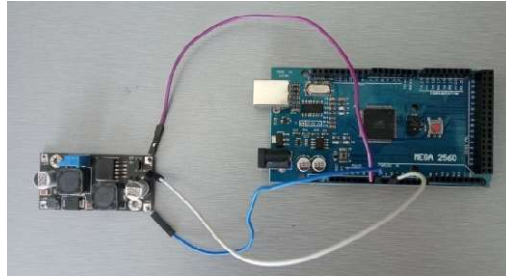
Pada proyek akhir ini menggunakan *DC to DC Converter* tipe *Buck-Boost* XLSEMI 6019. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui cara kerja serta tingkat keakuratan dari komponen sebelum digunakan. Langkah awal yang dilakukan dalam pengujian ini yaitu menentukan *output* tegangan dari *buck-boost converter* yaitu 25V, karena menyesuaikan dengan tegangan pada arduino yaitu 5V dan tidak lebih dari 5 kali lipat agar tidak merusak arduino tersebut. Serta menyesuaikan dengan tegangan maksimal yang dapat dibaca oleh sensor tegangan yaitu 25V. Setelah itu skru pada komponen *buck-boost converter* di putar manual menggunakan obeng untuk mendapatkan tegangan maksimum *output* 25V tadi, lalu diukur dengan multimeter. Berikut blok diagram pengujian *buck-boost converter* dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Blok diagram pengujian *buck-boost converter*.

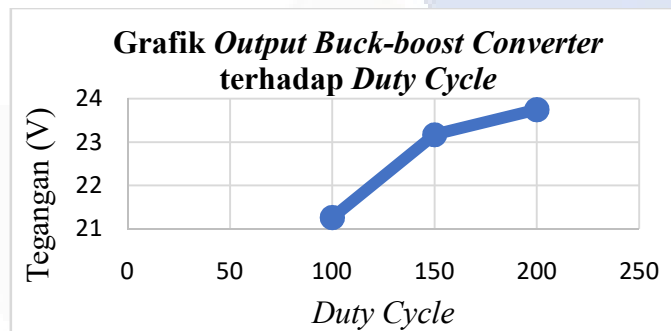
Pengujian ini menggunakan sumber tegangan *input* dari arduino. Kemudian pin *enable buck-boost converter* dihubungkan ke pin 2 PWM pada Arduino Mega 2560 untuk memberikan *trigger* PWM. Pin *enable* ini berfungsi untuk menghidupkan serta mematikan *buck-boost converter*. Pada pengujian ini dilakukan dengan memberikan 3 nilai *duty cycle* yang berbeda yaitu 100, 150, dan 200.

Berikut ini gambar pemasangan rangkaian dari pengujian *buck-boost converter* yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Rangkaian pengujian *buck-boost converter*.

Berikut grafik hasil pengujian *buck-boost converter* dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Grafik *output buck-boost converter* terhadap *duty cycle*.

Dapat dilihat dari grafik hasil pengujian *buck-boost converter* tersebut, bahwa *output* yang dihasilkan *buck-boost converter* telah sesuai dan benar. Dimana nilai *duty cycle* 0-255 membaca nilai tegangan *output* pada *buck-boost converter* yaitu 0-25V. Ketika diberikan nilai *duty cycle* 100, 150 dan 200 maka hasil dari *output buck-boost converter* yaitu sebesar 21,2V, 22,8V dan 23,5V.

Adapun *list* program pada pengujian ini adalah sebagai berikut.

```

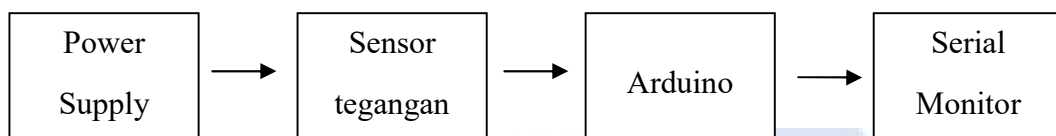
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop(){
  int sensorValue = analogRead(A0);
  float voltage= sensorValue* (5.0 /1023.0);
  Serial.println(voltage);
}

```

} Penerimaan data melalui *port* serial dengan kecepatan 9600 bit per detik (9600 bps).
 } Membaca nilai input pada sensor tegangan dengan menggunakan rumus. Kemudian ditampilkan nilai tegangan input yang terbaca.

4.2. Pengujian Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan pada proyek akhir ini hanya dapat mengukur tegangan DC dan kapasitas maksimalnya pembacaannya yaitu sebesar 25V. Pengujian sensor ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara pengukuran yang dibaca oleh sensor dengan nilai yang didapat pada pengukuran multimeter. Berikut blok diagram pengujian sensor tegangan dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Blok diagram pengujian sensor tegangan.

Pada pengujian sensor tegangan ini menggunakan *power supply* sebagai sumber, kemudian sensor membaca nilai tegangan sesuai dengan yang diberikan dari *power supply*. Pada sensor tegangan terdapat pin keluaran yang dihubungkan ke pin analog arduino dan hasil pembacaan pengujian sensor tegangan ini ditampilkan pada serial monitor pada aplikasi Arduino. Hasil pengujian sensor tegangan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian sensor tegangan.

<i>Power Supply</i> (V)	Sensor 1 (V)	Sensor 2 (V)
3	3,11	3,13
8	8,21	8,23
11	11,22	11,27
14	14,31	14,28
17	17,39	17,37
20	20,43	20,36
22	22,47	22,44
24	24,38	24,48

Dari hasil data pengujian sensor diatas, terlihat bahwa ada perbedaan antara tegangan sumber yang diberikan *power supply* dengan nilai yang terbaca oleh sensor. Maka perlu dilakukan perhitungan nilai error dari sensor yang digunakan, adapun perhitungan mendapatkan persentase error sebagai berikut.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{\text{pengukuran sensor} - \text{pengukuran multimeter}}{\text{pengukuran sensor}} \right| \times 100\%$$

Berikut data hasil persentase *error* pada sensor tegangan 1 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Persentase *error* sensor tegangan 1.

<i>Power Supply (V)</i>	Multimeter (V)	Sensor 1 (V)	<i>Error (%)</i>
3	3,08	3,11	0,96
8	8,05	8,21	1,95
11	11,06	11,22	1,43
14	14,07	14,31	1,68
17	17,05	17,39	1,96
20	20,09	20,43	1,66
22	22,17	22,47	1,34
24	24,17	24,38	2,82

Berikut perhitungan persentase error dari Tabel 4.2 diatas.

1. Perhitungan error pada tegangan 3 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{3,11 - 3,08}{3,11} \right| \times 100\% = 0,96\%$$

2. Perhitungan error pada tegangan 8 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{8,21 - 8,05}{8,21} \right| \times 100\% = 1,95\%$$

3. Perhitungan error pada tegangan 11 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{11,06 - 11,22}{11,06} \right| \times 100\% = 1,43\%$$

4. Perhitungan error pada tegangan 14 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{14,31 - 14,07}{14,31} \right| \times 100\% = 1,68\%$$

5. Perhitungan error pada tegangan 17 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{17,39 - 17,05}{17,39} \right| \times 100\% = 1,96\%$$

6. Perhitungan error pada tegangan 20 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{20,43 - 20,09}{20,43} \right| \times 100\% = 1,66\%$$

7. Perhitungan error pada tegangan 22 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{22,47 - 22,17}{22,47} \right| \times 100\% = 1,34\%$$

8. Perhitungan error pada tegangan 24 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{24,48 - 25,17}{24,48} \right| \times 100\% = 2,82\%$$

Berdasarkan hasil data pada Tabel 4.2 diatas, uji coba dilakukan dengan mengambil data sebanyak 8 *sample*. Dari hasil data tersebut didapatkan bahwa rata-rata persentase *error* dari sensor tegangan 1 yaitu sebesar 1,72%. Sedangkan untuk perbandingan hasil data persentase *error* pada sensor tegangan 2 dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Persentase error sensor tegangan 2

<i>Power Supply (V)</i>	Multimeter (V)	Sensor 2 (V)	<i>Error (%)</i>
3	3,08	3,13	1,60
8	8,05	8,23	2,19
11	11,06	11,27	1,86
14	14,07	14,28	1,47
17	17,05	17,37	1,84
20	20,09	20,36	1,33
22	22,17	22,44	1,20
24	24,17	24,48	3,67

Berikut perhitungan persentase error dari Tabel 4.3 diatas.

1. Perhitungan error pada tegangan 3 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{3,13 - 3,08}{3,13} \right| \times 100\% = 1,60\%$$

2. Perhitungan error pada tegangan 8 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{8,23 - 8,05}{8,23} \right| \times 100\% = 2,19\%$$

3. Perhitungan error pada tegangan 11 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{11,27 - 11,06}{11,27} \right| \times 100\% = 1,86\%$$

4. Perhitungan error pada tegangan 14 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{14,28 - 14,07}{14,28} \right| \times 100\% = 1,47\%$$

5. Perhitungan error pada tegangan 17 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{17,37 - 17,05}{17,37} \right| \times 100\% = 1,84\%$$

6. Perhitungan error pada tegangan 20 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{20,36 - 20,09}{20,36} \right| \times 100\% = 1,33\%$$

7. Perhitungan error pada tegangan 22 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{22,44 - 22,17}{22,44} \right| \times 100\% = 1,20\%$$

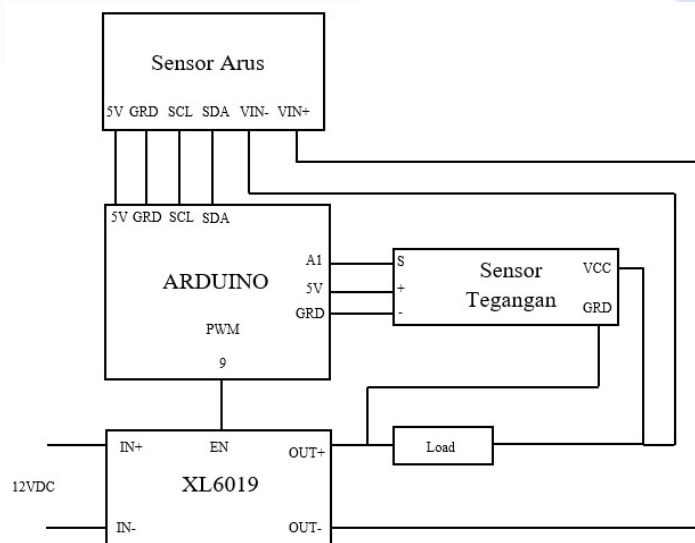
8. Perhitungan error pada tegangan 24 Volt.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{24,48 - 24,17}{24,48} \right| \times 100\% = 3,67\%$$

Berdasarkan hasil data pada Tabel 4.3 diatas, uji coba dilakukan dengan mengambil data sebanyak 8 *sample*. Dari hasil data tersebut didapatkan bahwa rata-rata persentase *error* dari sensor tegangan 1 yaitu sebesar 2,16%. Semakin kecil nilai persentase error, maka semakin akurat pembacaan sensor tersebut.

4.3. Pengujian Sensor Arus INA219

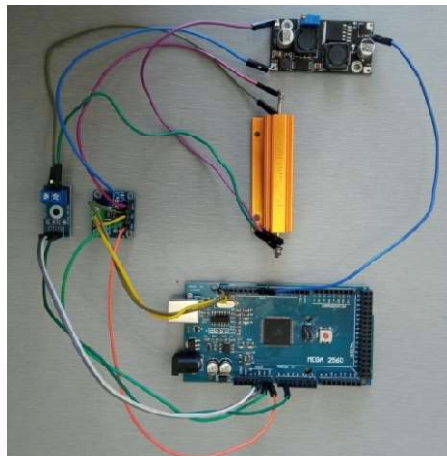
Pada proyek akhir ini sensor arus yang digunakan adalah sensor arus INA219 yang berfungsi untuk mengukur arus *output* dari *buck-boost converter*. Dalam pengujian ini menggunakan beban resistor sebesar 1000R agar dapat menghitung nilai arus yang mengalir. Berikut blok diagram pengujian arus INA219 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.5 Blok diagram pengujian sensor arus INA219

Pada pengujian sensor arus dilakukan dengan cara menghubungkan sensor arus INA219 secara seri ke *buck-boost converter* untuk mengukur resistor dengan menggunakan program arduino. Kemudian terdapat pin I2C yaitu pin SCL dan pin SDA pada sensor arus untuk pin serial komunikasi dihubungkan dengan pin SCL dan pin SDA yang terdapat pada arduino. Pada pemrograman

sensor arus agar dapat terbaca arus keluarannya perlu menggunakan *library* tersendiri yaitu *Adafruit_INA219* yang dapat diinstal langsung pada aplikasi arduino IDE. Pin 5V dan *ground* pada arduino dihubungkan dengan pin 5V dan *ground* pada sensor arus INA219. Untuk pin PWM yang digunakan yaitu pin PWM 9 pada arduino. Berikut gambar pemasangan rangkaian dari pengujian sensor tegangan dapat dilihat pada Gambar 4.6 dibawah ini.



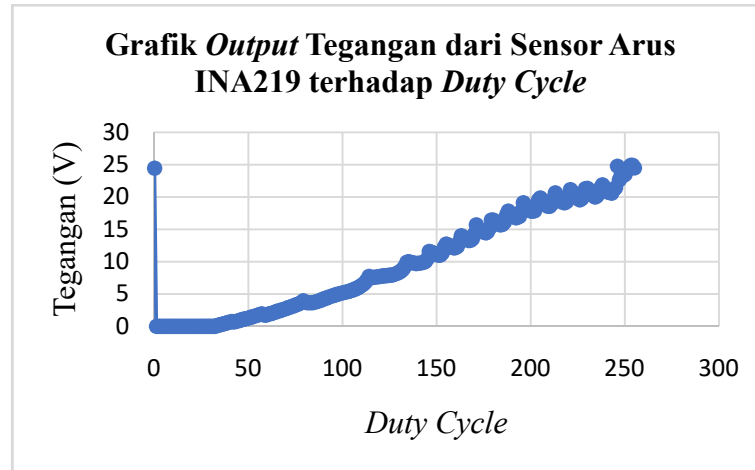
Gambar 4.6 Rangkaian pengujian sensor arus.

Berikut tabel data hasil pengujian dari sensor arus INA219 berupa tegangan *output*, arus *output*, serta daya *output* dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini.

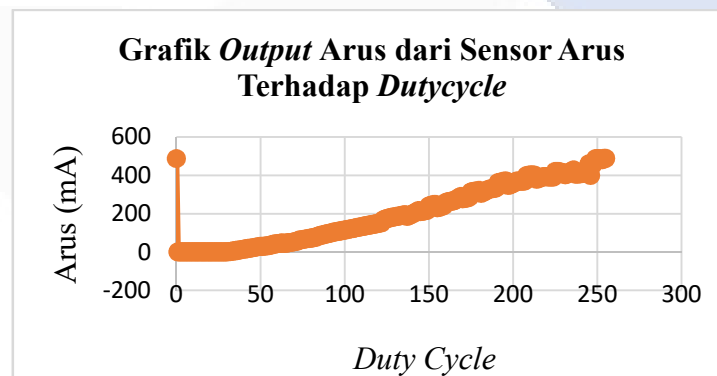
Tabel 4.4 Data hasil pengujian sensor arus INA219.

<i>Duty Cycle</i>	V (Volt)	I (mA)	P (mW)
10	0	-0,6	0
30	0	0	0
50	1,32	28,9	32
80	3,79	71,3	276
100	5,18	113,3	576
120	7,72	148,7	1088
150	11,07	238,3	2432
180	16,45	319,8	4974
200	17,82	357,2	6956
230	21,33	412,8	8362
250	23,51	486,4	11450
255	24,51	487	12114

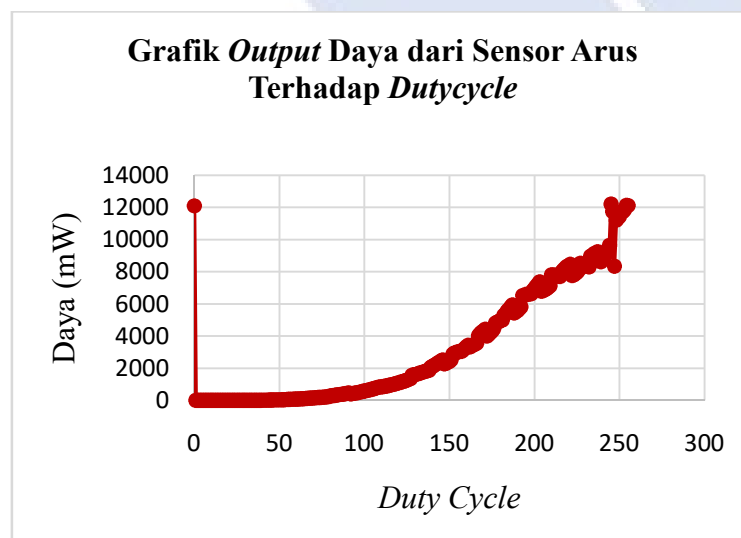
Berikut merupakan grafik dari hasil pengujian sensor arus INA219 yaitu tegangan, arus dan juga daya yang dapat dilihat pada Gambar 4.7 sampai 4.9.



Gambar 4.7 Grafik tegangan dari sensor arus INA219 terhadap *duty cycle*.



Gambar 4.8 Grafik arus dari sensor arus INA219 terhadap *duty cycle*.



Gambar 4.9 Grafik daya dari sensor arus INA219 terhadap *duty cycle*.

Dapat dilihat dari grafik pengujian sensor arus INA219 diatas bahwa untuk nilai tegangan dan arus berpengaruh dari bertambahnya *duty cycle*. Semakin besar *duty cycle* yang diberikan maka semakin besar pula nilai tegangan dan arus yang dihasilkan. Begitu pula dengan daya yang dihasilkan yang mana daya ini merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus.

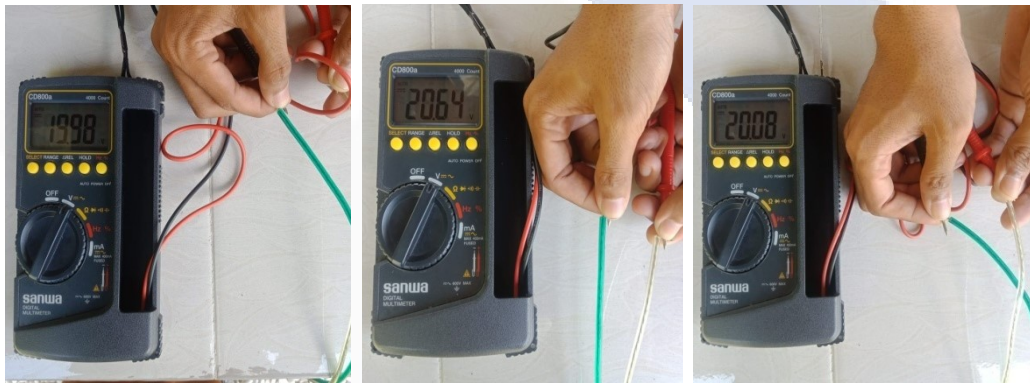
Adapun *list* program yang digunakan dalam pengujian sensor arus ini sebagai berikut.

```
void loop() {
  for (int dutyCycle = 0; dutyCycle <=255; dutyCycle += 1) } Looping nilai
  { current_mA = ina219.getCurrent_mA(); } Rumus membaca
  shuntvoltage = ina219.getShuntVoltage_mV(); } arus sensor arus
  busvoltage = ina219.getBusVoltage_V(); } dan tegangan.
  power_mW = ina219.getPower_mW();
  loadvoltage = busvoltage + (shuntvoltage / 1000); } Rumus membaca
  voltage1=analogRead(13); } arus sensor arus
  float voltage = voltage1 * (25.0 / 1023.0); } dan tegangan.
  analogWrite (pinPwm, dutyCycle);
  Serial.print (dutyCycle);
  Serial.print ("\t");
  Serial.print ("\t");
  Serial.print (voltage);
  Serial.print ("\t");
  Serial.print (current_mA);
  Serial.print ("\t");
  delay (500);
  } } Menampilkan nilai
  } } duty cycle, arus,
  } } dan tegangan
  } } dengan delay 0,5 s
```


4.4. Pengujian Panel Surya

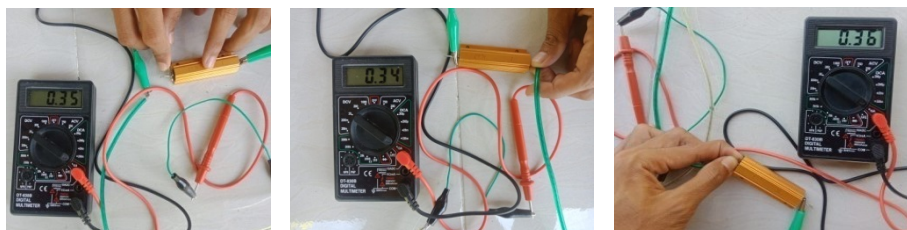
Pada pengujian ini dilakukan agar dapat melihat berapa nilai tegangan, arus dan daya yang dapat dihasilkan dari sebuah panel surya 100wp. Pada pengukuran arus, ditambahkan beban resistor 50 Ohm. Pengukuran dilakukan manual dengan cara menghubungkan multimeter pada panel surya. Untuk pengukuran daya didapatkan dari hasil perkalian tegangan dan arus. Pengujian dilakukan di Polmanbabel selama 4 jam 30 menit yaitu dari pukul 08.30 sampai 13.00 pada kondisi cuaca yang relatif berawan.

Berikut dokumentasi pengukuran tegangan pada panel surya dapat dilihat pada Gambar 4.10 dibawah ini.



Gambar 4.10 Dokumentasi pengukuran tegangan panel surya.

Pada pengujian tegangan dilakukan dengan cara menghubungkan multimeter secara paralel terhadap panel surya dan kemudian langsung didapatkan nilai tegangan yang terlihat pada multimeter. Sedangkan untuk mendapatkan nilai arus pada panel surya, perlu ditambahkan beban yang dihubungkan secara seri dengan multimeter dan panel surya. Pada pengujian arus menggunakan tambahan beban berupa resistor 50 Ohm 100 Watt. Berikut dokumentasi pengukuran arus pada panel surya dapat kita lihat pada Gambar 4.11 dibawah ini.



Gambar 4.11 Dokumentasi pengukuran arus panel surya.

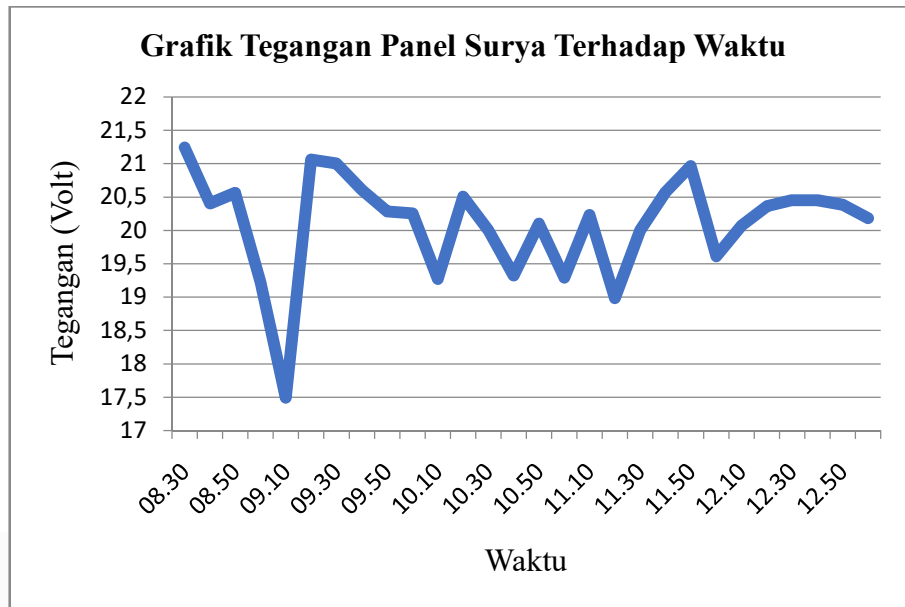
Berikut tabel hasil pengujian tegangan, arus dan daya panel surya dapat dilihat pada Tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Data hasil pengujian panel surya.

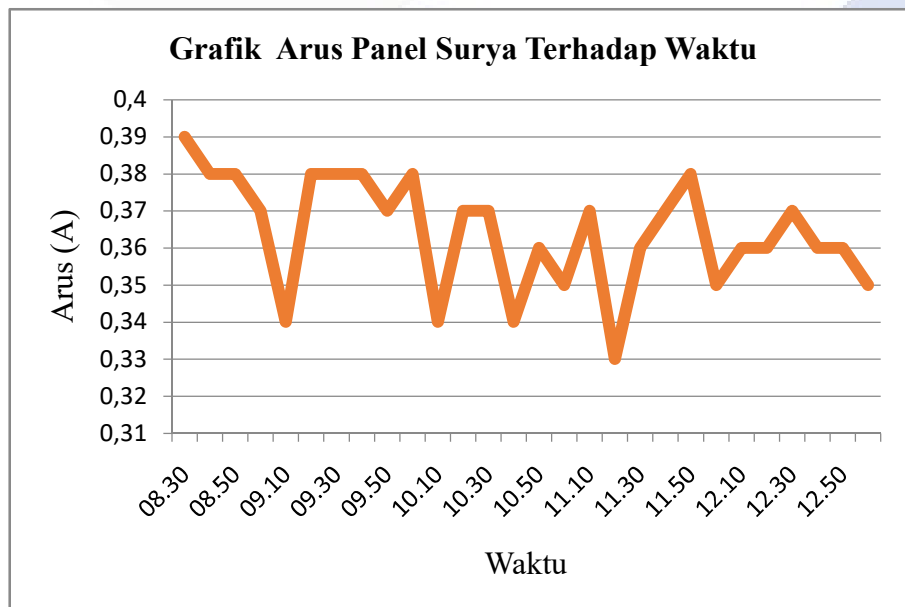
No	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	08.30	21,24	0,39	8,2836
2	08.40	20,40	0,38	7,7520
3	08.50	20,56	0,38	7,8128
4	09.00	19,22	0,37	7,1114
5	09.10	17,49	0,34	5,9466
6	09.20	21,06	0,38	8,0028
7	09.30	21	0,38	7,9800
8	09.40	20,64	0,36	7,4304
9	09.50	20,28	0,37	7,5036
10	10.00	20,25	0,38	7,6950
11	10.10	19,27	0,34	6,5518
12	10.20	20,5	0,37	7,5850
13	10.30	19,98	0,35	6,993
14	10.40	19,32	0,34	6,5688
15	10.50	20,1	0,36	7,2360
16	11.00	19,29	0,35	6,7515
17	11.10	20,23	0,37	7,4851
18	11.20	18,98	0,33	6,2634
19	11.30	20	0,36	7,2000
20	11.40	20,57	0,37	7,6109
21	11.50	20,96	0,38	7,9648
22	12.00	19,61	0,35	6,8635
23	12.10	20,08	0,34	6,8272
24	12.20	20,36	0,36	7,3296
25	12.30	20,45	0,37	7,5665
26	12.40	20,45	0,36	7,3620
27	12.50	20,38	0,36	7,3368
28	13.00	20,18	0,35	7,0630

Berdasarkan dari tabel uji coba panel surya diatas, pengujian diambil selama 10 menit sekali sehingga didapatkan hasil *sample* sebanyak 28 kali. Data tegangan, arus dan daya tertinggi yang didapat yaitu pada pukul 09.30 masing-masing 21,24V, 0,39A dan 8,28W.

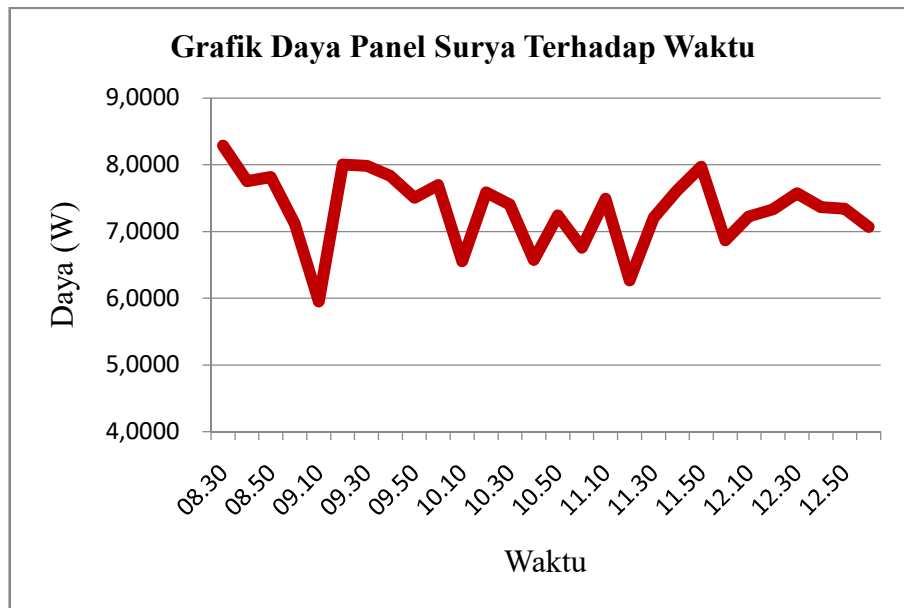
Berikut merupakan grafik dari hasil pengujian tegangan, arus dan daya panel surya yang dapat dilihat pada Gambar 4.12 sampai 4.14.



Gambar 4.12 Grafik pengujian tegangan panel surya.



Gambar 4.13 Grafik pengujian arus panel surya.

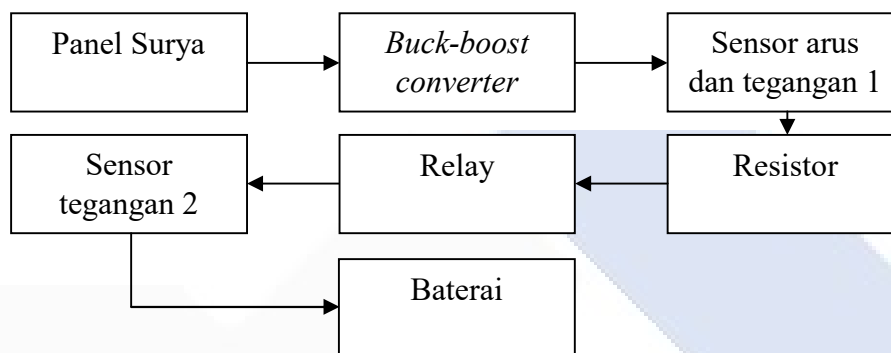


Gambar 4.14 Grafik pengujian daya panel surya.

Berdasarkan hasil grafik pengujian tegangan, arus dan daya dari panel surya tersebut, dapat terlihat bahwa perbedaan nilai pada setiap waktu dari masing-masing pengujian tidak terlalu signifikan. Kesimpulan dari pengujian panel surya selama 4 jam 30 menit adalah tegangan rata-rata yang dihasilkan 20,1V, arus rata-rata 0,36A dan daya rata-rata 7,3W. Nilai tegangan dan arus yang didapat sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari yang didapat pada saat pengambilan data.

4.5. Pengujian Alat Keseluruhan

Pada pengujian alat keseluruhan ini langsung menggunakan sumber panel surya dan mengambil 3 *sample*, yaitu dengan penambahan beban resistor 25 Ohm, 50 Ohm, dan 75 Ohm pada rangkaian. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa arus yang keluar ketika menggunakan tambahan beban yang berbeda. Berikut pada Gambar 4.15 merupakan blok diagram pengujian pengecasan baterai dengan beban resistor.



Gambar 4.15 Blok diagram pengujian dengan beban resistor.

Berikut Tabel 4.6 dibawah ini adalah data hasil uji coba pengisian baterai dengan tambahan beban resistor 25 Ohm.

Tabel 4.6 Data hasil pengisian baterai dengan tambahan beban 25 Ohm.

Arus (A)	Waktu	Energi (kWh)	Harga (Rp)
0	0:00:00	0	Rp0,00
0,25	0:02:00	0,00104	Rp1,72
0,27	0:04:00	0,00409	Rp6,77
0,24	0:06:00	0,00908	Rp14,98
0,27	0:08:00	0,01607	Rp26,51
0,27	0:10:00	0,02508	Rp41,38
0,24	0:12:00	0,03607	Rp59,52
0,27	0:14:00	0,04903	Rp80,90
0,27	0:16:00	0,06386	Rp105,36
0,26	0:18:00	0,08077	Rp133,27
0,27	0:20:00	0,09949	Rp164,15
0,24	0:22:00	0,12019	Rp198,32
0,26	0:24:00	0,14258	Rp235,36
0,24	0:26:00	0,16683	Rp275,27
0,24	0:28:00	0,19325	Rp318,87
0,27	0:30:04	0,22230	Rp366,79

Berdasarkan hasil data Tabel 4.6 diatas, uji coba pengisian baterai dilakukan selama kurang lebih 30 menit namun data yang dicantumkan pada tabel hanya data per 2 menit saja. Rata-rata arus yang masuk pada proses pengisian tersebut yaitu 0,25A. Semakin lama waktu pengisian maka energi yang dihasilkan dari proses pengisian juga semakin bertambah. Harga yang harus dibayar pun semakin meningkat sesuai dengan banyaknya energi yang masuk.

Berikut tampilan LCD dari hasil pengisian baterai dengan beban resistor 25 Ohm dapat dilihat pada Gambar 4.16 dibawah ini.



Gambar 4.16 Tampilan LCD pengisian baterai dengan tambahan beban 25 Ω

Berdasarkan Gambar 4.16 diatas, bahwa arus yang tertera merupakan arus *real time* pada saat itu, waktu adalah lama waktu pengisian, energi adalah total keseluruhan energi yang masuk ke baterai mulai dari awal pengisian hingga akhir dan harga adalah harga total yang harus dibayar dari proses pengisian. Dari tampilan LCD diatas bahwa arus yang mengalir pada saat itu sebesar 0,26A dan waktu pengisian sudah berjalan selama 30 menit 04 detik. Total energi yang sudah masuk sebanyak 0,22230 kWh dan total harga yang harus dibayar adalah Rp366,79.

Adapun perhitungan harga yang tertera pada LCD pada Gambar 4.16 tersebut ditentukan dengan Persamaan (2.3) yaitu :

$$\text{Biaya} = \text{Energi} \times \text{Tarif Pengisian per kWh}$$

$$\text{Biaya} = 0,22230 \text{ kWh} \times \text{Rp}1.650,00$$

$$= \text{Rp}366,79$$

Berikut Tabel 4.7 dibawah ini adalah data hasil uji coba pengisian baterai dengan tambahan beban resistor 50 Ohm.

Tabel 4.7 Data hasil pengisian baterai dengan tambahan beban 50 Ohm.

Arus (A)	Waktu	Energi (kWh)	Harga (Rp)
0	0:00:00	0	Rp0,00
0,18	0:02:00	0,00078	Rp1,29
0,17	0:04:00	0,00309	Rp5,10
0,18	0:06:00	0,00694	Rp11,45
0,18	0:08:00	0,01224	Rp20,20
0,17	0:10:00	0,01911	Rp31,54
0,19	0:12:00	0,02748	Rp45,35
0,17	0:14:00	0,03735	Rp61,63
0,17	0:16:00	0,04873	Rp80,40
0,18	0:18:00	0,06142	Rp101,34
0,18	0:20:00	0,07549	Rp124,56
0,17	0:22:00	0,09121	Rp150,50
0,18	0:24:00	0,10835	Rp178,78
0,17	0:26:00	0,1271	Rp209,72
0,17	0:28:00	0,14695	Rp242,46
0,18	0:31:11	0,18149	Rp299,46

Berdasarkan hasil data Tabel 4.7 diatas, uji coba pengisian baterai dilakukan selama kurang lebih 30 menit namun data yang dicantumkan pada tabel hanya data per 2 menit saja. Rata-rata arus yang masuk pada proses pengisian tersebut yaitu 0,17A.

Berikut tampilan LCD dari hasil pengisian baterai dengan beban resistor 50 Ohm dapat dilihat pada Gambar 4.17 dibawah ini.



Gambar 4.17 Tampilan LCD pengisian baterai dengan tambahan beban 50Ω

Berdasarkan Gambar 4.17 diatas, bahwa arus yang mengalir pada saat itu sebesar 0,16A dan waktu pengisian sudah berjalan selama 31 menit 11 detik.

Total energi yang sudah masuk sebanyak 0,18149 kWh dan total harga yang harus dibayar adalah Rp299,46.

Berikut Tabel 4.8 dibawah ini adalah data hasil uji coba pengisian baterai dengan tambahan beban resistor 75 Ohm.

Tabel 4.8 Data hasil pengisian baterai dengan tambahan beban 75 Ohm.

Arus (A)	Waktu	Energi (kWh)	Harga (Rp)
0	0:00:00	0	Rp0,00
0,13	0:02:00	0,00058	Rp0,95
0,13	0:04:00	0,00229	Rp3,78
0,13	0:06:00	0,00514	Rp8,47
0,13	0:08:00	0,00912	Rp15,04
0,13	0:10:00	0,01419	Rp23,41
0,12	0:12:00	0,02043	Rp33,71
0,13	0:14:00	0,02778	Rp45,83
0,13	0:16:00	0,03626	Rp59,82
0,13	0:18:00	0,04579	Rp75,55
0,12	0:20:00	0,05624	Rp92,80
0,13	0:22:00	0,06778	Rp111,83
0,13	0:24:00	0,08023	Rp132,38
0,13	0:26:00	0,09377	Rp154,71
0,12	0:28:00	0,10848	Rp178,99
0,12	0:30:20	0,12677	Rp209,18

Berdasarkan hasil data Tabel 4.8 diatas, uji coba pengisian baterai dilakukan selama kurang lebih 30 menit namun data yang dicantumkan pada tabel hanya data per 2 menit saja. Rata-rata arus yang masuk pada proses pengisian tersebut yaitu 0,12A.

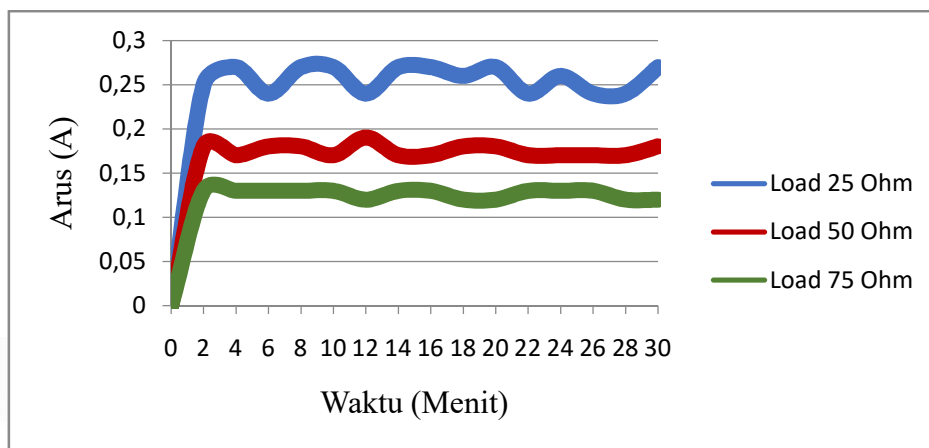
Berikut tampilan LCD dari hasil pengisian baterai dengan beban resistor 75 Ohm dapat dilihat pada Gambar 4.18 dibawah ini.



Gambar 4.18 Tampilan LCD pengisian baterai dengan tambahan beban 75Ω

Berdasarkan Gambar 4.18 diatas, bahwa arus yang mengalir pada saat itu sebesar 0,12A dan waktu pengisian sudah berjalan selama 30 menit 20 detik. Total energi yang sudah masuk sebanyak 0,12677 kWh dan total harga yang harus dibayar adalah Rp209,18.

Berikut dibawah ini merupakan grafik hasil perbandingan arus pengisian baterai dengan tambahan 3 resistor berbeda yaitu 25 Ohm, 50 Ohm dan 75 Ohm.

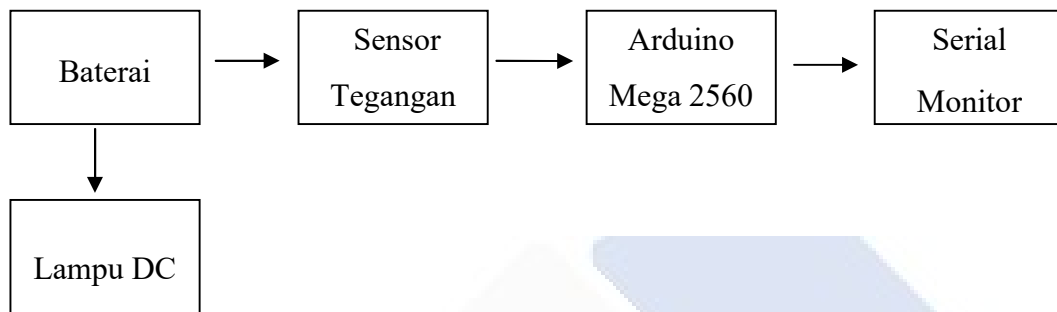


Gambar 4.19 Grafik arus pengisian baterai dengan beban resistor berbeda.

Berdasarkan grafik hasil uji coba diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai resistor yang digunakan maka semakin kecil pula arus yang masuk dan besar kecilnya arus yang mengalir sangat berpengaruh pada lama proses pengisian. Pada uji coba pengisian dilakukan selama masing-masing kurang lebih 30 menit pada setiap resistor. Hasil yang didapat pada pengujian menggunakan resistor 25 Ohm yaitu rata-rata arus pengisian yang masuk sebesar 0,25A dengan total energi yang masuk adalah sebesar 0,22230 kWh. Kemudian hasil yang didapat pada pengujian menggunakan resistor 50 Ohm yaitu rata-rata arus pengisian yang masuk sebesar 0,17A dengan total energi yang masuk adalah sebesar 0,18149 kWh. Sedangkan hasil yang didapat pada pengujian menggunakan resistor 75 Ohm yaitu rata-rata arus pengisian yang masuk sebesar 0,12A dengan total energi yang masuk adalah sebesar 0,12677 kWh.

4.6. Pengujian Pengosongan Baterai

Uji coba pengosongan baterai ini dilakukan untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan baterai untuk bisa menyuplai beban. Berikut blok diagram uji coba pengosongan baterai dapat dilihat pada Gambar 4.20 dibawah ini.



Gambar 4.20 Blok diagram rangkaian pengosongan baterai.

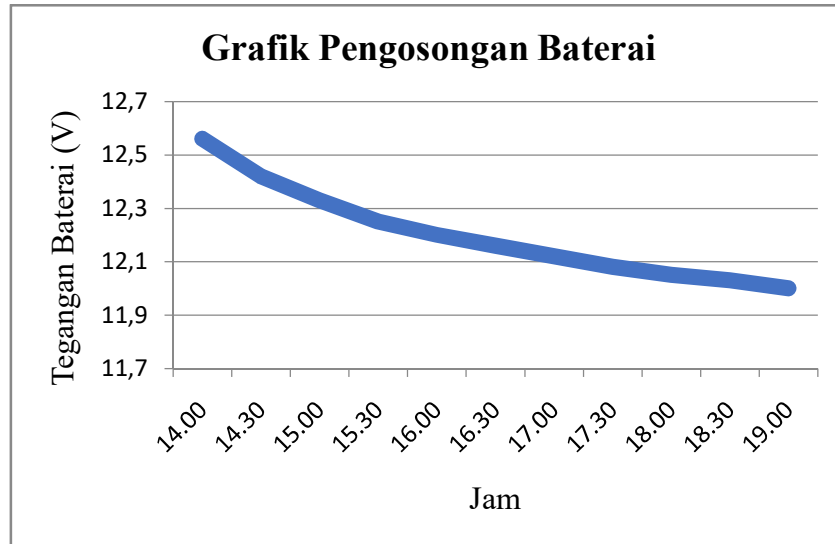
Pada pengujian ini menggunakan lampu DC 12 Volt 10 Watt sebagai media pengosongan baterai. Berikut adalah data hasil uji coba yang dapat dilihat pada Tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.9 Data hasil pengosongan baterai.

No	Jam	Tegangan Baterai (V)
1	14.00	12,56
2	14.30	12,42
3	15.00	12,33
4	15.30	12,25
5	16.00	12,20
6	16.30	12,16
7	17.00	12,12
8	17.30	12,08
9	18.00	12,05
10	18.30	12,03
11	19.00	12,00

Berdasarkan data Tabel 4.9 diatas, hasil waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan baterai dengan beban lampu DC 12V 10 Watt adalah 5 jam. Tegangan awal baterai sebelum dilakukan pengosongan adalah 12,56 V dan tegangan akhir setelah pengosongan adalah 12,00 V.

Berikut merupakan grafik hasil dari pengujian pengosongan baterai dapat dilihat pada Gambar 4.21 dibawah ini.



Gambar 4.21 Grafik pengosongan baterai.

Berdasarkan Gambar 4.21 hasil grafik pengosongan baterai diatas, dapat disimpulkan bahwa tegangan pada baterai terus menurun seiring dengan lama waktu yang menandakan bahwa baterai sedang melakukan proses pengosongan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil yang kami dapatkan selama pembuatan proyek akhir ini, beberapa hal yang bisa disimpulkan yaitu :

1. Tegangan *input* yang dibutuhkan untuk pengisian baterai harus lebih besar dari tegangan baterai. Namun tegangan *input* juga tidak boleh sampai melampaui, harus sesuai dengan spesifikasi baterai. Misalkan baterai 12 Volt, maka tegangan *input* pada saat proses pengisian sebaiknya dikisaran 13-14 Volt agar usia baterai dapat lebih awet dan tidak cepat rusak.
2. Besar dan kecilnya arus yang mengalir sangat mempengaruhi durasi waktu pengisian baterai. Jika menginginkan proses pengisian yang cepat, maka arus yang mengalir pun harus besar.
3. *Buck-boost converter* dapat mengatur tegangan pengisian baterai apabila tegangan sumber tidak sesuai dengan tegangan pengisian, namun *buck-boost converter* tidak dapat mengatur arus yang masuk.
4. Dari data hasil uji coba yang telah dilakukan bahwa panel surya 100Wp dapat menghasilkan rata-rata tegangan 20,1V, rata-rata arus 0,36A dan rata-rata daya 7,3W. Besar kecilnya daya yang dihasilkan sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari.
5. Pada uji coba pengisian baterai dengan penambahan beban resistor, didapatkan hasil bahwa semakin besar beban resistor yang diberikan maka semakin kecil arus yang mengalir. Hal ini terjadi dikarenakan adanya pembagian arus yang masuk antara baterai dan resistor.
6. Hasil dari uji coba keseluruhan alat pada pengisian baterai dilakukan selama kurang lebih masing-masing 30 menit dengan penambahan 3 beban resistor yang berbeda. Pada uji coba penambahan beban resistor 25 Ohm rata-rata arus yang mengalir sebesar 0,25A, total energi yang masuk sebanyak 0,22230 kWh dan total harga yang harus dibayar adalah Rp366,79. Kemudian pada pengisian baterai dengan penambahan beban resistor 50 Ohm, rata-rata arus

yang mengalir sebesar 0,17A, total energi yang masuk sebanyak 0,18149 kWh dan total harga yang harus dibayar adalah Rp299,46. Sedangkan pada pengisian baterai dengan penambahan beban resistor 75 Ohm, rata-rata arus yang mengalir sebesar 0,12A, total energi yang masuk sebanyak 0,12677 kWh dan total harga yang harus dibayar adalah Rp209,18.

5.2. Saran

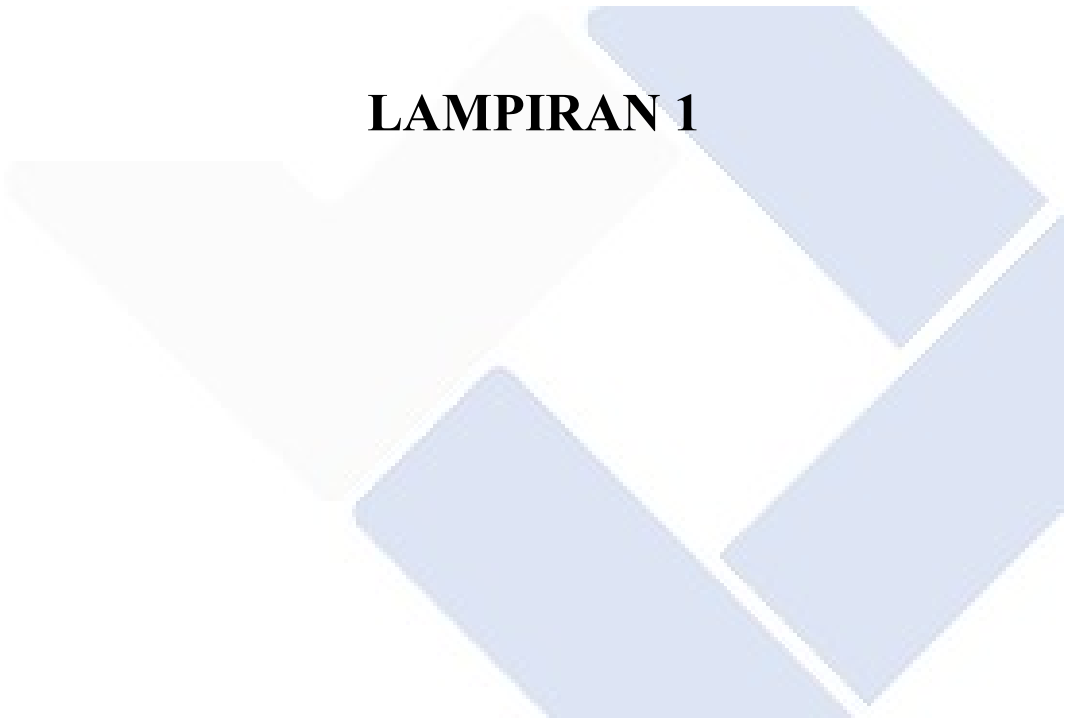
Dari hasil pengujian alat ini masih ada beberapa kekurangan, maka saran yang didapat dari hasil proyek akhir ini sebagai berikut :

1. Intensitas cahaya matahari yang tidak stabil mengakibatkan arus yang mengalir juga berubah-ubah, sedangkan faktor yang mempengaruhi dalam proses pengisian baterai adalah arus. Maka diperlukan komponen tambahan agar arus pada saat pengisian baterai dapat diatur dan stabil.
2. Baterai cadangan dengan kapasitas besar sangat dibutuhkan sebagai sumber pengganti apabila panel surya tidak dapat menghasilkan daya.
3. Diperlukan perbaikan ataupun modifikasi pada proyek akhir ini agar dapat lebih baik lagi, dikarenakan masih sering terjadi *error* maupun *trouble* yang terjadi pada saat alat digunakan yang dikarenakan beberapa faktor salah satunya komponen yang belum akurat dalam pembacaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sanspower, “Pengertian dan Cara Kerja Panel Surya, ” *sanspower.com*, 2020. <https://www.sanspower.com/pengertian-dan-cara-kerja-panel-surya.html> (accessed Feb. 15, 2022).
- [2] S.ENERGY, “Mengenal Lebih Jauh Tentang Energi Terbarukan,” *sunenergy.id*. <https://sunenergy.id/blog/energyterbarukan/> (accessed Feb. 15, 2022).
- [3] E. Prianto, S. Yatmono, and A. Asmara, “Pengembangan Solar Panel dan Inverter Sebagai Alat Untuk Charging Baterai Pada Sepeda Listrik,” *Edukasi Elektro*, vol. 1, pp. 148–156, 2017.
- [4] E. Pranita and M. Suharto, “Pengaturan Daya Antara Photovoltaic dan Baterai Dalam Smart Grid,” 2020.
- [5] Setiawan, “Pemanfaatan Solar Cell Untuk Monitoring Kondisi Aki Dengan Kontrol Komunikasi Dua Arah,” pp. 8–19, 2018.
- [6] Supriadi and I. Ardiansyah, “Kontrol Elektronika Untuk Mobil Listrik Tenaga Matahari,” 2022.
- [7] KESDM, “Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 13 Tahun 2020 Tentang Penyediaan Infrastruktur Pengisian Listrik Untuk Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai,” 2020.
- [8] Robotshop, “Arduino Mega 2560 Datasheet,” *Power*, pp. 1–7, 2015, [Online]. Available: <http://www.robotshop.com/content/PDF/ArduinoMega2560Datasheet.pdf>.
- [9] P. Andreani and S. Mahareni, “Pembagi Daya Dari Beberapa Solar Panel,” 2021.

LAMPIRAN 1



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama lengkap : Dinda Amalia Azahra
Tempat & tanggal lahir : Palembang, 2 April 2000
Alamat rumah : Jl. Cenderawasih IV Komplek
Gerasi Baru, Sungailiat
Email : azahradindaamalia@gmail.com
Jenis kelamin : Perempuan
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 116 Palembang	Lulus 2011
SMP Negeri 10 Palembang	Lulus 2014
SMK Negeri 2 Palembang	Lulus 2017
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung	2019 - Sekarang

3. Pendidikan Non-Formal

Praktik Kerja Lapangan di PT DEXA MEDICA Palembang	Tahun 2016
Praktik Kerja Lapangan di PT PLN (Persero) ULP Sungailiat	Tahun 2021

Sungailiat, 3 Agustus 2022



Dinda Amalia Azahra

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama lengkap : Panji Waskita
Tempat & tanggal lahir : Lampung, 14 Juni 1999
Alamat rumah : RT 008 Lingkungan Jelutung,
Sinar Jaya Jelutung, Sungailiat
Email : panjipanjiwaskita@gmail.com
Jenis kelamin : Laki-laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 01 Lampung	Lulus 2011
SMP Negeri 3 Sungailiat	Lulus 2014
SMK Negeri 2 Sungailiat	Lulus 2017
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung	2019 - Sekarang

3. Pendidikan Non-Formal

Praktik Kerja Lapangan di IN RADIO Pangkal Pinang	Tahun 2016
Praktik Kerja Lapangan di DINKOMINFOTIK Sungailiat	Tahun 2021

Sungailiat, 3 Agustus 2022



Panji Waskita



LAMPIRAN 2

List Program Arduino IDE

```
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
Adafruit_INA219 ina219 (0X40);
int pinPwm = 9;
float voltage;
float voltage1;
float voltage_2;
float voltage2;
// Penambahan variabel sensor tegangan
#define Input_Stegangan1 A1
// #define Input_Stegangan2 A2
// Floats for ADC voltage & Input voltage
float adc_voltage = 0.0;
float in_voltage = 0.0;
// Floats for resistor values in divider (in ohms)
float R1 = 30000.0;
float R2 = 7500.0;
// Float for Reference Voltage
float ref_voltage = 5.0;
// Integer for ADC value
int adc_value = 0;
unsigned long Proses;
unsigned long interval=1000;
unsigned long previousMillis=0;
int relay_cas = 4;
int pb_star = 2;
int pb_stop = 3;
bool status_cas = false;
```

```
unsigned long millis_lama;
unsigned long mulai_millis;
unsigned long millis_sekarang;
unsigned long millis_lanjut;
    float current_mA = 0;
    float current_A = 0;
    float power_mW = 0;
    float power_KW = 0;
    float daya_W = 0;
    float kws = 0;
    float kwh = 0;
    float t_jam = 0;
    float t_detik = 0;
    float hargarp = 0;
    float hargatotal = 0;
    float kwhtotal = 0;
    float kWhtotal = 0;
void(* reset) (void) = 0;
void setup() {
Serial.begin(9600);
pinMode (pinPwm , OUTPUT);
pinMode (pb_star,INPUT_PULLUP);
pinMode (pb_stop,INPUT_PULLUP);
pinMode (relay_cas, OUTPUT);
digitalWrite(relay_cas, HIGH);
while (!Serial) { }
Serial.print("DutyCycle");
Serial.print("\t");
Serial.print("Voltage");
Serial.print("\t");
Serial.print("Volt Battery");
Serial.print("\t");
Serial.print("Current");
```

```
Serial.print("\t");
Serial.print("\t");
Serial.print("Power");
Serial.print("\t");
Serial.print("\t");
Serial.print("millis");
Serial.print("\t");
Serial.print("Readable Time");
Serial.print("\t");
Serial.print("Charge");
Serial.print("\t");
Serial.print("Energy");
Serial.print("\t");
Serial.println("Result(Rp)");
lcd.init();
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.print ("V : ");
lcd.setCursor (9, 0);
lcd.print ("I : ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Waktu : ");
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("Energi: ");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Harga : ");
delay (0);
while (!Serial) {
delay(1);
}
uint32_t currentFrequency;
ina219.begin();
}
```

```
void loop() {
  if (digitalRead(pb_star) == 0){
    status_cas = !status_cas;
    delay(300);
    digitalWrite(relay_cas, LOW);
    mulai_millis = millis();
  }
  if (status_cas == true)
  {
    millis_lama = millis();
    millis_sekarang = (millis_lama-mulai_millis)+millis_lanjut;
    unsigned long currentMillis = millis_sekarang;
    unsigned long seconds = currentMillis / 1000;
    unsigned long minutes = seconds / 60;
    unsigned long hours = minutes / 60;
    unsigned long days = hours / 24;
    String readableTime;
    for (int dutyCycle = 153; dutyCycle <=153; dutyCycle += 1)
    {
      if (digitalRead(pb_stop) == 0){
        status_cas = !status_cas;
        delay(300);
        digitalWrite(relay_cas, HIGH);
        millis_lanjut = millis_sekarang;
        return;
      }
      if (voltage_2 >= 18){
        status_cas = !status_cas;
        delay(300);
        digitalWrite(relay_cas, HIGH);
      }
    }
    analogWrite(pinPwm, dutyCycle);
  }
}
```

```

current_mA = ina219.getCurrent_mA();
current_A = (current_mA) / 1000;
Proses = millis_sekarang/1000;
voltage = ina219.getBusVoltage_V();
// Read the Analog Input 2
adc_value = analogRead(Input_Stegangan1);
// Determine voltage at ADC input
adc_voltage = (adc_value * ref_voltage) / 1024.0;
// Calculate voltage at divider input
// in_voltage = adc_voltage / (R2/(R1+R2)) ;
voltage_2 = adc_voltage / (R2/(R1+R2)) ;
//voltage2=analogRead(A2);
//voltage_2 = voltage2 *(25.0 / 1023.0);
daya_W = voltage * current_A;
power_KW = daya_W / 1000;
kws = daya_W * Proses;
kwh = kws / 36000000;
kWhtotal = kwh + kWhtotal;
hargatotal = kWhtotal * 1650;
    t_jam = kwh/daya_W;
    t_detik = t_jam * 3600;
    currentMillis = millis_sekarang;
    seconds = currentMillis / 1000;
    minutes = seconds / 60;
    hours = minutes / 60;
    days = hours / 24;
    currentMillis %= 1000;
    seconds %= 60;
    minutes %= 60;
    hours %= 24;
    analogWrite (pinPwm, dutyCycle);
    Serial.print(dutyCycle);
    Serial.print("\t");

```

```
Serial.print("\t");
Serial.print(voltage);
Serial.print("\t");
Serial.print(voltage_2);
Serial.print("\t");
Serial.print("\t");
Serial.print(current_A);
Serial.print("\t");
Serial.print("\t");
Serial.print(daya_W);
Serial.print("\t");
Serial.print("\t");
Serial.print(Proses);
Serial.print("\t");
Serial.print(' ');
Serial.print(hours);
Serial.print(':');
if (minutes < 10)
Serial.print('0');
Serial.print(minutes);
Serial.print(':');
if (seconds < 10)
Serial.print('0');
Serial.print(seconds);
Serial.print("\t");
Serial.print("Charge");
Serial.print("\t");
Serial.print(kWhtotal, 5);
Serial.print("\t");
Serial.print("\t");
Serial.print("Rp ");
Serial.println(hargatotal);
lcd.setCursor(3,0);
```



```
    lcd.print(voltage);
    lcd.setCursor(7,0);
    lcd.print("V");
    lcd.setCursor(12,0);
    lcd.print(current_A, 3);
    lcd.setCursor(19,0);
    lcd.print("A");
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print(hours);
    lcd.print(':');
    if (minutes < 10)
    lcd.print('0');
    lcd.print(minutes);
    lcd.print(':');
    if (seconds < 10)
    lcd.print('0');
    lcd.print(seconds);
    lcd.setCursor(7,2);
    lcd.print(kWhtotal, 5);
    lcd.setCursor(15,2);
    lcd.print("kWh");
    lcd.setCursor(9,3);
    lcd.print(hargatotal);
    lcd.setCursor(7,3);
    lcd.print("Rp");
    delay (1000);
  }
}
```