

**OPTIMALISASI PENGISIAN BATERAI *LITHIUM ION* PADA MOBIL  
LISTRIK DARI PEMBANGKIT SEL SURYA DENGAN SISTEM  
*BOOST CONVERTER* VARIASI JUMLAH LILITAN DAN  
DIAMETER**

**(Skripsi)**

Oleh

**I Made Agus Rianta**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## ABSTRAK

### OPTIMALISASI PENGISIAN BATERAI *LITHIUM ION* PADA MOBIL DARI PEMBANGKIT SEL SURYA DENGAN SISTEM *BOOST CONVERTER* VARIASI JUMLAH LILITAN DAN DIAMETER

Oleh

**I Made Agus Rianta**

Pada penelitian ini, telah dilakukan perancangan sistem pengisian baterai Litihium Ion 48 volt 20 Ah dengan menggunakan alat *boost converter* variasi lilitan dan diameter kawat induktor. Boost converter terdiri dari tiga sistem yaitu rangkaian kontrol, *gate driver* dan rangkaian *boost*. Rangkaian kontrol terdiri dari arduino uno dan potensiometer, *gate driver* terdiri dari IC TC4420, resistor 1k ohm dan kapasitor polyester 104 nF, rangkaian boost terdiri dari MOSFET IRFP460, induktor dengan variasi lilitan kawat 96, 42, 18 dan variasi diameter kawat ukuran 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm, kapasitor elco 47 uF/50 V dan dioda schoottky. Arduino uno sebagai pembangkit *pulse width modulation* (PWM) digunakan untuk mengontrol tegangan *output boost converter* berdasarkan nilai *duty cycle* yang diatur menggunakan potensiometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lilitan dan diameter kawat induktor mempengaruhi keluaran dari *boost converter* dan tegangan baterai hasil pengisian selama 360 menit. Tegangan baterai optimal terjadi saat menggunakan lilitan sebanyak 96 dan diameter ukuran 1,5 mm. *Boost converter* menghasilkan kenaikan tegangan 2 kali lipat dibandingkan tegangan masukannya. Tegangan *input* panel maksimum sebesar 23,86 volt ketika ditambahkan *boost converter* tegangan maksimum mengalami peningkatan mencapai 51,56 volt.

**Kata Kunci :** *Boost Converter*, Diameter Kawat, Lilitan Kawat, *Lithium Ion*

## ABSTRACT

### OPTIMIZATION OF CHARGING LITHIUM ION BATTERIES ON CAR FROM SOLAR CELL GENERATORS WITH BOOST CONVERTER SYSTEM VARIATION OF NUMBER OF TURNS AND DIAMETERS

By

**I Made Agus Rianta**

In this research, a charging system for a 48-volt 20 Ah Lithium Ion battery has been designed using a boost converter with a variety of windings and inductor wire diameters. The boost converter consists of three systems, namely the control circuit, gate driver, and boost circuit. The control circuit consists of an Arduino Uno and a potentiometer, the gate driver consists of the TC4420 IC, a 1k ohm resistor, and a 104 nF polyester capacitor, the boost circuit consists of an IRFP460 MOSFET, an inductor with a variety of wire turns 96, 42, 18 and a variety of wire diameter sizes of 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm, 47 uF/50 V Elco capacitor and Schottky diode. Arduino Uno as a pulse width modulation (PWM) generator is used to control the output voltage of the boost converter based on the duty cycle value that is set using a potentiometer. The results showed that the inductor winding and wire diameter affect the output of the boost converter and the battery voltage resulting from charging for 360 minutes. Optimal battery voltage occurs when using as many as 96 coils and a diameter of 1.5 mm. The boost converter produces a voltage increase of 2 times compared to the input voltage. The maximum panel input voltage is 23.86 volts when a boost converter is added, the maximum voltage increases to 51.56 volts.

**Keywords :** *Boost converter, Coil of Wire, Diameter of Wire, Lithium-ion*

**OPTIMALISASI PENGISIAN BATERAI *LITHIUM ION* PADA MOBIL  
LISTRIK DARI PEMBANGKIT SEL SURYA DENGAN SISTEM  
*BOOST CONVERTER* VARIASI JUMLAH LILITAN DAN  
DIAMETER**

Oleh

**I Made Agus Rianta**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

Judul Penelitian

: **OPTIMALISASI PENGISIAN BATERAI  
LITHIUM ION PADA MOBIL LISTRIK DARI  
PEMBANGKIT SEL SURYA DENGAN  
SISTEM *BOOST CONVERTER* VARIASI  
JUMLAH LILITAN DAN DIAMETER**

Nama Mahasiswa

: **I Made Agus Rianta**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **1817041044**

Jurusan

: **Fisika**

Fakultas

: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**MENYETUJUI**

1. **Komisi Pembimbing**

**Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**  
NIP. 19801010 200501 1 002

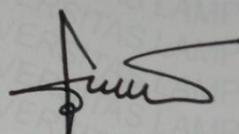
**Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.**  
NIP. 19820618 200812 1 001

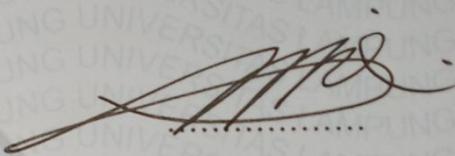
2. **Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung**

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

**MENGESAHKAN**

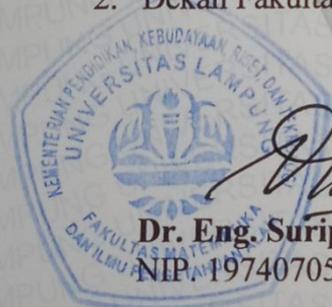
1. Tim Penguji

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

Sekretaris : **Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.** 

Penguji  
Bukan Pembimbing : **Drs. Amir Supriyanto, M.Si.** 

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, S. Si., M. T.**  
NIP. 197407052000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **22 Desember 2022**

## 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, 23 Desember 2022



**I Made Agus Rianta**  
NPM. 181701044

## RIWAYAT HIDUP



Penulis skripsi ini bernama I Made Agus Rianta, lahir di Seputih Raman pada tanggal 03 Agustus 2000. Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak I Made Sudarta dan ibu Ni Made Rahayu. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN Aji Permai tahun 2012, SMPN 1 Banjar Agung tahun 2015 dan SMAN 1 Seputih

Banyak tahun 2018. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di jurusan fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN tahun 2018. Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif tergabung pada organisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai anggota bidang sains dan teknologi periode 2019-2020 serta anggota biro kesekretariatan dan rumah tangga periode 2020-2021, dan organisasi UKM Hindu Universitas Lampung sebagai anggota bidang penelitian dan pengembangan tahun 2019. Penulis pernah menjadi asisten praktikum Elektronika Dasar II dan praktikum Elektronika.

Penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT.PLN ULP Kota Metro tahun 2021. Penulis melakukan pengabdian terhadap masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung tahun 2021 di Desa Makartitama, Kecamatan Gedung Aji Baru, Kabupaten Tulang Bawang. Penulis telah menyelesaikan penelitian skripsi di Jurusan Fisika dengan Judul

**“Optimalisasi Pengisian Baterai *Lithium Ion* pada Mobil Listrik dari Pembangkit Sel Surya dengan Sistem *Boost Converter* Variasi Jumlah Lilitan dan Diameter”.**

## MOTTO

*“Menyelesaikan apa yang telah dimulai”*

*“Yang membuat orang dikenal adalah hasil perbuatannya, perkataannya, dan pikirannya. Melalui ketiganya ini orang mengetahui kepribadian diri”*

(Sarasamuscaya 77)

## **PERSEMBAHAN**

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karya ini

Dipersembahkan kepada:

Kedua Orang Tuaku:

**Bapak I Made Sudarta dan Ibu Ni Made Rahayu**

Terimakasih atas segala doa, motivasi dan pengorbanan yang selalu diberikan demi kesuksesan putranya sehingga mampu menyelesaikan pendidikan di tingkat

Universitas sebagai Sarjana

**I Putu Toni Martin dan I Komang Indhu Dinata**

Kakakku dan adikku tersayang yang telah memberikan semangat dan dukungan kepadaku sehingga membuat aku mampu menyelesaikan pendidikan S1

**Bapak-Ibu Dosen FISIKA FMIPA UNILA**

Terimakasih atas segala ilmu pengetahuan yang telah diberikan kepadaku

Serta almamater tercinta

**“Universitas Lampung”**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Ida Sang Hyang Widhi Wasa, yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Optimalisasi Pengisian Baterai *Lithium Ion* pada Mobil Listrik dari Pembangkit Sel Surya dengan Sistem *Boost Converter* Variasi Jumlah Lilitan dan Diameter**”. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penulis Menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sehingga dapat menjadi perbaikan untuk kekurangan dalam skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat, menambah wawasan literasi keilmuan, serta rujukan untuk mengembangkan riset selanjutnya agar lebih baik dan sempurna.

Bandar Lampung, 23 Desember 2022

Penulis

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan atas karunia yang telah dilimpahkan oleh Ida Sang Hyang Widhi Wasa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Optimalisasi Pengisian Baterai Lithium Ion pada Mobil Listrik dari Pembangkit Sel Surya dengan Sistem Boost Converter Variasi Jumlah Lilitan dan Diameter “**.Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, motivasi serta do’a dari pihak lain. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan ketua jurusan Fisika FMIPA Unila yang telah memberikan ilmu, bimbingannya dan nasihat dalam penelitian dan penulisan skripsi.
2. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan ilmu, waktu, tenaga dan motivasi serta arahan dalam penelitian dan penulisan skripsi.
3. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan koreksi sehingga penulisan skripsi ini dapat menjadi lebih baik.
4. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan masukan dan bimbingannya selama perkuliahan.

5. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, S.Si., M.T. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
6. Seluruh Dosen Jurusan Fisika atas segala ilmu yang telah diberikan selama penulis menjadi mahasiswa di Universitas Lampung.
7. Para staff dan karyawan Jurusan Fisika yang telah membantu memenuhi kebutuhan administrasi penulis.
8. Orang tua Bapak I Made Sudarta dan Ibu Ni Made Rahayu yang selalu memberi semangat dan kasih sayang kepada penulis.
9. Sahabat-sahabat yang sangat berhati baik, Rizky Esa R, Herlambang Sihombing dan teman satu bimbingan yaitu Juana, Intan W, Nindya F dan Yola. Terimakasih untuk segala bantuan kalian baik dari segi kehangatan, kebersamaan dan kesusahan serta kesenangan dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Teman-teman dan keluarga besar Himafi dan UKM Hindu Universitas Lampung yang telah memberikann pengalaman yang sangat luar biasa.
11. Serta berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>MOTTO</b> .....	ix
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	x
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>SANWACANA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xx
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxi
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terkait .....	7
2.2 <i>Boost Converter</i> .....	9
2.3 Sensor Arus.....	12
2.4 Sensor Tegangan.....	13
2.5 Arduino Uno .....	14

2.6	<i>Data Logger Shield</i> .....	16
2.7	<i>Liquid Crystal Display (LCD)</i> .....	17
2.8	Energi Matahari .....	19
2.9	Panel Surya .....	20
2.10	Baterai .....	24
2.11	Mobil Listrik .....	27
<b>III. METODE PENELITIAN</b>		
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	30
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	30
3.3	Prosedur Penelitian .....	31
3.3.1	Perancangan Perangkat Keras serta Perangkat Lunak Sistem .....	33
3.3.2	Perancangan Rangkaian <i>Boost Converter</i> .....	36
3.4	Rancangan Data Hasil Penelitian.....	40
3.5	Rancangan Analisis Data Pengamatan.....	42
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Realisasi dan Analisis Alat .....	46
4.1.1	Boost Converter .....	50
4.1.2	Rangkaian Keseluruhan Alat Pengisian Baterai .....	56
4.2	Pengujian dan Analisis Data .....	57
4.2.1	Pengujian data <i>logger shield</i> .....	57
4.2.2	Pengujian Sensor Arus dan Sensor Tegangan .....	59
4.2.3	Pengujian Intensitas Cahaya Matahari terhadap Tegangan dan Arus.. .....	62
4.2.4	Analisis Tegangan Sebelum dan Sesudah <i>Boost Converter</i> .....	67
4.2.5	Analisis Arus Sebelum dan Sesudah <i>Boost Converter</i> .....	71
4.2.6	Analisis Pengaruh <i>Duty Cycle</i> terhadap Tegangan <i>Output</i> dan Arus <i>Output</i> .....	74
4.2.7	Rasio Kenaikan Tegangan .....	77
4.2.8	Pengaruh Jumlah Lilitan Kawat Induktor pada Proses Pengisian Baterai .....	78
4.2.9	Pengaruh Diameter Kawat Induktor pada Proses Pengisian Baterai	80

**V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	82
5.2	Saran .....	83

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Skema rangkaian boost converter.....	10
<b>Gambar 2.2</b> Prinsip kerja <i>boost converter</i> .....	11
<b>Gambar 2.3</b> Sensor arus.....	13
<b>Gambar 2.4</b> Sensor tegangan.....	14
<b>Gambar 2.5</b> <i>Board</i> arduino uno.....	15
<b>Gambar 2.6</b> <i>Data logger shield</i> .....	16
<b>Gambar 2.7</b> <i>Liquid crystal display</i> 20 × 4.....	18
<b>Gambar 2.8</b> Panel surya.....	21
<b>Gambar 2.9</b> Posisi panel surya menghadap sinar matahari langsung.....	21
<b>Gambar 2.10</b> Prinsip kerja panel surya.....	23
<b>Gambar 2.11</b> Baterai <i>lithium ion</i> .....	25
<b>Gambar 2.12</b> Prinsip kerja baterai <i>lithium ion</i> .....	26
<b>Gambar 2.13</b> Mobil listrik sedang melakukan proses pengisian baterai.....	28
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir.....	32
<b>Gambar 3.2</b> Diagram blok sistem.....	33
<b>Gambar 3.3</b> Posisi panel surya 30° menghadap matahari.....	34
<b>Gambar 3.4</b> Skema alat pengisian daya.....	35
<b>Gambar 3.5</b> Desain alat pengisian daya.....	35
<b>Gambar 3.6</b> Rancangan rangkaian kontrol.....	37

<b>Gambar 3.7</b>	Rancangan rangkaian <i>gate driver</i> .....	37
<b>Gambar 3.8</b>	Rancangan rangkaian <i>boost</i> .....	38
<b>Gambar 3.9</b>	Rangkaian keseluruhan <i>boost converter</i> .....	39
<b>Gambar 3.10</b>	Grafik pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap tegangan dan arus untuk 3 variasi lilitan dan diameter kawat induktor.....	43
<b>Gambar 3.11</b>	Grafik hasil tegangan untuk 3 variasi lilitan dan diameter kawat induktor.....	43
<b>Gambar 3.12</b>	Grafik hasil arus untuk 3 variasi lilitan dan diameter kawat .....	44
<b>Gambar 3.13</b>	Grafik pengaruh <i>duty cycle</i> terhadap tegangan dan arus <i>output boost converter</i> .....	44
<b>Gambar 3.14</b>	Grafik hubungan tegangan baterai terhadap waktu .....	45
<b>Gambar 4.1</b>	Keseluruhan alat <i>boost converter</i> (a) tampak dalam, (b) tampak samping kiri, (c) tampak samping kanan, dan (d) tampak depan.....	47
<b>Gambar 4.2</b>	Tampilan nilai <i>output</i> pada LCD (a) sebelum <i>boost</i> , (b) sesudah <i>boost</i> .....	49
<b>Gambar 4.3</b>	Tampilan data <i>output</i> SD Card dalam format txt di komputer .....	50
<b>Gambar 4.4</b>	Rangkaian kontrol .....	51
<b>Gambar 4.5</b>	Rangkaian <i>gate driver</i> .....	52
<b>Gambar 4.6</b>	Rangkaian <i>boost converter</i> dengan jumlah lilitan kawat induktor (a) 96, (b) 42, dan (c) 18.....	54
<b>Gambar 4.7</b>	Rangkaian <i>boost converter</i> dengan diameter kawat (a) 0,5 mm, (b) 1 mm, dan (c) 1,5 mm.....	55
<b>Gambar 4.8</b>	Proses pengisian baterai .....	57
<b>Gambar 4.9</b>	Hasil pengujian SD Card slot.....	58
<b>Gambar 4.10</b>	Hasil pengujian RTC ( <i>real time clock</i> ).....	59
<b>Gambar 4.11</b>	Grafik hubungan intensitas cahaya matahari terhadap tegangan dan arus pada lilitan kawat (a) 96, (b) 42 dan (c) 18.....	63

<b>Gambar 4.12</b> Grafik hubungan intensitas cahaya matahari terhadap tegangan dan arus pada diameter kawat (a) 0,5 mm, (b) 1 mm dan (c) 1,5 mm.....	64
<b>Gambar 4.13</b> Grafik tegangan sebelum dan sesudah diberi <i>boost converter</i> pada lilitan kawat (a) 96, (b) 42 dan (c) 18 .....	68
<b>Gambar 4.14</b> Grafik tegangan sebelum dan sesudah diberi <i>boost converter</i> pada diameter kawat (a) 0,5 mm, (b) 1 mm dan (c) 1,5 mm .....	69
<b>Gambar 4.15</b> Grafik arus sebelum dan sesudah diberi <i>boost converter</i> pada lilitan kawat (a) 96, (b) 42 dan (c) 18.....	72
<b>Gambar 4.16</b> Grafik arus sebelum dan sesudah diberi <i>boost converter</i> pada diameter kawat (a) 0,5 mm, (b) 1 mm dan (c) 1,5 mm.....	73
<b>Gambar 4.17</b> Grafik pengaruh <i>duty cycle</i> terhadap tegangan dan arus keluaran rangkaian <i>boost converter</i> untuk 3 variasi lilitan kawat.....	75
<b>Gambar 4.18</b> Grafik pengaruh <i>duty cycle</i> terhadap tegangan dan arus keluaran rangkaian <i>boost converter</i> untuk 3 variasi diameter kawat .....	76
<b>Gambar 4.19</b> Rasio kenaikan tegangan selama 60 menit.....	77
<b>Gambar 4.20</b> Grafik pengisian baterai dengan <i>boost converter</i> variasi jumlah lilitan kawat induktor.....	79
<b>Gambar 4.21</b> Grafik pengisian baterai dengan <i>boost converter</i> variasi diameter kawat induktor .....	80

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 3.1</b> Alat penelitian.....	30
<b>Tabel 3.2</b> Bahan Penelitian .....	30
<b>Tabel 3.3</b> Hasil pencatatan data karakteristik energi listrik .....	41
<b>Tabel 3.4</b> Data pengaruh duty cycle terhadap tegangan dan arus <i>output</i> .....	41
<b>Tabel 3.5</b> Data pengisian baterai dengan <i>boost converter</i> .....	41
<b>Tabel 3.6</b> Data pengisian baterai dengan <i>boost converter</i> .....	42
<b>Tabel 4.1</b> Pengujian potensiometer.....	51
<b>Tabel 4.2</b> Hasil pengujian sensor arus dengan multimeter .....	60
<b>Tabel 4.3</b> Hasil pengujian sensor tegangan dengan <i>power supply</i> .....	61

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Tabel 1.</b> Hasil pencatatan data karakteristik energi listrik dengan lilitan kawat induktor 96 lilitan.....	L-1
<b>Tabel 2.</b> Hasil pencatatan data karakteristik energi listrik dengan lilitan kawat induktor 42 lilitan.....	L-2
<b>Tabel 3.</b> Hasil pencatatan data karakteristik energi listrik dengan lilitan kawat induktor 18 lilitan.....	L-3
<b>Tabel 4.</b> Hasil pencatatan data karakteristik energi listrik dengan diameter kawat induktor 0,5 mm.....	L-4
<b>Tabel 5.</b> Hasil pencatatan data karakteristik energi listrik dengan diameter kawat induktor 1 mm.....	L-5
<b>Tabel 6.</b> Hasil pencatatan data karakteristik energi listrik dengan diameter kawat induktor 1,5 mm.....	L-6
<b>Tabel 7.</b> Data pengaruh <i>duty cycle</i> terhadap tegangan <i>ouput</i> .....	L-7
<b>Tabel 8.</b> Data pengaruh <i>duty cycle</i> terhadap arus <i>output</i> .....	L-7
<b>Tabel 9.</b> Data pengisian baterai dengan lilitan kawat induktor 96 lilitan.....	L-8
<b>Tabel 10.</b> Data pengisian baterai dengan lilitan kawat induktor 42 lilitan.....	L-8
<b>Tabel 11.</b> Data pengisian baterai dengan lilitan kawat induktor 18 lilitan.....	L-9
<b>Tabel 12.</b> Data pengisian baterai dengan diameter kawat induktor 0,5 mm ....	L-9
<b>Tabel 13.</b> Data pengisian baterai dengan diameter kawat induktor 1 mm.....	L-10
<b>Tabel 14.</b> Data pengisian baterai dengan diameter kawat induktor 1,5 mm ...	L-10

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan Negara dengan tingkat mobilitas masyarakat yang tinggi, hal tersebut berdampak pada konsumsi kendaraan yang tinggi pula. Perkembangan jumlah kendaraan bermotor selalu meningkat dengan persentase pertumbuhan 6,13% setiap tahun. Peningkatan jumlah kendaraan terjadi pada seluruh jenis kendaraan. Pertambahan kendaraan pada moda transportasi darat meliputi mobil penumpang, bis, mobil barang, dan sepeda motor. Pada tahun 2019, tercatat jumlah kendaraan bermotor jenis mobil penumpang berjumlah 15.529.419 jumlah tersebut meningkat dari tahun 2018 yang hanya mencapai 14.830.698 kendaraan (BPS, 2019)

Konsumsi kendaraan yang tinggi dapat memberikan dampak positif bagi masyarakat, namun tidak menutup kemungkinan mengakibatkan terjadinya dampak negatif. Salah satu dampak negatif yang paling berbahaya adalah meningkatnya tingkat pemanasan global. Pemanasan global merupakan suatu kejadian meningkatnya suhu rata-rata lapisan atmosfer sebagai dampak peningkatan gas rumah kaca. Gas rumah kaca terbentuk akibat terserapnya gas-gas seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), klorofluorokarbon (CFCs), metana (CH<sub>4</sub>), nitrogen oksida (N<sub>2</sub>O), hidrofluorokarbon (HFCs), dan sulfur hexafluorida (SF<sub>6</sub>)

dan memantulkan kembali radiasi gelombang yang dipancarkan oleh matahari ke bumi, sehingga meningkatkan suhu bumi dengan rata-rata peningkatan 0,6 °C. Salah satu penyebab utama meningkatnya pemanasan global adalah banyaknya emisi gas karbon dioksida. Gas tersebut merupakan hasil dari pembakaran bahan bakar fosil yang digunakan oleh pembangkit listrik batu bara dan pembakaran mobil bermotor (Parinduri dkk., 2018)

Penggunaan mobil listrik dapat menjadi salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengurangi produksi emisi gas karbon dioksida. Penggunaan energi listrik sebagai energi pengganti bahan bakar mobil diperkirakan akan terus mengalami pertumbuhan hingga abad ke-21. Hal tersebut didorong dengan tren pertumbuhan kendaraan bertenaga listrik dan kemungkinan menurunnya produksi minyak bumi dunia. Keuntungan penggunaan mobil listrik tercatat memiliki efisiensi sebesar 90%. Hal penting dari penggunaan mobil listrik adalah faktor pengisian baterai (Liun, 2018). Penggunaan mobil listrik memerlukan stasiun pengisian daya pada baterai mobil listrik. Pengisian daya baterai mobil listrik telah mengalami perkembangan, salah satunya dengan pemanfaatan sel surya sebagai sumber energi. Sel surya mendapatkan sumber energi dari cahaya matahari yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik. Konversi dapat terjadi akibat adanya produksi tegangan dan arus ketika cahaya matahari mengenai sel surya (Pauzi dkk., 2020).

Komponen baterai berperan penting dalam penggunaan mobil listrik, baterai berguna untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan sel surya, sehingga mobil listrik dapat digunakan ketika malam hari (Padillah dan Saodah, 2014). Baterai

memiliki kapasitas terbatas dalam menyimpan energi yang mengakibatkan terjadinya siklus *charge* dan *discharge*. Kedua proses tersebut perlu diperhitungkan dan diawasi dengan benar agar performa baterai dapat terjaga. Selain baterai, komponen lain yang dibutuhkan pada pengisian baterai adalah sistem penyeimbang baterai, konverter daya, dan sensor. Sistem penyeimbang baterai berfungsi untuk mengatur kapasitas baterai agar terus seimbang, konverter daya berfungsi untuk mengubah daya listrik ke bentuk daya listrik lainnya, sedangkan sensor berfungsi untuk mengubah besaran fisik menjadi listrik untuk tujuan analisis. Konverter daya dapat diimplementasikan sesuai dengan tujuan penggunaan. *Boost converter* merupakan salah satu jenis topologi konverter daya yang mampu mengubah tegangan *output* menjadi lebih besar daripada tegangan *input* (Putra dkk., 2015). Namun, penggunaan topologi *boost converter* tidak selamanya dapat memberikan manfaat yang maksimal jika variasi jumlah lilitan dan diameter kawat tidak diperhitungkan dengan baik (Pauzi dkk., 2020).

Pada penelitian sebelumnya telah dirancang prototipe pengoptimalan *charging* baterai pada mobil listrik dari pembangkit tenaga surya dengan menggunakan sistem *boost converter*. Namun pada alat ini masih memerlukan alat ukur manual untuk mengukur *output* sehingga kita harus mengukur secara manual yang tentunya akan memakan waktu dan juga hasil pengukuran harus dicatat secara manual karena belum terpasang sistem pencatatan data (Pauzi dkk., 2020).

Hal tersebut mengakibatkan data yang didapatkan kurang efektif dan kurang akurat. Maka diperlukan suatu alat pencatatan data *output* secara otomatis, alat pencatatan data yang digunakan berbasis mikrokontroler arduino uno dengan

media penyimpanan data *output* pada *SD Card*. Dengan adanya *SD Card* diharapkan dapat menyimpan data yang sangat besar sehingga data yang terekam dapat ditampilkan dalam durasi yang cukup lama. Pengoptimalan juga dilakukan untuk menghasilkan tegangan dan daya yang lebih tinggi dengan menggunakan rangkaian *boost converter*. *Boost converter* yang digunakan memiliki variasi jumlah lilitan 96, 42, dan 18 lilitan dengan ukuran diameter tetap yaitu 1 mm, dan variasi diameter kawat dengan ukuran 0,5 mm, 1 mm dan 1,5 mm dengan jumlah lilitan tetap yaitu 42 lilitan.

Berdasarkan hal tersebut, diperlukan optimalisasi pengisian baterai mobil listrik dengan sistem *boost converter* variasi jumlah lilitan 96, 42, dan 18 lilitan dengan ukuran diameter tetap yaitu 1 mm, dan variasi diameter kawat dengan ukuran 0,5 mm, 1 mm dan 1,5 mm dengan jumlah lilitan tetap yaitu 42 lilitan sehingga mampu menghasilkan pengisian daya yang optimal dan menjaga performa baterai mobil listrik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana pengaruh variasi jumlah lilitan dan diameter kawat rangkaian *boost converter* pada pengisian baterai dengan energi yang didapat dari panel surya?.
- b. Bagaimana membuat sistem pencatatan data *output* secara otomatis yang digunakan saat melakukan pengambilan data secara *real time*?.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui pengaruh variasi jumlah lilitan dan diameter rangkaian *boost converter* terhadap tegangan, daya dan arus yang dihasilkan pada pengecasan baterai menggunakan panel surya.
- b. Mengetahui cara pembuatan sistem pencatatan data *output* secara otomatis untuk pencatatan data berupa tegangan, arus dan daya.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

- a. Didapatkannya alat kontrol panel surya dengan variasi jumlah lilitan dan diameter pada sistem *boost converter* sehingga mampu melakukan pengisian baterai dengan optimal.
- b. Didapatkannya alat pencatatan data *output* secara otomatis pada pengisian baterai dengan energi yang didapat dari panel surya.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan panel surya dengan besaran daya 100 watt *peak* (Wp).
- b. Rangkaian *boost converter* yang digunakan berfungsi untuk meningkatkan arus energi listrik panel surya untuk pengisian baterai *lithium ion* 48 volt 20 Ah.

- c. Data pengamatan yang diukur antara lain tegangan ( $V$ ), arus ( $I$ ), daya ( $P$ ) dan lama waktu pengisian ( $s$ ).
- d. Menggunakan sistem pencatatan data *output* secara otomatis berbasis mikrokontroler arduino.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terkait

Suwito (2017), melakukan sebuah penelitian dengan membuat sistem *battery charging* dengan *buck-boost converter*. Sistem yang dibuat merupakan pengendali *close-loop*, mikrokontroler sebagai pusat kendali dengan sinyal balikan dari sensor arus dan tegangan pada luaran *solar cell* dan masukan baterai. Tegangan luaran sistem ini dijaga sesuai standar tegangan pengisian baterai. Meskipun luaran tegangan dari *solar cell* dibawah atau diatas tegangan pengisian baterai, luaran sistem *battery charging* ini tetap konstan dan stabil. Hasil pengujian menunjukkan bahwa efisiensi sistem 78% saat intensitas cahaya matahari tinggi yaitu pada pukul 10.00 sampai 14.00 dan secara keseluruhan tegangan *charging* rata-rata sekitar 13,6 volt dengan arus *charging* rata-rata 1 A. *Charging battery* 12 volt membutuhkan waktu kurang lebih 5 jam (Suwito dkk., 2017).

Rahma (2020), melakukan sebuah penelitian dengan membuat perancangan sistem pengisian baterai *lithium ion* 48 volt pada prototipe mobil listrik dengan menggunakan alat *boost converter*. *Boost converter* terdiri dari beberapa sistem rangkaian yaitu rangkaian osilator, rangkaian *trigger*, rangkaian *switching*, induktor dan keluaran DC. *Integrated circuit* (IC) *tube luminescent* (TL) 494 sebagai pembangkit gelombang pulsa dan frekuensi digunakan untuk mengatur

proses *switching* pada rangkaian *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* (MOSFET) dengan *boost converter*. Penelitian ini dilakukan dengan memberikan variasi diameter kawat induktor untuk mengetahui hasil keluaran arus yang digunakan untuk proses pengisian, dengan memvariasikan diameter sebesar 0,8 mm, 4 mm dan 8 mm. Jumlah lilitan kawat yang digunakan tetap yaitu 5:27 dan menghasilkan tegangan *output boost converter* sebesar 54 volt. Hasil penelitian menunjukkan diameter kawat induktor mempengaruhi keluaran dari *boost converter* dan lama waktu pengisian baterai pada mobil listrik. Lama waktu pengisian baterai pada diameter kawat 0,8 mm yaitu selama 680 menit, pada diameter kawat 4 mm yaitu selama 290 menit dan pada diameter kawat 8 mm yaitu selama 400 menit. *Boost converter* memiliki keunggulan seperti lebih efisien dalam segi dimensi, menghasilkan kenaikan tegangan dan daya 3 kali lipat dibandingkan tegangan masukannya. Daya *input* panel maksimum sebesar 14,5 watt ketika ditambahkan *boost converter* daya listrik maksimum mengalami peningkatan sebesar 47,84 watt (Pauzi dkk., 2020).

Selain itu, masih pada tahun yang sama, Prianto dkk (2020), melakukan penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan alat pengisian baterai pada sepeda listrik secara otomatis menggunakan *boost-converter*. Selanjutnya dilakukan perbandingan untuk mengetahui keefektifan dan efisiensi dari alat yang dibuat dengan metode pengisian sebelumnya yaitu menggunakan *Inverter* dan *charger* baterai 48 V. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapati bahwa efisiensi lebih rendah dengan rata-rata sebesar 72,15% dari pada sistem yang menggunakan *Inverter* dan *Charger* baterai 48 volt yang mencapai 84,57% (Prianto dkk., 2020)

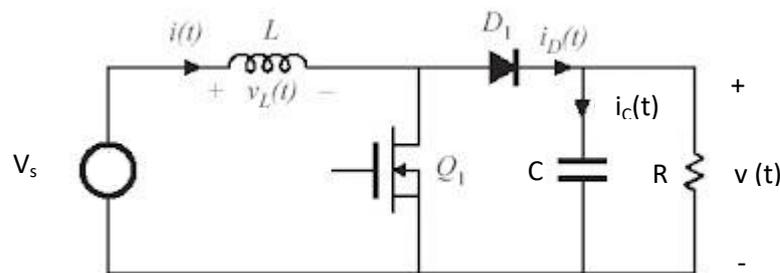
Tahun 2021, penelitian terkait dengan peningkatan kinerja pada pengisian baterai panel surya kembali dilakukan. Penelitian ini dilakukan oleh Luthfansyah, dan berfokus untuk memadukan algoritma *vehicle particle swarm optimization* (AVPSO) dengan metode kontrol PI. Berdasarkan uji lapangan, kombinasi algoritma *vehicle particle swarm optimization* (AVPSO) dan kontrol PI telah bekerja sesuai target yang ditentukan khususnya ketika baterai telah mencapai SOC 85%. Algoritma *vehicle particle swarm optimization* (AVPSO) mampu menaikkan keluaran daya panel surya hingga 13,64% lebih tinggi dibandingkan keluaran daya panel surya yang dihubungkan langsung ke baterai (Luthfansyah, 2021).

Perbedaan penelitian ini dengan sebelumnya yaitu menambahkan variasi jumlah lilitan dan diameter dengan ukuran 1 mm, 4 mm dan 8 mm yang digunakan pada rangkaian *boost converter* agar daya yang dihasilkan oleh panel surya lebih maksimal, dan menambahkan alat pencatatan data *output* secara otomatis yang digunakan untuk mencatat data *output* dari panel surya dengan menggunakan mikrokontroler arduino uno sebagai pengontrol utama dan *secure digital* (SD) *Card* sebagai media penyimpanan nilai arus, tegangan dan daya *output* dari panel surya.

## **2.2 Boost Converter**

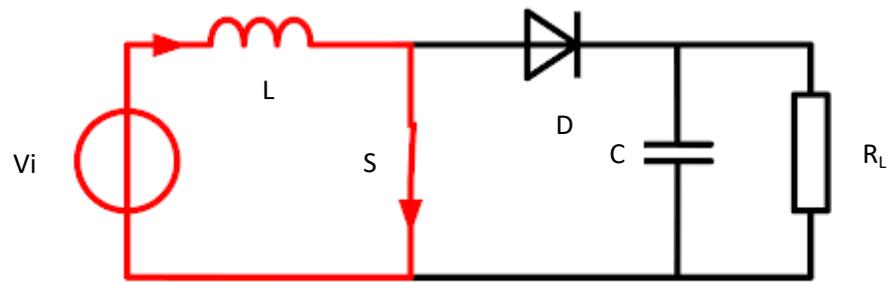
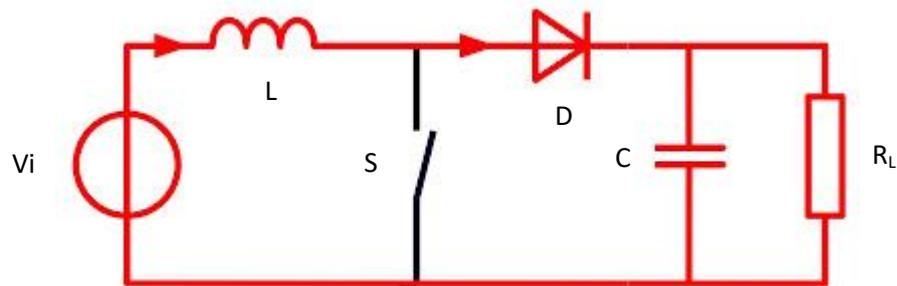
*Boost converter* merupakan sebuah rangkaian elektronik yang diperuntukkan keperluan *power supply* (Prianto dkk., 2020). Selain itu, *boost-converter* juga dikenal sebagai *converter* yang berfungsi untuk menaikkan tegangan DC. *Boost-converter* juga menggunakan sistem *switch mode power supply* (SMPS) atau yang

biasa disebut dengan *switched-mode power supply*. *Converter* ini mempunyai setidaknya 2 komponen semikonduktor yang berfungsi sebagai *switch* sehingga lebih efisien dalam mengonversi tegangan DC. *Converter* ini cara kerjanya sebagai periodik ketika saklar terbuka maupun tertutup. *Boost converter* terdiri dari beberapa komponen yaitu saklar daya, dioda dengan frekuensi tinggi, kapasitor, induktor, dan resistor. Saklar yang digunakan harus memiliki respon yang cepat saat keadaan hidup dan mati. Saklar yang digunakan adalah saklar semikonduktor yaitu mosfet (Soedjarwanto dkk., 2019). Skema rangkaian *boost converter* dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



**Gambar 2.1** Skema rangkaian boost converter (Padillah dan Saodah, 2014).

Prinsip kerja dari *boost converter* yaitu untuk mengubah tegangan *output* menjadi lebih tinggi dibandingkan tegangan *input*, sedangkan untuk arus *output* akan lebih kecil dibandingkan arus *input*. Mosfet yang digunakan pada rangkaian bertindak sebagai saklar yang dapat membuka atau menutup rangkaian sehingga arus yang keluar dikendalikan dengan mengatur besarnya *duty cycle* sinyal *pulse width modulation* (PWM) (Padillah dan Saodah, 2014).

a. Saklar *on* (tertutup)b. Saklar *off* (terbuka)**Gambar 2.2** Prinsip kerja *boost converter* (Alfaris & Yuhendri, 2020).

Ketika saklar *on* (tertutup) dan diode *off*, arus akan mengalir searah jarum jam dari sumber menuju induktor. Polaritas induktor dalam sisi kiri lebih positif dibandingkan sisi kanannya. Ketika saklar *off* (terbuka) arus akan mengalir berlawanan arah jarum jam sehingga arus yang disimpan di induktor akan berkurang karena impedansi yang lebih tinggi. **Gambar 2.2** menunjukkan rangkaian *boost converter* ketika saklar posisi *on* (tertutup) dan saklar posisi *off* (terbuka).

Pada **Gambar 2.2** ketika saklar posisi *off*, beban akan disuplai oleh tegangan sumber dan ditambahkan ke tegangan besar di induktor, yang saat ini juga melepaskan energi. Keadaan ini menyebabkan tegangan keluaran lebih besar dari tegangan masukan. Perbandingan antara tegangan keluaran konverter dengan

tegangan masukan akan sebanding dengan perbandingan periode pensaklaran dan waktu penyalaan, yang disebut *duty cycle*. Hubungan antara tegangan keluaran ( $V_o$ ), tegangan masukan ( $V_i$ ) dan *duty cycle* ( $D$ ) dituliskan pada rujukan.

$$V_o = \frac{V_i}{1-D} \quad (2.1)$$

keterangan:

$V_o$  = tegangan keluaran;

$V_i$  = tegangan masukan;

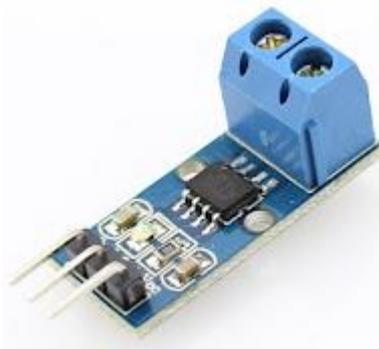
$D$  = *duty cycle*.

Berdasarkan persamaan tersebut nilai tegangan keluaran dipengaruhi oleh besarnya *duty cycle* (Padillah & Saodah, 2014).

### 2.3 Sensor Arus

Komponen elektronika yang memiliki peranan penting dalam mendeteksi seberapa besar arus listrik yang mengalir adalah sensor arus (Winata dkk., 2016). Arus listrik merupakan energi yang timbul karena adanya perubahan muatan yang pindah melewati suatu titik per muatan waktu dalam suatu konduktor listrik (Satya dkk., 2020). Arus listrik biasanya dilambangkan dengan huruf "I" (Ratnasari dan Senen, 2017). Untuk mendeteksi arus listrik diperlukan adanya sensor arus yang memiliki kemampuan untuk memantau penggunaan arus listrik dan dapat memberikan nilai analog sehingga penggunaan tenaga listrik dapat dikontrol dan diatur. Terdapat beberapa macam sensor arus diantaranya sensor arus ACS712, *current transformers* (CT) sensor, dan *current shunt* resistor (Dani dkk., 2018). Sensor arus ACS712 merupakan sensor yang menggunakan sistem *hall effect*, artinya besaran arus akan mempengaruhi besar kecilnya *hall effect*

pada sensor. *Hall effect* bekerja sesuai dengan hukum fisika digunakan untuk mendeteksi medan magnet (Satya dkk., 2020). *Current transformers* (CT) sensor adalah sensor yang digunakan untuk mengukur arus dengan penggunaan yang jauh lebih mudah daripada ACS712. *Current shunt* resistor adalah sebuah resistor dengan tahanan yang kecil yang digunakan untuk mengukur arus DC atau AC dengan tegangan drop yang dihasilkan oleh arus yang melintasi resistor. Sensor arus ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.



**Gambar 2.3** Sensor arus (Melipurbowo, 2016).

#### **2.4 Sensor Tegangan**

Sensor tegangan berperan dalam mengukur tegangan listrik. Dalam bekerja, sensor ini menggunakan prinsip tekanan resistensi dan dapat membuat tegangan input dari terminal berkurang 5 kali dari tegangan asli (Winata dkk., 2016). Sensor tegangan yang digunakan yaitu jenis ZMPT101B, sensor ZMPT101b digunakan untuk memantau parameter tegangan dan dilengkapi dengan keunggulan memiliki sebuah *ultra micro voltage transformer*, akurasi tinggi dan konsistensi yang baik untuk melakukan pengukuran tegangan dan daya. Beberapa hal yang dapat dilakukan dengan menggunakan sensor tegangan ZMPT101b ini diantaranya adalah:

- a. sebagai sensor untuk mendeteksi arus lebih;
- b. sebagai *ground fault detection*;
- c. pengukuran besaran listrik;
- d. sebagai perangkat untuk *analog to digital converter*.

Sensor tegangan ditunjukkan pada **Gambar 2.4**.

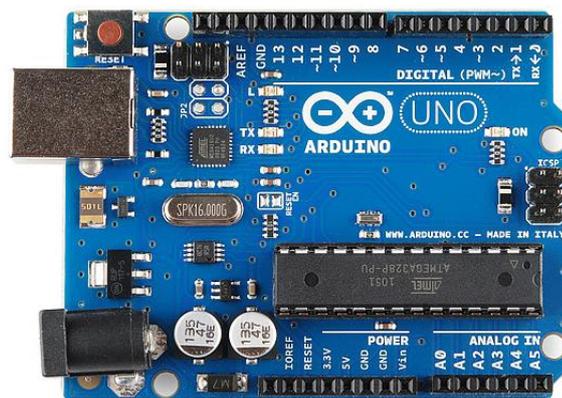


**Gambar 2.4** Sensor tegangan (Winata dkk., 2016).

## 2.5 Arduino Uno

Arduino uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328 (*data sheet*). Terdapat 14 pin *input* dari *output* digital dimana 6 pin *input* tersebut dapat dimanfaatkan sebagai *output* PWM dan 6 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi *universal serial bus* (USB), *jack* power, *in circuit serial programming* (ICSP) *header*, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *Board* arduino uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC ke adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya. Dengan istilah lain, arduino uno adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. cara kerja

arduino uno sebenarnya membaca dan menulis data. Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding *board* mikrokontroler yang lain yaitu bersifat *open source* atau dapat difungsikan untuk pengontrolan secara umum. Arduino juga mempunyai bahasa pemrograman sendiri berupa bahasa C yang mudah dipahami. Selain itu dalam *board* arduino sendiri sudah terdapat *loader* berupa USB sehingga memudahkan pengguna untuk memprogram mikrokontroler di dalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan *board* mikrokontroler yang lain yang masih membutuhkan rangkaian *loader* terpisah untuk memasukkan program ketika kita memprogram mikrokontroler. *Board* arduino uno ditunjukkan pada **Gambar 2.5**.



**Gambar 2.5** *Board* arduino uno (Winata dkk., 2016).

Arduino dapat mengenali lingkungan sekitarnya melalui berbagai jenis sensor dan dapat mengendalikan lampu, motor, dan berbagai jenis aktuator lainnya (Sujatmiko dan Nana, 2018). Untuk memprogram *board* arduino sesuai dengan proyek yang diinginkan diperlukan suatu *software* bernama arduino ide (Destiarini dan Kumara, 2019). *Integrated development environment* atau arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk memprogram mikrokontroler arduino dengan bahasa pemrograman C. Perangkat lunak arduino ide bersifat *open source* sama seperti dengan *board* arduino. Pengguna arduino

dapat mengunduh IDE arduino pada *website* resmi arduino secara gratis. Arduino ide terdiri dari editor program, *compiling*, dan *uploader* (Destiarini dan Kumara, 2019). *Sketch* kode arduino atau program arduino dapat di *upload* ke *board* arduino dengan menggunakan kabel USB dalam bentuk file *ino*, selain itu kabel USB juga digunakan sebagai komunikasi data serial antara *board* arduino dengan IDE arduino.

## 2.6 Data Logger Shield

Data *logger* adalah perangkat yang dapat merekam data dari waktu ke waktu, dari instrumen atau sensor eksternal. Alat yang menggunakan mikroprosesor dan memori internal yang digunakan untuk merekam data melalui sensor. Data *logger shield* merupakan *shield* yang digunakan untuk melakukan penyimpanan data atau data *logging* pada SD Card, *shield* ini kompatibel dengan beberapa komponen elektronik seperti arduino uno, mega R3 atau mega ADK. *Shield* ini dilengkapi dengan *real time clock* (RTC) yang digunakan untuk mengetahui waktu penyimpanan data yang dilakukan (Winata dkk., 2016). Data *logger shield* ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.



**Gambar 2. 6** Data logger shield (Winata dkk., 2016).

Data *logger shield* dapat digunakan untuk membuat koneksi antara arduino dan kartu *secure digital* (SD) (Lianda dan Custer, 2019). Modul ini juga bisa digunakan untuk menyimpan data arduino. Sangat cocok untuk menyimpan data saat *power supply* arduino tiba-tiba mati. Modul ini juga memiliki modul DS1307 sebagai RTC untuk menjaga waktu dan tanggal. Komponen komunikasi untuk RTC adalah I2C dan untuk kartu SD adalah SPI.

## 2.7 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik adalah LCD atau *liquid crystal display*. LCD dibuat dengan teknologi *complementary metal oxide semiconductor* (CMOS) logic. Teknologi ini bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya melainkan memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit* (Kadir, 2013). Keuntungan menggunakan LCD adalah konsumsi daya yang relatif kecil dan mengkonsumsi arus yang sangat sedikit (beberapa *microampere*), sehingga peralatan atau sistem *portable*, karena bisa menggunakan *power supply* yang kecil. Keuntungan lainnya adalah ukuran LCD yang sesuai, tidak terlalu kecil atau besar, kemudian tampilan yang diperlihatkan dari LCD dapat dibaca dengan mudah dan jelas (Lianda dan Custer, 2019). LCD terdiri dari dua bagian utama yaitu *backlight* (lampu latar belakang) dan bagian *liquid crystal*. Cahaya *backlight* tersebut pada umumnya adalah berwarna putih. Sedangkan kristal cair (*liquid crystal*) sendiri adalah cairan organik yang berada diantara dua lembar kaca yang memiliki permukaan

transparan. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.7** merupakan gambar bentuk fisik dari LCD  $20 \times 4$ .



**Gambar 2.7** *Liquid crystal display*  $20 \times 4$  (Ratnasari dan Senen, 2017).

Spesifikasi pada LCD  $20 \times 4$  adalah sebagai berikut:

1. terdiri dari 20 kolom dan 40 baris;
2. tegangan kerja 5 V;
3. memiliki ukuran yang praktis.

Prinsip kerja LCD  $20 \times 4$  adalah menggunakan lapisan film tipis berisi kristal cair dan ditempatkan di antara dua pelat kaca yang terpasang elektroda logam transparan. Ketika tegangan disuplai ke beberapa pasang elektroda, molekul-molekul kristal cair akan menyusun agar cahaya yang mengenainya akan diserap. Dari hasil penyerapan cahaya tersebut akan terbentuk huruf, angka, atau gambar sesuai bagian yang diaktifkan. Untuk membentuk karakter atau gambar pada kolom dan baris secara bersamaan digunakan metode *screening*. Metode *screening* adalah mengaktifkan daerah perpotongan suatu kolom dan baris secara bergantian dan cepat sehingga seolah-olah aktif semua (Zainuri dan Apriana, 2015).

## 2.8 Energi Matahari

Matahari memberikan energi ke bumi dalam bentuk radiasi. Tanpa radiasi matahari, kehidupan di bumi tidak akan berjalan. Sekitar  $3,9 \times 10^{24}$  joule hingga  $1,08 \times 10^{18}$  kWh energi matahari mencapai permukaan bumi setiap tahun, yang berarti bahwa energi yang diterima bumi dari matahari adalah 10.000 kali lipat dari kebutuhan energi primer global per tahun, melebihi total energi yang tersedia. Intensitas radiasi matahari di luar atmosfer bumi tergantung pada jarak antara bumi dan matahari. Dalam setahun, jarak antara matahari dan bumi bervariasi dari  $1,47 \times 10^8$  km hingga  $1,52 \times 10^8$  km. Oleh karena itu, radiasi *solar constant* ( $G_{sc}$ ) berfluktuasi antara 1,325 Wb/m<sup>2</sup> dan 1,412 Wb/m<sup>2</sup>. Nilai rata-rata radiasi ini disebut konstanta matahari. Konstanta matahari  $G_{sc} = 1,367$  Wb/m<sup>2</sup> (Duffie dan Beckman, 2008).

Sel surya merupakan perangkat yang mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik. Energi surya memiliki dua parameter penting yaitu pertama, intensitas radiasi, yaitu jumlah energi matahari per satuan luas, dan karakteristik spektrum cahaya matahari. Energi surya memancar ke bumi dalam bentuk paket energi yang disebut *foton*. Total daya yang terpancar mencapai  $3,83 \times 10^{23}$  kilowatt (kW). Namun, sebagian besar radiasi hilang di luar angkasa. Radiasi surya dipancarkan dari fotosfer matahari pada suhu 6.000 K, yang membuat distribusinya mirip dengan spektrum benda hitam. Menurut (Duffie dan Beckman, 2008), energi matahari sampai ke permukaan bumi melalui sebuah gelombang elektromagnetik atau disebut radiasi. Intensitas radiasi matahari adalah energi yang diterima permukaan per satuan luas dan satuan waktu. Memiliki satuan

waktu berarti pengukuran tersebut meliputi lama penyinaran atau lamanya penyinaran matahari dalam sehari. Pengaruh awan di atmosfer dapat menyebabkan perubahan radiasi matahari yang diterima di permukaan bumi, dari 40% di daerah lembab dengan banyak awan menjadi 80% di daerah gurun kering (Sitorus dkk., 2014). Ada banyak jenis radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi, yaitu sebagai berikut.

- a. *Direct solar radiation*, yaitu radiasi langsung dari matahari yang menyinari bumi;
- b. *Radiation diffuse*, yaitu radiasi yang dihamburkan atau dipantulkan oleh molekul-molekul di awan;
- c. *Surface reflectivity*, yaitu radiasi yang dipantulkan dari permukaan bumi.

## **2.9 Panel Surya**

Panel surya adalah perangkat yang terdiri dari sel surya yang dapat mengubah cahaya menjadi energi listrik. Panel surya sering disebut sebagai sel *Photovoltaic*, *photovoltaic* sudah dikenal pada abad ke 18 tepatnya sejak tahun 1849 yang dapat diartikan sebagai "cahaya listrik" (Mintorogo, 2000). Panel surya adalah alat untuk mengubah energi sinar matahari menjadi listrik. Untuk memanfaatkan potensi energi surya, ada dua teknologi yang telah dikembangkan, yaitu surya fotovoltaik dan surya termal (Julisman dkk., 2017). Sel surya mengandalkan efek *Photovoltaic* untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir di antara dua lapisan yang bermuatan berlawanan. Perlu adanya perlindungan untuk sel surya dari kelembaban dan kerusakan mekanis, karena ini akan secara

signifikan mengurangi efisiensi panel surya dan memperpendek masa pakai dari yang diharapkan. Panel surya ditunjukkan pada **Gambar 2.8**.



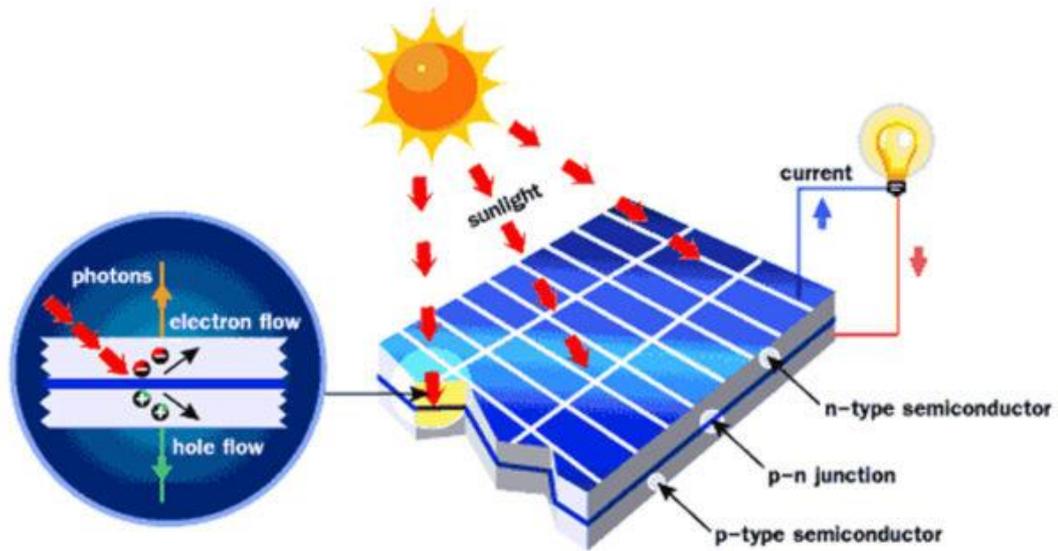
**Gambar 2.8** Panel surya (Julisman dkk., 2017).

Lokasi yang ideal untuk panel surya adalah menghadap sinar matahari langsung seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.9**. Panel surya memiliki perlindungan *overheating* yang baik dalam bentuk semen konduktif termal. Perlindungan *overheat* penting karena panel surya mengubah kurang dari 20% energi matahari yang tersedia menjadi listrik, sedangkan sisanya terbuang sebagai panas. Jika tidak ada perlindungan yang cukup, peristiwa *overheating* dapat secara signifikan mengurangi efisiensi panel surya.



**Gambar 2.9** Posisi panel surya menghadap sinar matahari langsung (Julisman dkk., 2017).

Sel surya bekerja menggunakan prinsip *p-n junction*, yaitu persimpangan antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terbuat dari ikatan atom dengan elektron sebagai komponen dasarnya. Semikonduktor tipe-n memiliki kelebihan elektron (muatan negatif), dan Semikonduktor tipe-P memiliki terlalu banyak lubang (muatan positif) dalam strukturnya atom. Elektron dan hole yang berlebihan dapat terjadi pada bahan didoping dengan atom *dopant*. Misalnya untuk mendapatkan bahan silikon tipe-p, silikon didoping dengan atom boron, dan untuk bahan silikon tipe-n diperoleh, dan silikon didoping dengan atom fosfor. Peran dari *p-n junction* adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan lubang dapat diekstraksi oleh bahan kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n bersentuhan, kelebihan elektron akan pindah dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p untuk membentuk elektroda positif semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya, elektroda negatif pada semikonduktor tipe p. Karena aliran elektron (+) dan lubang ini, medan listrik terbentuk saat sinar matahari mengenai *p-n junction* ini, ia akan memaksa elektron untuk berpindah dari semikonduktor ke kontak negatif, yang dan kemudian digunakan sebagai listrik, dan sebaliknya, lubang bergerak menuju kontak positif menunggu elektron tiba, seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 2.10**.



**Gambar 2.10** Prinsip kerja panel surya (Julisman dkk., 2017).

Secara umum, efisiensi panel surya hanya sekitar 20-30%. Ini berarti panel surya hanya dapat mengkonversi sekitar 20% dari semua energi cahaya yang diterima oleh panel surya. Namun sisanya dipantulkan kembali ke udara, jadi dalam kondisi standar, panel surya dengan luas sekitar 1 meter persegi dapat menghasilkan sekitar 200 watt. Tetapi ini tidak begitu pasti karena untuk area yang terkena sinar matahari yang cukup tinggi panel surya dapat menyerap lebih banyak energi, bahkan mencapai 3000 watt. Efisiensi panel surya dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2).

$$\eta = \frac{P_m}{E \cdot A_c} \quad (2.2)$$

keterangan :

$\eta$  = efisiensi (%);

$P_m$  = daya maksimum (watt);

$E$  = cahaya masukkan ( $W/m^2$ );

$A_c$  = luas permukaan sel surya ( $m^2$ ).

Persamaan diatas menunjukkan bahwa foton dapat dipandang sebagai partikel energi atau gelombang dengan nilai panjang gelombang dan frekuensi tertentu (Hasrul, 2021).

## 2.10 Baterai

Baterai merupakan komponen yang mampu menyimpan tenaga listrik dalam bentuk tenaga kimia. Tenaga listrik yang tersimpan akan dialirkan lagi untuk memberikan arus listrik misalkan pada lampu posisi, lampu indikator, lampu rem belakang dan klakson pada kendaraan (Marsudi, 2013). Saat ini baterai banyak dipakai pada kendaraan listrik misalnya sepeda listrik dan mobil listrik. Baterai merupakan suatu komponen penting untuk memasok energi ke komponen kelistrikan yang ada pada kendaraan listrik. Baterai menghasilkan sumber arus listrik searah (DC). Jenis baterai yang populer digunakan saat ini yaitu jenis baterai lithium ion. Baterai *lithium* ion adalah baterai isi ulang yang digunakan dalam perangkat elektronik portabel. Baterai ini terdiri dari anoda, separator, elektrolit dan katoda. Elektroda positif dan elektroda negatif terdiri dari dua bagian, yaitu masuk dan keluarnya bahan aktif atau *ion lithium*, dan bagian pengumpul elektron yang disebut kolektor arus. Baterai *lithium-ion* termasuk dalam kategori baterai sekunder atau baterai yang dapat digunakan dan diisi ulang berkali-kali. Oleh karena itu, baterai ini cocok untuk kendaraan listrik seperti kendaraan listrik. Pada saat pengisian, energi listrik diubah menjadi energi kimia, dan sebaliknya, saat pengosongan terjadi, energi kimia diubah menjadi energi listrik. Saat mengisi sumber daya, arus dihasilkan, yaitu elektron mengalir dari

anoda ke katoda. Reaksi arus listrik akan menyebabkan reaksi kimia (reaksi oksidasi-reduksi):



Untuk melepaskan bahan-bahan dalam baterai, yaitu  $\text{PbSO}_4$  menjadi ion  $\text{Pb}$ ,  $\text{PO}_2$ ,  $\text{H}^+$  dan ion  $\text{SO}_4^{2-}$ . Saat pengosongan, arus listrik dihasilkan, yaitu elektron mengalir dari  $\text{PbO}_2$  atau elektroda positif (sebagai anoda) ke  $\text{Pb}$  atau elektroda negatif (sebagai katoda), sehingga menghasilkan reaksi kimia (Wibowo dkk., 2014). Baterai lithium ion ditunjukkan pada **Gambar 2.11**.



**Gambar 2.11** Baterai *lithium ion* (Wibowo dkk., 2014).

Berdasarkan proses pengisiannya terdapat dua jenis baterai, diantaranya:

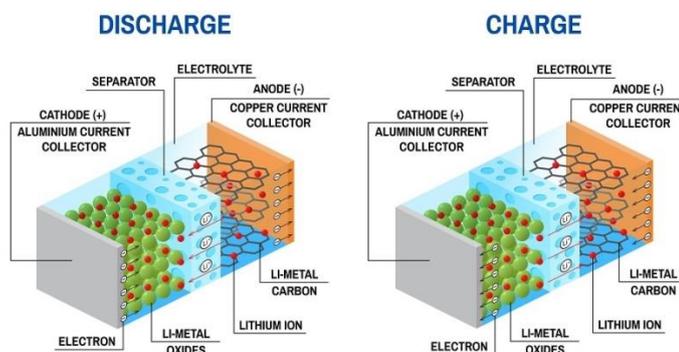
1. *Primary battery*

Baterai yang hanya bisa digunakan sekali dan dibuang. Bahan elektroda tidak dapat dibalik saat dilepas.

## 2. Secondary battery

Baterai yang dapat diisi ulang. Pada prinsipnya, metode pembangkitan daya baterai sekunder sama dengan baterai primer. Namun reaksi kimia pada baterai sekunder ini bersifat *reversible* (dapat dibalik).

Baterai *lithium ion* adalah baterai sekunder atau baterai isi ulang. Dibandingkan dengan jenis baterai sebelumnya, baterai ini memiliki banyak keunggulan, termasuk umur panjang (500-1000 siklus), efek memori kecil, tegangan kerja tinggi (3.6 V), dan kapasitas spesifik yang lebih tinggi daripada baterai sekunder lainnya. Dalam kondisi *charge* dan *discharge*, baterai *lithium ion* bekerja sesuai dengan proses interkalasi, yang melepaskan *ion lithium* dari posisi dalam struktur kristal satu bahan elektroda dan memasukkan *ion lithium* ke posisi dalam struktur kristal bahan elektroda lain. Ada elektroda negatif di dalam baterai sekunder terkait dengan reaksi oksidasi setengah sel yang melepaskan elektron masuk ke sirkuit eksternal, dan elektroda yang positif terjadi reaksi setengah sel, reaksi reduksi yang menerima elektron dari sirkuit katoda mengalami reaksi kimia reduksi. Proses interkalasi baterai *lithium ion* saat *charge* dan *discharge* dapat dilihat pada **Gambar 2.12**.



**Gambar 2.12** Prinsip kerja baterai *lithium ion* (Suwito dkk., 2017).

Kemampuan kapasitas energi yang tersimpan dalam baterai *lithium* tergantung pada beberapa banyak *ion lithium* yang dapat disimpan dalam struktur bahan elektrodanya dan berapa banyak yang dapat digerakkan dalam proses *charging* dan *discharging*, karena jumlah arus elektron yang tersimpan dan tersalurkan sebanding dengan jumlah *ion lithium* yang bergerak (Saputry dkk., 2019). Pada saat *charging*, bahan elektroda positif akan terionisasi dan menghasilkan *ion lithium* yang bermuatan positif dan bergerak ke dalam elektrolit untuk mencapai bahan elektroda negatif, sedangkan elektron yang dilepaskan bergerak ke elektroda negatif (anoda) melalui rangkaian eksternal. *Ion lithium* ini akan masuk ke bahan elektroda negatif melalui mekanisme interkalasi, yaitu struktur kristal bahan elektroda positif dan bahan elektroda negatif tidak akan berubah. Dan pada saat *discharging*, akan terjadi aliran ion dan elektron yang berlawanan arah dengan proses *charging*.

## 2.11 Mobil Listrik

Mobil listrik merupakan kendaraan yang menggunakan energi listrik sebagai bahan bakar untuk memungkinkan mobil tersebut melakukan perjalanan. Sumber energi mobil listrik ini adalah energi listrik yang disimpan dalam baterai, kemudian diubah menjadi energi kinetik berupa motor yang berputar untuk memutar roda motor. Proses mobil listrik sedang dilakukan pengecasan dapat dilihat pada **Gambar 2.13**.



**Gambar 2.13** Mobil listrik sedang melakukan proses pengisian baterai (Setiono, 2016).

Daya pada mobil ini berasal dari enam baterai 12 volt 100 ampere yang dihubungkan secara seri, sehingga daya totalnya adalah 72 volt 100 ampere. Dengan cara ini, daya akan diteruskan ke rakitan kontaktor, yang disediakan oleh tegangan DC 48 volt, yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus dari sumber tegangan utama yang dikendalikan oleh kotak panci (pedal gas). Tenaga dari baterai diproses oleh pengontrol yang terdiri atas rangkaian elektronik otomotif khusus yang dilengkapi dengan pendingin tipe aluminium yang berfungsi sebagai pendingin komponen. Saat mengontrol daya dari baterai, rangkaian pengontrol terhubung langsung ke rangkaian kotak pot. Daya dari pengontrol diarahkan ke motor DC dengan kapasitas putar 44,4 kilowatt. Dalam sistem kendaraan ini diterapkan sistem keamanan, khususnya pada pengontrol daya sebagai antisipasi jika terjadi hal-hal yang tidak diinginkan. Sistem keamanan tersebut menerapkan metode pengontrolan yang berbasis pembalikan polaritas yang fungsi dasarnya memutuskan daya secara manual yang dapat dilakukan oleh pengemudi melalui tuas yang telah disediakan (Setiono, 2016).

Mobil listrik dapat bergerak karena ada rakitan motor listrik. Salah satunya adalah motor DC yang sesuai dengan namanya menggunakan arus searah DC. Motor DC digunakan untuk aplikasi khusus yang memerlukan start torsi tinggi atau akselerasi konstan untuk mencapai rentang kecepatan yang lebar. Motor DC memiliki tiga komponen utama: kutub magnet, generator, dan komutator. Keuntungan utama dari motor DC adalah sebagai pengatur kecepatan tidak mempengaruhi kualitas catu daya. Motor dapat dikontrol dengan mengatur: tegangan generator dan arus eksitasi (Zainuri dan Apriana, 2015).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Ruang *Workshop* Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada bulan Maret sampai September 2022.

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada **Tabel 3.1**.

**Tabel 3.1** Alat penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1	LCR	Mengukur nilai induktansi toroid
2	Multimeter	Mengukur tegangan dan arus
3	Solder	Untuk memotong kawat <i>email</i> yang akan digunakan
4	Tang	Untuk memotong kawat <i>email</i> yang akan digunakan
5	Lux meter	Untuk mengukur intensitas cahaya

Selanjutnya, bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada **Tabel 3.2**.

**Tabel 3.2** Bahan Penelitian

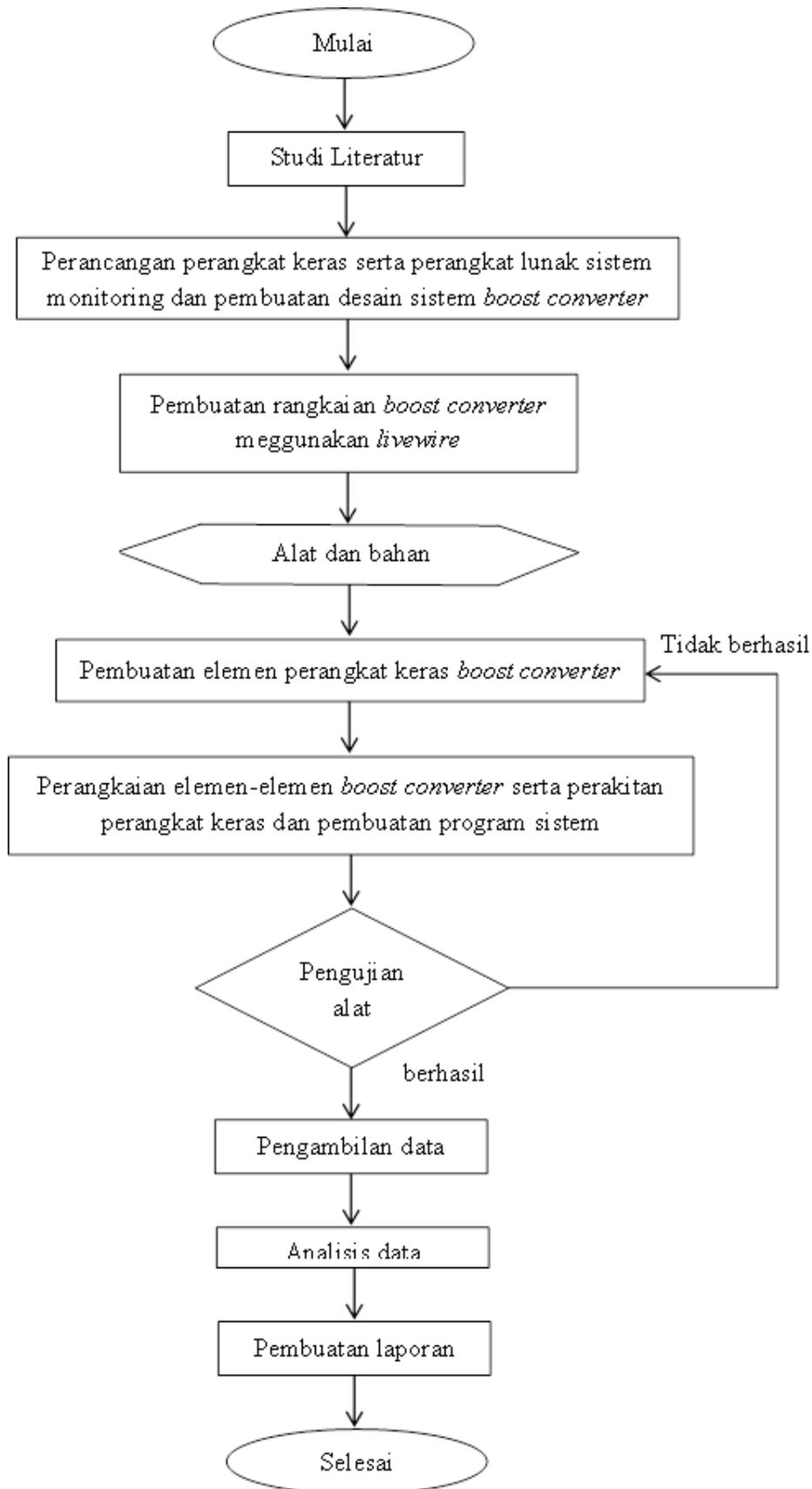
No	Nama Bahan	Fungsi
1	Panel Surya 100 Wp	Menyerap energi matahari untuk diubah menjadi energi listrik
2	Kabel Penghubung	Sebagai penghubung antar komponen
3	Konektor	Penghubung antar kabel
4	<i>Battery management system</i>	Untuk <i>memanagement</i> tegangan pada baterai
5	Dioda	Sebagai penyearah tegangan

**Tabel 3.2** Bahan penelitian

6	Baterai <i>lithium ion</i> 48 V 20 Ah	Sebagai media penyimpanan energi
7	Sensor arus ACS712	Untuk mengukur arus DC
8	Sensor tegangan DC	Untuk mengukur tegangan DC
9	LCD 20 x 4	Sebagai penampil data
10	Arduino uno	Untuk memproses data yang didapatkan dari sensor
11	Data <i>logger shield</i>	Untuk melakukan penyimpanan data pada <i>SD Card</i>
12	<i>SD Card</i>	Untuk menyimpan data
13	MOSFET IRFP460	Sebagai kompoenen <i>switching</i> pada rangkaian <i>boost</i>
14	<i>Solar charger Controller</i>	Sebagai komponen pengendali dalam proses pengisian baterai
15	Kapasitor	Untuk menyimpan tegangan dan sebagai filter dari rangkaian <i>boost</i> dan <i>gate driver</i>
16	Resistor	Digunakan sebagai tahanan
17	<i>Core ferit</i>	Sebagai induktor
18	IC TC4420	Sebagai <i>optocoupler</i> pada rangkaian <i>gate driver</i>
19	<i>Heat sink</i>	Sebagai peredam panas pada <i>fast switching</i> MOSFET
20	Kawat email	Digunakan untuk melilit <i>core ferit</i>
21	Potensiometer	digunakan untuk mengatur <i>duty cycle</i>
22	Saklar	Untuk memutus atau menyambungkan arus listrik

### 3.3 Prosedur Penelitian

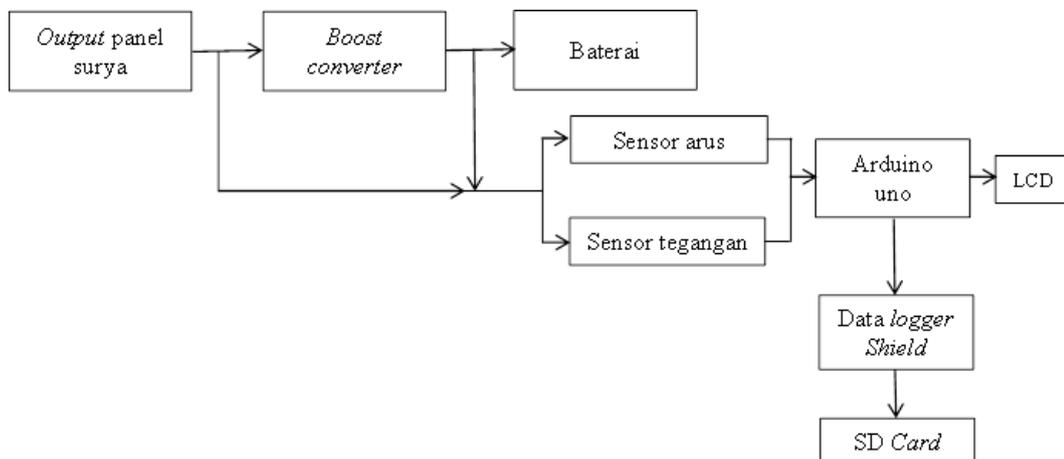
Penelitian ini terbagi menjadi tiga tahap yaitu tahap perancangan dan pembuatan sistem, pengujian alat dan pengambilan data. Secara umum diagram alir ini ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1** Diagram alir.

### 3.3.1 Perancangan Perangkat Keras serta Perangkat Lunak Sistem

Penelitian dilakukan dengan membuat inovasi prototipe pengoptimalan sistem pengecasan baterai mobil listrik menggunakan rangkaian *boost converter* dari tenaga surya menggunakan panel surya 100 Wp serta membuat alat pencatatan data *ouput* secara otomatis dengan menggunakan mikrokontroler arduino uno sebagai pengontrol utama dan *SD Card* berkapasitas 8 GB sebagai media penyimpanan nilai arus, tegangan dan daya *output* dari panel surya. Melalui proses pengisian baterai *lithium ion* yang diterapkan dengan rangkaian *boost converter* yang dirancang untuk menghasilkan energi listrik lebih optimal dan daya lebih tinggi untuk melakukan proses pengisian daya baterai *lithium-ion* dengan waktu pengisian yang lebih efektif. Perangkat pengisian dengan sirkuit *boost converter* dapat dikembangkan penggunaan baterai untuk kendaraan listrik. Diagram blok dari sistem ini dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



**Gambar 3.2** Diagram blok sistem.

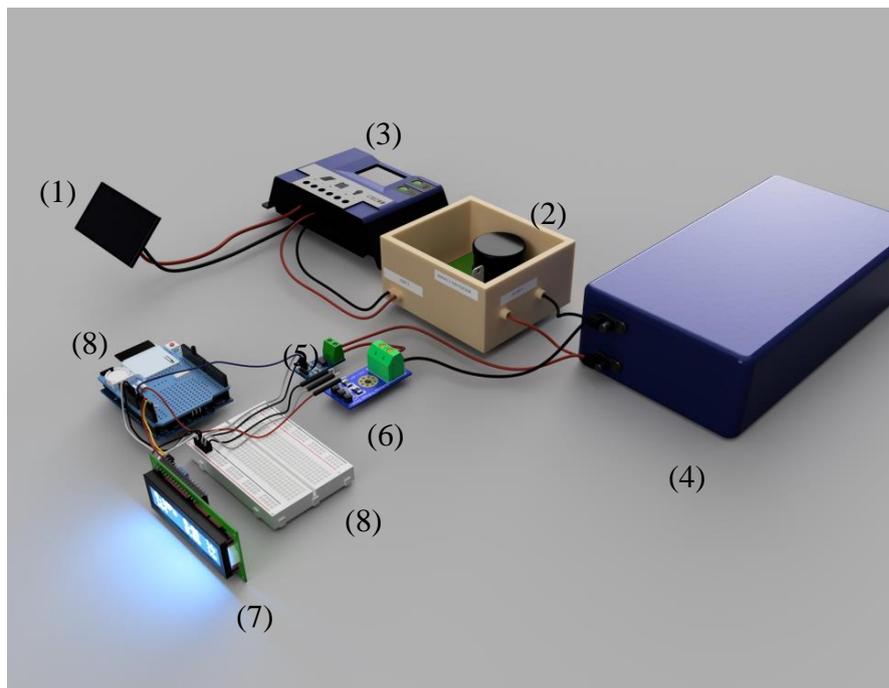
Desain akan menggunakan unit panel 100 Wp dipasang pada sudut kemiringan yang diatur secara horizontal atau pada  $30^\circ$  seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.3**.



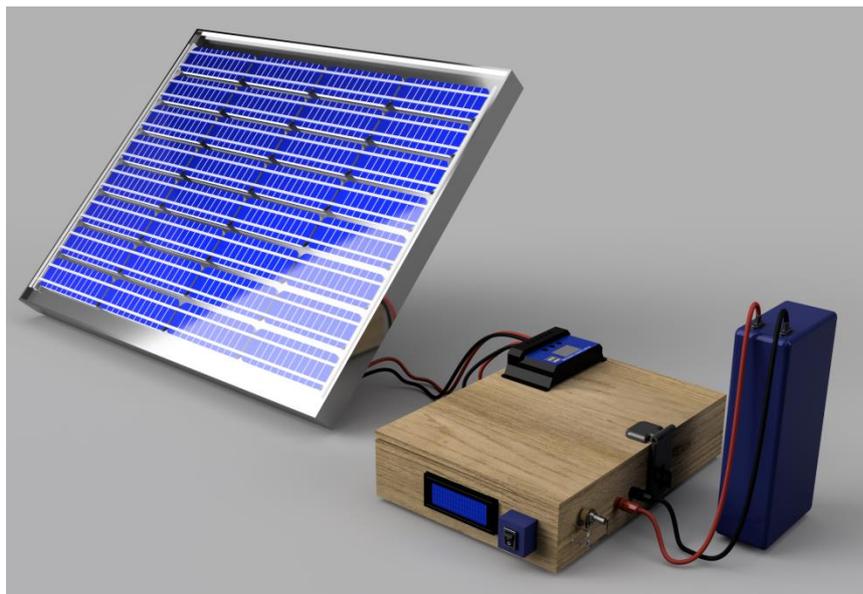
**Gambar 3.3** Posisi panel surya 30° menghadap matahari.

Pasang panel di siang hari mulai dari pukul 08.00 WIB sampai dengan pukul 14.00 WIB untuk mendapatkan penyinaran yang baik dari sumber energi yaitu sinar matahari, dengan menggunakan rangkaian *boost converter* yang diberikan variasi jumlah lilitan dan diameter kawat pada induktor. Nilai *output* panel surya yang dihasilkan sebelum penambahan rangkaian *boost converter* dan sesudah penambahan rangkaian *boost converter* berupa arus dan tegangan listrik kemudian terhubung ke sensor arus dan sensor tegangan. Selanjutnya nilai yang diperoleh sensor arus dan sensor tegangan dikirim ke mikrokontroler arduino uno. Mikrokontroler arduino uno berfungsi memproses data untuk ditampilkan pada layar LCD, selain itu mikrokontroler arduino uno juga berfungsi mengirim data ke data *logger shield* untuk proses pencatatan data. Pada data *logger shield* terpasang memori *SD card* yang berfungsi sebagai media penyimpan hasil pencatatan data *output*. Dalam perancangan perangkat lunak yang dibutuhkan adalah komputer dilengkapi dengan *software* arduino *Integrated Development Environment* (IDE) untuk mendesain perangkat lunak dan juga sebagai *driver* dari mikrokontroler arduino uno yang berfungsi untuk koneksi perangkat dengan komputer. Tahap

selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap tegangan kerja pada saat panel surya dengan beban yaitu baterai *lithium ion* 48 volt 20 Ah kemudian meletakkan panel surya secara langsung terpapar cahaya matahari. Skema alat ini dapat dilihat pada **Gambar 3.4** dan desain alat dapat dilihat pada **Gambar 3.5**.



**Gambar 3.4** Skema alat pengisian daya.



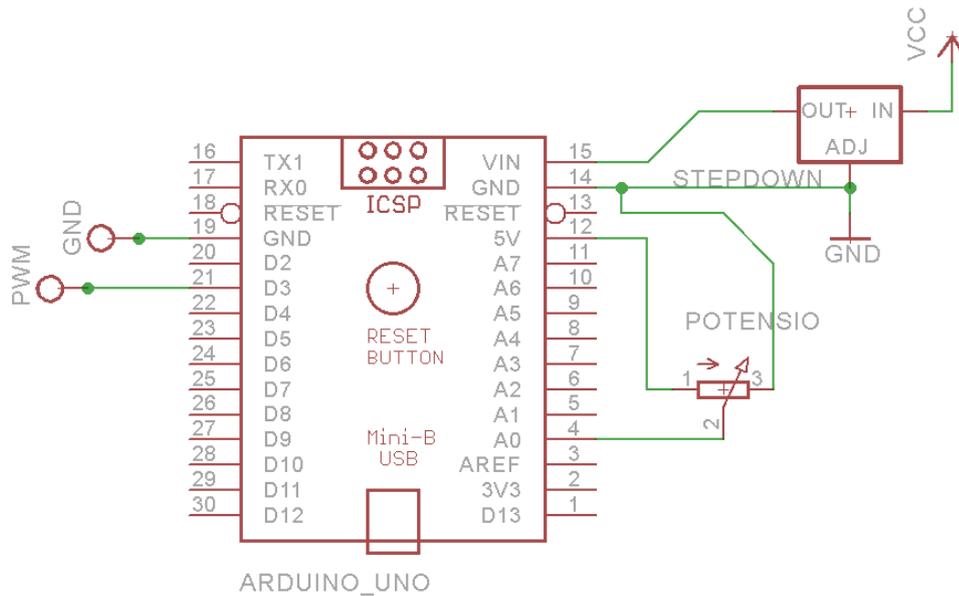
**Gambar 3.5** Desain alat pengisian daya.

Keterangan **Gambar 3.4:**

1. Panel surya
2. *Boost converter*
3. *Solar charger controller*
4. Baterai *lithium ion* 48 volt 20 Ah
5. Sensor arus ACS712
6. Sensor tegangan DC
7. LCD 20 x 4
8. Arduino uno dan *datta logger board*
9. *Breadboard*

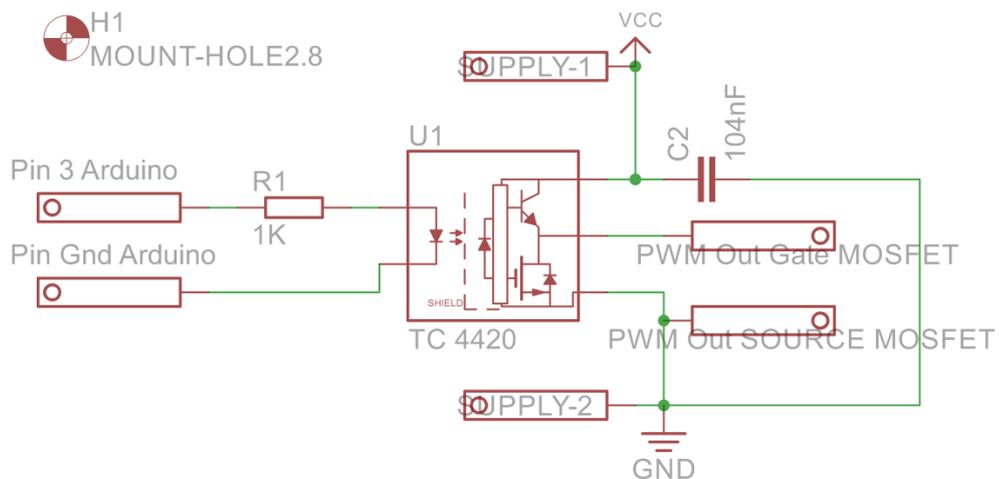
### 3.3.2 Perancangan Rangkaian *Boost Converter*

Rangkaian *boost converter* terdiri dari rangkaian kontrol, rangkaian *gate driver* dan rangkaian *boost*. Tahap perancangan rangkaian *boost converter* diawali dengan pembuatan rangkaian kontrol, rangkaian kontrol berfungsi sebagai pengendali tegangan *output* dari rangkaian *boost* agar sesuai dengan kebutuhan. Pengendalian ini dilakukan dengan mengatur nilai *duty cycle* dari sinyal PWM menggunakan potensiometer 1 K yang terangkai pada arduino. Pembangkitan sinyal PWM dilakukan menggunakan arduino uno pada pin pembangkit PWM diantaranya 3,5,6,9,10 serta 11. Penelitian ini menggunakan pin 3 sebagai pin pembangkit PWM. Perancangan rangkaian kontrol pada penelitian ditunjukkan pada **Gambar 3.6.**



**Gambar 3.6** Rancangan rangkaian kontrol.

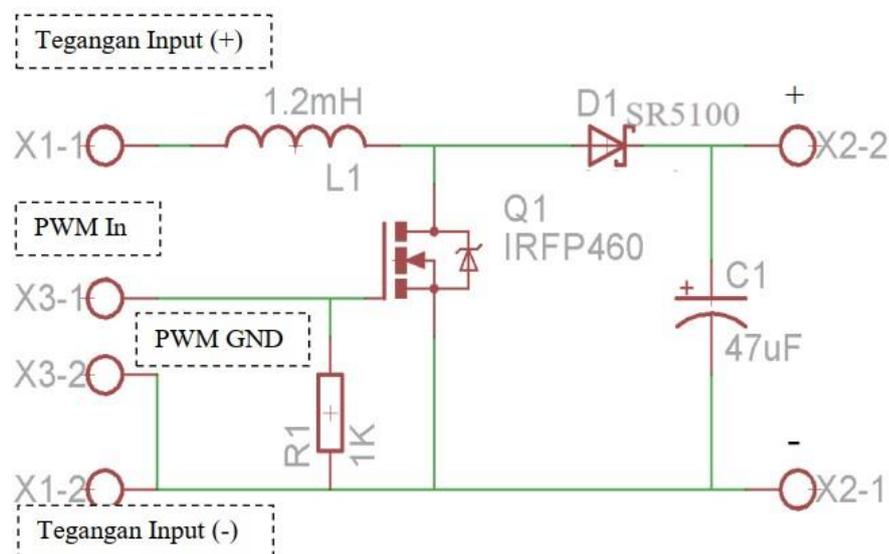
Selanjutnya perancangan rangkaian *gate driver*, rangkaian *gate driver* yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.7**.



**Gambar 3.7** Rancangan rangkaian *gate driver*.

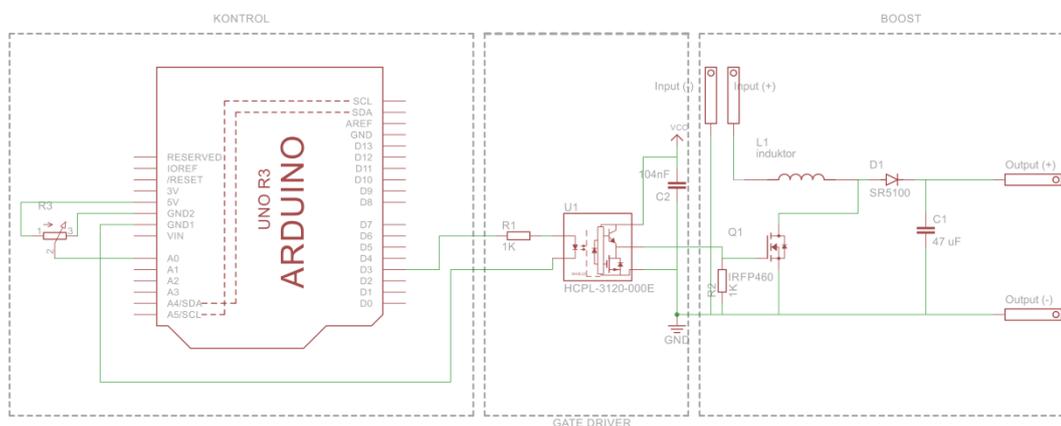
*Gate driver* digunakan untuk mengutkan tegangan sinyal (nilai *peak to peak*) PWM yang dihasilkan oleh mikrokontroler sebesar 5V menjadi tegangan yang mampu memicu gerbang gate pada MOSFET sesuai data *sheet* MOSFET yang digunakan. Rangkaian *gate driver* menggunakan IC TC4420 yang terhubung

dengan  $V_{cc}$  20 V serta kapasitor polyester 104 nf pada kaki 8 serta 5. Kaki 2 terhubung dengan pin 3 arduino uno yang merupakan pin pembangkit sinyal PWM sedangkan GND arduino uno terangkai pada pin 3 IC TC4420. *Output* rangkaian *gate driver* terdapat pada pin 6 dan 5. *Output* pada pin 6 akan di salurkan pada gerbang *gate* MOSFET sedangkan *output* pada pin 5 akan di salurkan pada gerbang *source* MOSFET. Selanjutnya perancangan rangkaian *boost*, rangkaian *boost* digunakan sebagai rangkaian penaik tegangan keluaran panel surya. Rangkaian *boost* menggunakan induktor dengan tiga variasi lilitan yaitu 96, 42, dan 18 lilitan dengan ukuran diameter tetap 1 mm dan variasi diameter kawat yaitu 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm dengan jumlah lilitan tetap yaitu 42 lilitan. Rangkaian *boost* yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 3.8** dengan menggunakan komponen Kapasitor dengan nilai 47 uf/ 50 v, MOSFET IRFP460 dan arduino UNO sebagai pembangkit PWM.



**Gambar 3.8** Rancangan rangkaian *boost*.

Setelah mempersiapkan ketiga rangkaian diatas, selanjutnya setiap rangkaian tersebut dirangkai menjadi satu sistem rangkaian *boost converter*. Rancangan rangkaian *boost converter* secara keseluruhan ditunjukkan pada **Gambar 3.9**.



**Gambar 3.9** Rangkaian keseluruhan *boost converter*.

### 3.3.3 Pengujian Alat

Pada tahap ini terlebih dahulu dilakukan pengujian alat *boost converter* secara bergantian dibawah sinar matahari, dilakukan pada pukul 08:00 WIB sampai 14:00 WIB. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem *charging* baterai *lithium ion* dengan rangkaian tambahan *boost converter* dapat digunakan dalam proses *charging* baterai *lithium ion*.

Pengujian sistem terlebih dahulu dilakukan pada slot *SD Card*, menggunakan mikrokontroler arduino uno dan *data logger shield*. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan sd card ke dalam slot *SD Card* yang terdapat pada *data logger shield*, kemudian melakukan proses pemrograman pada mikrokontroler arduino uno untuk menyimpan data tersebut pada *SD Card*. Jika *input* data oleh mikrokontroler disimpan pada *SD Card*, maka *SD Card* bekerja dengan baik. Pengujian *RTC (real time clock)* dilakukan dengan memberikan *input* data urutan

*real time* yang diterima oleh arduino dan kemudian ditampilkan pada LCD. Jika data waktu *input* yang ditampilkan pada LCD sesuai dengan yang diprogram, maka rangkaian dapat bekerja dengan baik. Pengujian sensor arus dilakukan dengan menggunakan arduino uno yang diprogram untuk pemrosesan nilai *analog* yang dibaca oleh sensor arus untuk ditampilkan di LCD kemudian nilai yang ditampilkan di LCD dibandingkan dengan nilai yang diperoleh dengan pengukuran menggunakan multimeter. Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan menggunakan arduino uno yang diprogram untuk pemrosesan nilai analog yang dibaca oleh sensor tegangan untuk ditampilkan di LCD kemudian nilai yang ditampilkan di LCD dibandingkan dengan nilai *input* dari power *supply*.

Pengujian keseluruhan sistem pengisian baterai *lithium ion* dilakukan dengan menguji sistem bahwa dapat mengisi baterai *lithium ion* dengan rangkaian *boost converter* menggunakan variasi 3 lilitan yaitu 96, 42, dan 18 lilitan dengan ukuran diameter tetap 1 mm dan variasi 3 diameter kawat yaitu 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm dengan jumlah lilitan tetap yaitu 42 lilitan.

### **3.4 Rancangan Data Hasil Penelitian**

Data yang diperoleh pada penelitian ini yaitu data tegangan, arus, daya dan lama waktu pengecasan baterai *lithium ion* 48 V 20 Ah dengan rangkaian *boost converter* dan tanpa rangkaian *boost converter*. Data pengamatan pada penelitian ini akan diambil pada pukul 08:00 WIB sampai 14:00 WIB dan diletakkan langsung dibawah cahaya matahari. Rancangan data hasil penelitian disajikan pada **Tabel 3.3**, **Tabel 3.4**, dan **Tabel 3.5**.

**Tabel 3.3** Hasil pencatatan data karakteristik energi listrik

No	Waktu (Menit ke)	Tegangan Panel (V)	Tegangan <i>Boost Converter</i> (V)	Arus (A)	Daya (watt)	Intensitas Cahaya (lux)
1						
2						
.....						
5						

**Tabel 3.4** Data pengaruh duty cycle terhadap tegangan dan arus *output*

Nilai Duty Cycle (%)	Tegangan (V)	Arus (A)
10		
20		
30		
40		
50		
60		
70		
80		
90		
100		

**Tabel 3.5** Data pengisian baterai dengan *boost converter*

Tegangan Baterai (V)	Waktu (Menit ke-)
	0
	20
	40
	60
	80
	100
	120
	140
	160
	180
	200
	220
	240

**Tabel 3. 6** Data pengisian baterai dengan *boost converter*

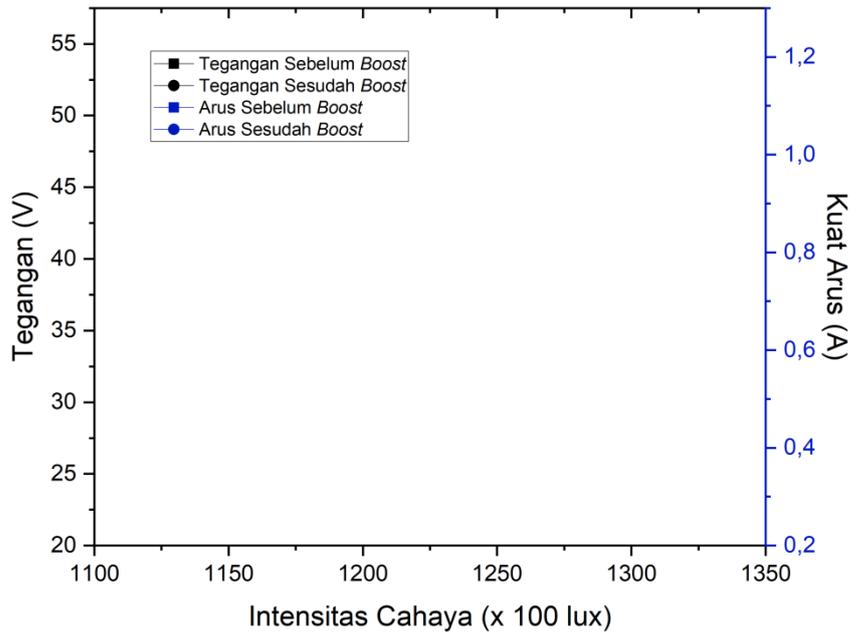
---

260
280
300
320
340
360

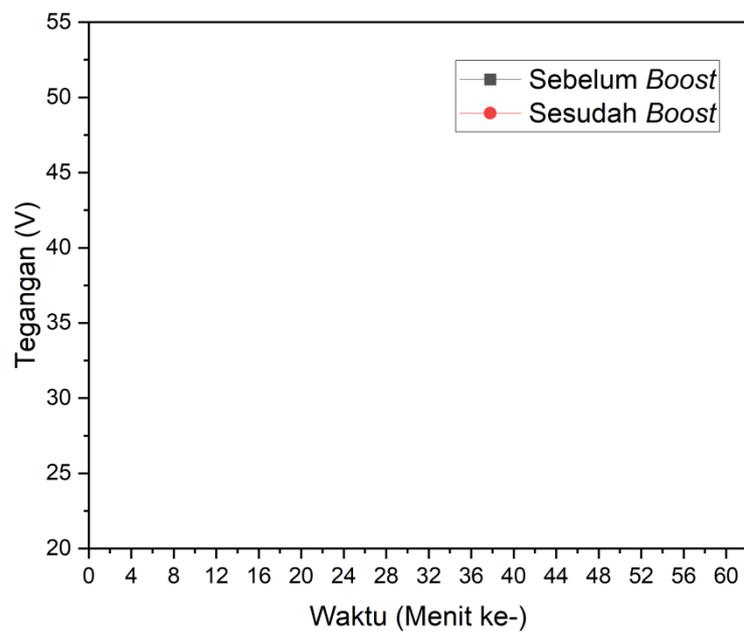
---

### 3.5 Rancangan Analisis Data Pengamatan

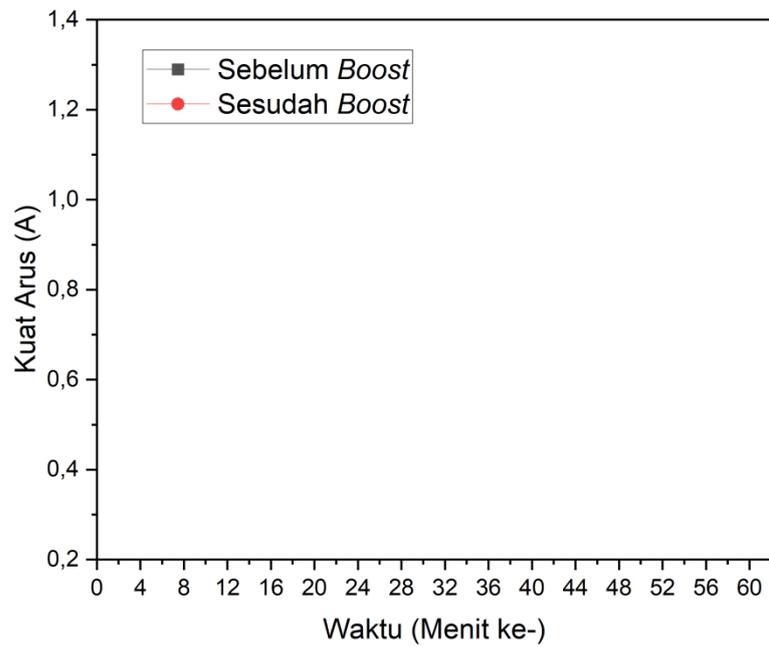
Data hasil penelitian yang diperoleh akan dibuat grafik dan dianalisis bagaimana nilai dari arus, tegangan dan daya yang diperoleh dengan rangkaian *boost converter* variasi lilitan dan diameter kawat pada induktor, pengaruh intensitas cahaya terhadap daya panel, arus panel, daya *boost converter* dan arus *boost converter*, pengaruh nilai *duty cycle* terhadap tegangan dan arus *output*, serta perbandingan nilai tegangan baterai selama proses pengisian selama 360 menit. Analisis data di plot dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.10, Gambar 3.11, Gambar 3.12, Gambar 3.13, Gambar 3.14 dan Gambar 3.15.**



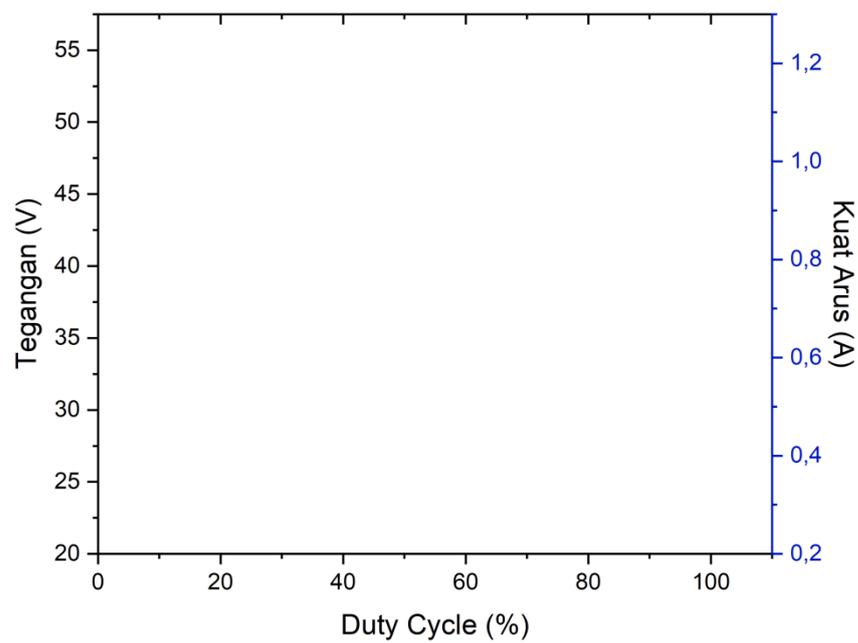
**Gambar 3.10** Grafik pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap tegangan dan arus untuk 3 variasi lilitan dan diameter kawat induktor.



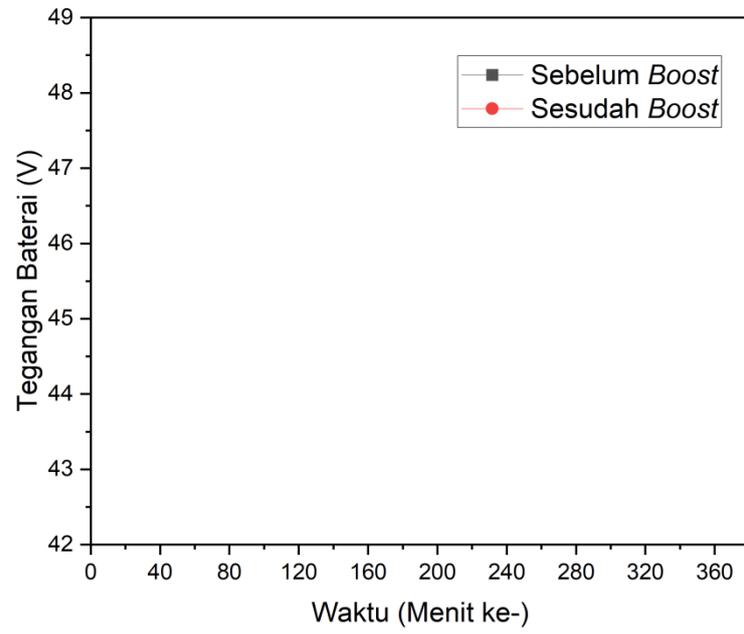
**Gambar 3.11** Grafik hasil tegangan untuk 3 variasi lilitan dan diameter kawat induktor.



**Gambar 3.12** Grafik hasil arus untuk 3 variasi lilitan dan diameter kawat induktor.



**Gambar 3.13** Grafik pengaruh *duty cycle* terhadap tegangan dan arus *output boost converter*.



**Gambar 3.14** Grafik hubungan tegangan baterai terhadap waktu.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran, pengamatan dan pengujian pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Rangkaian *Boost converter* memberikan pengaruh dalam hal peningkatan tegangan *output* dan penurunan arus *output* dari energi yang dihasilkan oleh panel surya.
2. Optimalisasi proses pengisian baterai selama 360 menit terjadi saat menggunakan induktor dengan jumlah lilitan kawat paling banyak yaitu 96 dan diameter kawat paling besar yaitu 1,5 mm.
3. Tegangan maksimum yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 23,86 volt, setelah ditambahkan rangkaian *boost converter* tegangan listrik maksimum mencapai 51,56 volt.
4. Sistem pencatatan data *output* secara otomatis berbasis mikrokontroler arduino dapat mencatat hasil pengukuran *output* secara otomatis setiap 10 detik, data yang tersimpan pada *SD Card* adalah data tanggal, waktu, nilai arus, nilai tegangan dan nilai daya yang dihasilkan baik sebelum maupun sesudah *boost converter* yang disimpan dengan format *text document* (txt).

## 5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah sebaiknya dalam perancangan rangkaian *boost converter* untuk bagian induktor menggunakan jumlah lilitan yang banyak dan diameter kawat yang besar agar nilai induktansi yang dihasilkan besar sehingga daya *output* yang dihasilkan lebih optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfaris, A., & Yuhendri, M. (2020). Sistem Kendali dan Monitoring *Boost Converter* Berbasis GUI (*Graphical User Interface*) Matlab Menggunakan Arduino. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 266–272.
- Assyidiq, M. A., Winardi, B., & Andromeda, T. (2017). Perancangan *Boost Converter* Menggunakan *Voltage Feedback* pada Panel Surya. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 6(3), 404-410.
- Bandri, S., Andari, R., & Tias, F. N. (2021). Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Tegangan dan Arus yang Dihasilkan Panel Surya. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(2), 106-113.
- Baskoro, F., Hamdani, R. W., & Haryudo, S. (2021). Studi Literatur Pengaruh Kendali Boost Konverter Menggunakan Kontrol Pid pada Kecepatan Motor Dc. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 271-279.
- BPS. (2019). *Statistik Transportasi Darat*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Dani, F. R., Candra, F., & Soesilo, E. (2018). Perancangan Internet *Supervisory Control* dan *Data Acquisition* (I –Scada) Universitas Bung Hatta. *Prosiding Seminar Nasional Teknik*, 3(2), 31-47.
- Destiarini, & Kumara, P. W. (2019). Robot *Line Follower* Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Atmega328 . *Jurnal Informatika*, 5(1), 18–25.
- Duffie, A. W., & Beckman, A. (2008). In *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley and Sons. New york.
- Effendi, Khoirul. (2019). *Rancang Bangun Sistem Catu Daya dengan Metode Switching Mode Power Supply (SMPS) Berbasis Arduino untuk Aplikasi Electrospinner*. (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung.
- Hasrul, Rahmat. (2021). Analisis Efisiensi Panel Surya sebagai Energi Alternatif. *Jurnal Sains, Energi Teknologi dan Industri*, 5(2), 79-87.

- Heriana, E., Hakim, M. A., Ekoprianto, A., Sukmara, S., & Susanto, D. (2022). Rancangan Kapasitas Baterai dan Sistem *Charger* pada Mobil Kampus. *Jurnal Technoma*, 1(2), 51-59.
- Heryanto, R., Facta, M., & Riyandi, M. (2015). Perancangan Inverter Half Bridge sebagai Catu Daya Tegangan Tinggi AC Frekuensi Tinggi dengan Beban Kumpanan Tesla dan Dielectric Barrier Discharge Chamber. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 4(1), 114-121.
- Hushaini, M., Hasan, H., & Gapy, M. (2019). Stabilisasi Tegangan DC Menggunakan Boost Konverter. *Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 128-136.
- Julisman, A., Sara, I. D., & Siregar, R. H. (2017). Prototipe Pemanfaatan Panel Surya sebagai Sumber Energi pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola. *Jurnal Online Teknik Elektro*, 2(1), 35-42.
- Kadir, A. (2013). *Panduan praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino*. Andi. Yogyakarta.
- Lianda, J., & Custer, J. (2019). Sistem Monitoring Panel Surya Menggunakan Data Logger Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Seminar Nasional Industri Dan Teknologi (SNIT)*, 4(2), 381-388.
- Liun, E. (2018). Dampak Peralihan Massal Transportasi Jalan Raya ke Mobil Listrik. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 19(2), 113-122.
- Luthfansyah, M. (2021). Peningkatan Kinerja Pengisian Baterai Panel Surya pada *Electric Vehicle Charging Station System* Berbasis Kombinasi Algoritma Kontrol Mppt-Avps dan *Proportional Integral*. *Thesis (Masters) Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Marsudi, M. (2013). *Teknisi Otodidak Sepeda Motor Bebek Belajar Teknik dan Perawatan Kendaraan Ringan Mesin*. Andi. Yogyakarta.
- Melipurbowo, B. G. (2016). Pengukuran Daya Listrik Real Time dengan Menggunakan Sensor Arus ACS712. *Orbith*, 12(1), 17-23.
- Mintorogo, D. S. (2000). Strategi Aplikasi Sel Surya ( *Photovoltaic Cells* ) pada Perumahan dan Bangunan Komersial. *Dimensi Teknik Arsitektur*, 28(2), 129-141.
- Padillah, F., & Saodah, S. (2014). Perancangan dan Realisasi Konverter DC-DC Tipe *Boost* Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535. *Jurnal Reka Elkomika*, 2(1), 61-74.

- Parinduri, L., & Parinduri, T. (2018). Kontribusi Konversi Mobil Konvensional Ke Mobil Listrik dalam Penanggulangan Pemanasan Global. *Journal of Electrical Technology*, 3(2), 116–120.
- Pauzi, G. A., Rahma, D., Suciyati, S. W., & Surtono, A. (2020). Rancang Bangun Prototipe Pengoptimal Charging Baterai pada Mobil Listrik dari Pembangkit Tenaga Surya dengan Menggunakan Sistem Boost Converter. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, 1(2), 40–46.
- Pramesti, Imas, Sindi. (2022). *Rancang Bangun Rangkaian Boost Converter pada Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro untuk Percepatan Pengisian Baterai (Skripsi)*. Universitas Lampung. Lampung.
- 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.
- Putra, B. S., Rusdinar, A., Kurniawan, E., Elektro, F. T., Telkom, U., Telekomunikasi, J., & Listrik, M. (2015). Desain dan Implementasi Sistem Monitoring dan Manajemen Baterai Mobil Listrik. *E-Proceeding of Engineering*, 2(2), 1909–1916.
- Rahma, Diana. (2020). *Rancang Bangun Prototipe Pengoptimal Charging Baterai pada Mobil Listrik dari Pembangkit Tenaga Surya dengan Menggunakan Sistem Boost Converter (Skripsi)*. Universitas Lampung. Lampung.
- Rahman, A. N., Lin, W. C., Chen, J. B., Lin, J. Y., Chang, Y. C., Chiu, H. J., & Hsieh, Y. C. (2017). Design and implementation of high efficiency low-profile bidirectional dc-dc converter. *Asian Conference on Energy, Power and Transportation Electrification (ACEPT)*, 10(11), 1-6.
- Ratnasari, T., & Senen, A. (2017). Perancangan Prototipe Alat Ukur Arus Listrik AC dan DC Berbasis Mikrokontroler Arduino dengan Sensor Arus ACS712 30 Ampere. *Jurnal Ilmiah Sutet*, 7(2), 28–33.
- Saputry, A. P., T, L., & Y, A. (2019). Pengaruh Rasio LiBOB: TiO<sub>2</sub> dari Lembaran Polimer Elektrolit sebagai Pemisah terhadap Kinerja Elektrokimia Baterai Lithium Ion Berbasis LTO. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 22(4), 136–142.
- Satya, T. P., Puspasari, F., Prisyanti, H., & Meilani Saragih, E. R. (2020). Perancangan dan Analisis Sistem Alat Ukur Arus Listrik Menggunakan Sensor Acs712 Berbasis Arduino Uno dengan Standard Clamp meter. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 11(1), 39–44.

- Setiono, L. (2016). Perancangan Mekanika dan Realisasi Kontrol Mobil Listrik. *E-Proceeding of Engineering*, 3(3), 1–7.
- Sitorus, T. B., Napitupulu, F. H., & Ambarita, H. (2014). Korelasi Temperatur Udara dan Intensitas Radiasi Matahari terhadap Performansi Mesin Pendingin Siklus Adsorpsi Tenaga Matahari. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(1), 8–17.
- Soedjarwanto, N., Muda, M. A., Komalasari, E., & Jauhari, V. (2019). Rancang Bangun *Boost Converter* untuk *Charging* Baterai *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) Bertenaga Surya. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 13(3), 89–93.
- Sujatmiko, H., & Nana, M. (2018). Trainer Alat Pemilah Barang Otomatis Berdasarkan Tinggi Benda Berbasis Arduino Uno sebagai Media Pembelajaran Mahasiswa di Politeknik Harapan Bersama. *Jurnal Polekro*, 7(2), 31–34.
- Suwito, Suhanto, & Kustori. (2017). Sistem Baterai *Charging* pada *Solar Energy System* dengan *Buck Boost Converter* untuk Berbagai Tingkat Pencahayaan di Bandar Udara. *Jurnal Teknologi Penerbangan*, 1(1), 39–48.
- Wibowo, I. A., Sudiby, C., & Basori. (2014). Pengaruh Penggunaan *Battery Life Extender Technology* terhadap Temperatur *Charging* dan Berat Elektrolit pada *Yuasa Lead Acid Battery Tipe Liquid Vented 12 V 5 Ah*. *Jiptek*, 7(1), 54–62.
- Winata, P. P. T., Wijaya, I. W. A., & Suartika, I. M. (2016). Rancang Bangun Sistem Monitoring *Output* dan Pencatatan Data pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino. *E-Journal SPEKTRUM*, 3(1), 1–6.
- Yuliananda, S., Sarya, G., & Hastijanti, R. (2015). Pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 193-202.
- Zainuri, F., & Apriana, A. (2015). Optimalisasi Rancang Bangun Mobil Listrik Sebuah Alternatif Krisis Energi Dunia. *Politeknologi*, 14(3), 1–8.