

# **PEMBAGIAN DAYA DARI BEBERAPA SOLAR PANEL**

## **PROYEK AKHIR**

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



Disusun Oleh :

Putri Andreani                      NIRM : 0031822

Salsabila Mahareni                NIRM : 0031824

**POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI**  
**BANGKA BELITUNG**  
**TAHUN 2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**JUDUL PROYEK AKHIR**  
**PEMBAGIAN DAYA DARI BEBERAPA SOLAR PANEL**

Olch:

Putri Andreani

NIRM : 0031822

Salsabila Mahareni

NIRM : 0031824

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

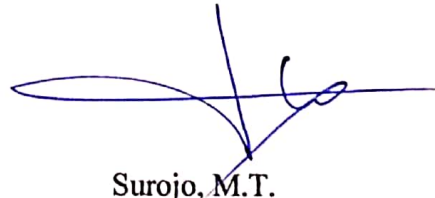
Menyetujui,

Pembimbing 1



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

Pembimbing 2



Surojo, M.T.

Penguji 1



Aan Febriansyah, M.T.

Penguji 2



Zanu Saputra, M.Tr.T.

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Putri Andreani                      NIRM : 0031822

Nama Mahasiswa 2 : Salsabila Mahareni                      NIRM : 0031824

Dengan Judul : PEMBAGIAN DAYA DARI BEBERAPA SOLAR  
PANEL

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, 22 Agustus 2021

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Putri Andreani

  
.....

2. Salsabila Mahareni

  
.....

## ABSTRAK

*Solar panel merupakan salah satu alat yang dapat menghasilkan energi listrik dengan mengubah sinar cahaya matahari sebagai sumber utamanya. Daya listrik yang dihasilkan oleh solar panel berbeda-beda dan tidak stabil tergantung dengan intensitas cahaya matahari yang dapat diserapnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu alat yang dapat mengatur daya yang dihasilkan oleh beberapa solar panel untuk pemenuhan daya beban yang dibutuhkan. Dalam hal ini, Pembagian Daya dari Beberapa Solar Panel dirancang agar dapat mengatur serta membagi daya yang berbeda-beda tersebut agar daya beban yang dibutuhkan tercapai. Dalam pengujian ini digunakan DC-DC Converter XL6019 tipe buck-boost untuk mengatur daya input dari solar panel agar tetap stabil dalam pemenuhan daya beban. Pengaturan daya tersebut dilakukan dengan memanfaatkan Arduino MEGA2560 sebagai kontrol otomatis dengan mengatur trigger PWM yang diberikan pada DC-DC Converter. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapati bahwa alat ini dapat mengatur serta membagi daya masing-masing setiap solar panel, solar panel 1 dan solar panel 2 ditentukan pada persentase sebesar 60% dan 40% dengan nilai besaran dayanya yaitu 5,71 mW dan 3,8 mW yang akan diambil dari daya maksimum yaitu 9 mW yang dihasilkan oleh setiap solar panel sehingga dapat memenuhi daya beban sebesar 100%, kemudian hasil dari pengujian alat ditampilkan dalam bentuk grafik.*

**Kata Kunci:** *Solar Panel, Daya Solar Panel, Pembagi Daya Solar Panel Berbeda.*

## **ABSTRACT**

*Solar panels are one of the tools that can produce electrical energy by converting sunlight as its main source. The electrical power generated by solar panels varies and is unstable depending on the intensity of sunlight it can absorb. Therefore, a tool is needed that can regulate the power generated by several solar panels for the fulfillment of the required load power. In this case, the Power Sharing of Several Solar Panels is designed to be able to organize and divide these different power so that the required load power is achieved. In this test, the DC-DC Converter XL6019 buck-boost type is used to adjust the input power of the solar panel to remain stable in load power fulfillment. The power setting is done by utilizing the Arduino MEGA2560 as an automatic control by adjusting the PWM trigger given to the DC-DC Converter. From the results of tests that have been done found that this tool can regulate and divide the power of each solar panel, solar panel 1 and solar panel 2 determined at a percentage of 60% and 40% with a power value of 5.71 mW and 3.8 mW which will be taken from the maximum power of 9 mW produced by each solar panel so that it can meet the load power of 100%, then the results of the test tool are displayed in graphic form.*

**Keywords:** *Solar Panel, Solar Panel Power, Different Solar Panel Power Distribution.*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir. Adapun tujuan disusunnya makalah ini adalah sebagai syarat dan kewajiban mahasiswa untuk menyelesaikan kurikulum program pendidikan Diploma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Penyusun mencoba untuk menerapkan ilmu pengetahuan yang telah dipelajari selama 3 tahun mengecap pendidikan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung pada pembuatan alat dan makalah 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 laporan ini, diantaranya:

1. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dan pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam mengarahkan pengarahan dalam penulisan Laporan Proyek Akhir ini.
2. Bapak Surojo, M.T., selaku pembimbing II yang telah memberikan saran-saran dan solusi dari masalah-masalah yang dihadapi selama proses perencanaan dan pembuatan alat, serta penyusunan laporan.
3. Bapak M. Iqbal Nugraha, M.Eng., selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro dan Informatika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Ocsirendi, M.T., selaku Kepala Prodi Diploma III Teknik Elektronika dan Dosen Wali Kelas III Teknik Elektronika A Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Seluruh staf pengajar di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

6. Keluarga besar yang selalu senantiasa memberikan kasih sayang, do'a, dukungan moril maupun materi dan semangat.
7. Rekan-rekan mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah banyak membantu selama menyelesaikan Proyek Akhir.
8. Pihak-pihak lain yang telah memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan Proyek Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan 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 bermanfaat untuk kita semua. Terima kasih.

Sungailiat, 22 Agustus 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT .....	iii
ABSTRAK .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 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 2 DASAR TEORI .....	3
2.1 <i>Solar Panel</i> .....	3
2.1.1 <i>Maximum Power</i> (Pmax) .....	4
2.1.2 <i>Maximum Power Current</i> (Imp).....	4
2.1.3 <i>Maximum Power Voltage</i> (Vmp).....	4
2.1.4 <i>Open Circuit Voltage</i> (Voc).....	5
2.1.5 <i>Short Circuit Current</i> (Isc).....	5
2.2 Arduino Mega 2560.....	5
2.2.1 Pengertian Arduino Mega 2560 .....	5
2.2.2 Spesifikasi Arduino Mega 2560 .....	6
2.3 <i>Buck-Boost Converter</i> .....	7
2.4 Sensor Tegangan.....	8
2.5 Sensor Arus INA219.....	9
BAB 3 METODE PELAKSANAAN .....	11



3.1	Rancangan Alat Proyek Akhir.....	11
3.1.1	<i>Wiring Diagram</i> .....	11
3.2	Komponen yang digunakan.....	13
3.2.1	<i>Solar Panel</i> .....	14
3.2.2	<i>Buck-Boost Converter</i> .....	16
3.2.3	Sensor Tegangan .....	17
3.2.4	Sensor Arus INA219.....	17
BAB 4 PEMBAHASAN .....		18
4.1	DC-DC Converter ( <i>Buck-Boost Converter</i> ).....	18
4.2	Sensor Tegangan dan Sensor Arus .....	19
4.3	Percobaan Dua <i>Duty Cycle</i> yang Berbeda .....	32
4.4	Tegangan yang dihasilkan Beban Stabil pada Nilai 9V.....	35
4.5	Pembuatan <i>Hardware</i> Serta Dudukan Komponen Proyek Akhir.....	41
4.6	Pengujian Alat Menggunakan <i>Solar Panel</i> .....	43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		44
5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran .....	44
DAFTAR PUSTAKA .....		45

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560 [11] .....	6
Tabel 2.2 Konfigurasi Pin pada XL6019 [15] .....	8
Tabel 3.1 Spesifikasi Komponen yang Digunakan.....	13
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Buck-Boost Converter</i> XLSEMI 6019.....	16
Tabel 4.1 Data Persentase Error Sensor Tegangan dan Sensor Arus .....	20
Tabel 4.2 Data Tegangan Beban Stabil Antara Kisaran 8.8 V Sampai 9.2 V .....	35

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Solar Panel</i> [4] .....	3
Gambar 2.2 Spesifikasi <i>Output Solar Panel</i> yang dinilai [7].....	4
Gambar 2.3 Arduino Mega 2560 [10].....	6
Gambar 2.4 Rangkaian <i>Buck-Boost Converter</i> [14] .....	7
Gambar 2.5 Konfigurasi Pin XL6019 [15].....	8
Gambar 2.6 Sensor Tegangan [20] .....	9
Gambar 2.7 Rangkaian Pembagi Tegangan [21].....	9
Gambar 2.8 Sensor Arus INA219 [23] .....	10
Gambar 2.9 Konfigurasi PIN INA219 [24].....	10
Gambar 3.1 Rangkaian Uji Coba.....	12
Gambar 3.2 <i>Solar Panel</i> yang digunakan .....	14
Gambar 3.3 Spesifikasi <i>Solar Panel</i> .....	15
Gambar 3.4 <i>Hardware XLSEMI 6019</i> .....	16
Gambar 3.5 <i>Hardware Sensor Tegangan</i> .....	17
Gambar 3.6 <i>Hardware INA219</i> .....	17
Gambar 4.1 Grafik Pengujian DC-DC <i>Converter</i> (1), (2) dan (3) .....	19
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Sensor Tegangan dengan Beban 100R .....	28
Gambar 4.3 Grafik Pengujian Sensor Arus INA219 dengan Beban 100R .....	28
Gambar 4.4 Grafik Pengujian Sensor Tegangan dengan Beban 1000R .....	29
Gambar 4.5 Grafik Pengujian Sensor Arus INA219 dengan Beban 1000R .....	29
Gambar 4.6 Grafik Pengujian Sensor Tegangan dengan Beban 40R .....	30
Gambar 4.7 Grafik Pengujian Sensor Arus INA219 dengan Beban 40R .....	30
Gambar 4.8 Grafik Pengujian Sensor Tegangan dengan Beban 20R .....	31
Gambar 4.9 Grafik Pengujian Sensor Arus INA219 dengan Beban 20R .....	31
Gambar 4.10 <i>Duty Cycle</i> 1 = 0-255 dan <i>Duty Cycle</i> 2 = 190.....	34
Gambar 4.11 <i>Duty Cycle</i> 1 = 190 dan <i>Duty Cycle</i> 2 = 0-255.....	34
Gambar 4.12 Dudukan Komponen Proyek Akhir Tampak Atas.....	41
Gambar 4.13 Dudukan Komponen Proyek Akhir Tampak Samping .....	42

Gambar 4.14 Grafik Daya *Solar Panel* 1=60% dan *Solar Panel* 2=40% ..... 43

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2: *List* Program Arduino

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

*Solar panel* merupakan alat yang dapat mengubah sinar matahari menjadi energi listrik [1]. *Solar panel* sendiri mempunyai beberapa manfaat salah satunya dapat digunakan sebagai alternatif penghematan sumber energi yang tidak dapat diperbarui sehingga dalam penerapannya bebas polusi dan tidak mencemari lingkungan. Selain itu, *solar panel* memiliki kekurangan dalam penerapannya yakni tegangan *output* yang dihasilkan berdasarkan intensitas cahaya yang diterima. Intensitas cahaya matahari setiap waktu berubah-ubah dipengaruhi beberapa faktor seperti hujan, sore atau malam hari serta cahaya matahari yang tertutup awan sehingga tegangan yang dihasilkan *solar panel* tidak stabil atau berbeda-beda.

Tegangan yang tidak stabil serta berbeda-beda tersebut akan mempengaruhi arus yang mengalir serta kapasitas beban yang dibutuhkan tidak terpenuhi. Ada beberapa cara agar tegangan yang dihasilkan oleh *solar panel* dapat dimaksimalkan. Cara tersebut adalah dengan menghubungkan beberapa *solar panel* yang menghasilkan tegangan yang berbeda-beda secara seri ataupun paralel. Dalam hubungan seri akan menghasilkan tegangan yang tinggi, sedangkan dalam hubungan paralel akan menghasilkan arus yang tinggi [2]. Namun dalam hal ini, *solar panel* yang telah dihubungkan dalam hubungan seri atau paralel tersebut belum sepenuhnya dapat memenuhi kebutuhan daya beban yang diinginkan. Diperlukan suatu alat yang dapat mengontrol serta membagi setiap tegangan berbeda-beda yang dihasilkan setiap *solar panel* tersebut.

Oleh karena itu, dalam Proyek Akhir yang berjudul Pembagian Daya dari Beberapa *Solar Panel* ini akan dibuat sebuah alat yang dapat mengatur daya *output* berbeda-beda yang dihasilkan dari beberapa *solar panel* sebagai sumber energi utama untuk memenuhi daya beban yang sama. Setiap daya *output* yang dihasilkan oleh beberapa *solar panel* dideteksi oleh alat ini dan dapat diatur,

sehingga jumlah daya *output* yang dihasilkan tidak kurang atau melebihi daya beban yang dibutuhkan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang didapat pada Proyek Akhir ini adalah:

1. Bagaimana cara membuat panel kontrol alat yang dapat mengatur daya *output solar panel*, dengan tegangan *output* dapat diatur sesuai dengan kebutuhan beban.
2. Bagaimana cara membuat alat yang dapat membagi daya dari beberapa *solar panel* untuk pemenuhan daya beban yang diinginkan.

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam pembuatan Proyek Akhir ini adalah:

1. Tidak menggunakan baterai/aki sebagai penyimpan energi cadangan, sehingga alat ini hanya dapat bekerja bergantung dengan intensitas cahaya matahari.
2. Beban yang dibutuhkan hanya dapat menghasilkan tegangan DC (*Direct Current*).

## **1.4 Tujuan Proyek Akhir**

Tujuan yang hendak dicapai dalam pelaksanaan Proyek Akhir ini adalah:

1. Merancang panel kontrol alat yang dapat digunakan untuk mengatur daya *output solar panel* sehingga tegangan output dapat diatur sesuai dengan kebutuhan beban.
2. Membuat alat yang dapat membagi daya dari beberapa *solar panel* untuk pemenuhan daya beban yang diinginkan.

## BAB 2 DASAR TEORI

### 2.1 *Solar Panel*

*Solar panel* merupakan sebuah alat semikonduktor yang dapat menyerap sinar surya kemudian mengubahnya menjadi energi listrik dengan efek *photovoltaic* menggunakan sel surya yang terdapat dibagian dalam dari *solar panel*. Efek *photovoltaic* merupakan tanda-tanda munculnya tegangan listrik yang digunakan untuk pembangkit listrik dan sebagai fotosensor saat mendapat energi cahaya matahari [3].

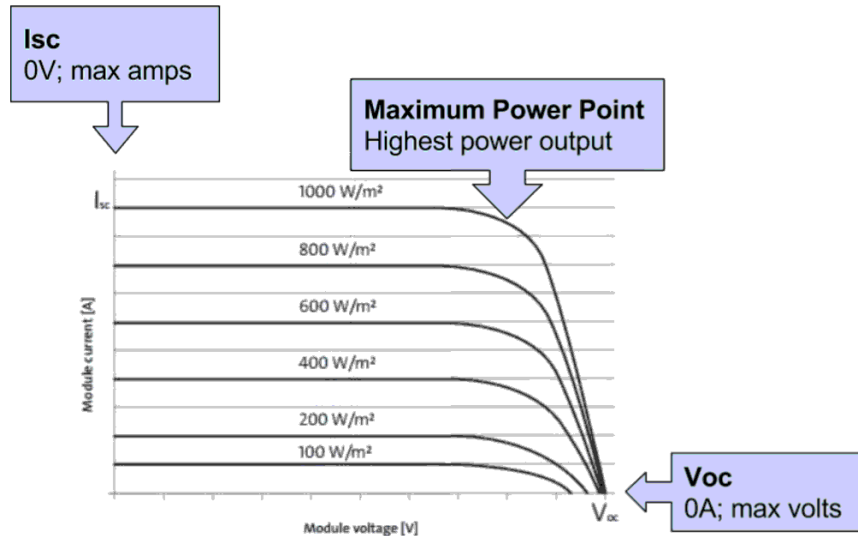


Gambar 2.1 *Solar Panel* [4]

*Solar panel* bekerja apabila adanya cahaya matahari yang mengenainya, selanjutnya elektron pada *solar cell* bergerak posisi dari kutub N ke kutub P sehingga pada *output solar panel* akan menghasilkan energi listrik. Besarnya nilai energi listrik dari beberapa *solar panel* akan berbeda sesuai dengan intensitas cahaya matahari yang dapat ditangkap oleh *solar panel* itu sendiri dan juga nilai tersebut bergantung pada banyaknya sel surya yang terpasang didalam sebuah *solar panel* [5]. *Solar panel* bisa menghasilkan kurang lebih tegangan 0.5 V. Oleh karena itu, untuk menghasilkan tegangan maksimum 17 V, sebuah *solar panel* spesifikasi 12 V harus terdiri dari kurang lebih 36 sel [6].



Keluaran terukur serta istilah yang biasa terdapat pada spesifikasi *solar panel* dapat di lihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Spesifikasi *Output Solar Panel* yang dinilai [7]

### 2.1.1 *Maximum Power (Pmax)*

Titik Daya Maximum ( $P_{max}$ ) adalah *output* daya panel surya. Pada kondisi ini terjadi kombinasi volt dan amp pada *solar panel* menghasilkan watt tertinggi. Pada saat menggunakan pengontrol muatan atau *inverter* Pelacakan Titik Daya Maksimum (MPPT), kondisi tersebut adalah titik dimana elektronik MPPT mencoba menjaga volt dan amp tetap pada posisi maksimal untuk memaksimalkan *output* daya. Perhitungan nilai  $P_{max}$  dengan rumus sebagai berikut:  $P_{max} = V_{oc} \times I_{cs} \times FF$  [7].

### 2.1.2 *Maximum Power Current (Imp)*

Arus Daya Maksimum ( $I_{mp}$ ) adalah arus yang dihasilkan pada saat keluaran daya paling besar saat *solar panel* digunakan dan peralatan terhubung ke peralatan surya MPPT saat di bawah kondisi pengujian standar [7].

### 2.1.3 *Maximum Power Voltage (Vmp)*

Tegangan Daya Maksimum ( $V_{mp}$ ) adalah tegangan yang dihasilkan pada saat keluaran daya paling besar saat *solar panel* digunakan dan peralatan terhubung ke peralatan surya MPPT saat di bawah kondisi pengujian standar [7].

#### **2.1.4 Open Circuit Voltage (Voc)**

Tegangan rangkaian terbuka (Voc) adalah seberapa besar tegangan *output* panel surya tanpa adanya beban di atasnya saat panel surya terkena sinar matahari penuh dan sedang tidak digunakan. Nilai Voc dapat diukur menggunakan voltmeter pada lintasan kabel plus dan minus pada kaki panel surya yang tidak terhubung oleh beban apapun. Voc sangat penting untuk mengetahui tegangan maksimum yang dapat dihasilkan oleh suatu panel surya pada pengujian awal sehingga angka yang dihasilkan oleh Voc ini yang akan digunakan untuk menentukan berapa banyak panel surya yang dapat disambungkan secara seri ke *inverter* atau pengontrol pengisian daya [7].

#### **2.1.5 Short Circuit Current (Isc)**

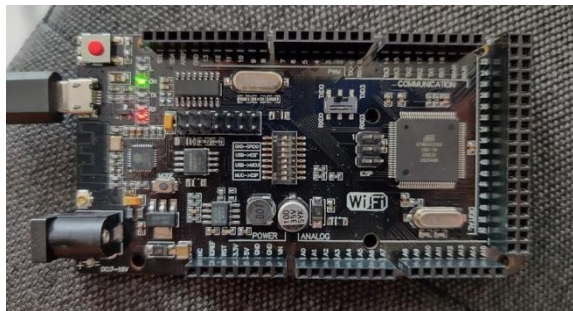
Arus Sirkuit Pendek (Isc) adalah berapa banyak arus yang dihasilkan panel surya ketika tidak terhubung ke beban tetapi plus dan minus kabel panel terhubung langsung satu sama lain. Hal ini diperlukan untuk mengetahui apakah panel surya berfungsi dengan baik atau tidak. Nilai Isc dapat diketahui dengan cara mengukur menggunakan ammeter pada kabel plus dan minus dan akan diketahui Isc dari *solar panel* tersebut. Angka yang akan dihasilkan tersebut merupakan arus tertinggi dari *solar panel* pada saat dalam keadaan pengujian awal. Untuk menentukan seberapa banyak arus yang bisa ditangani oleh perangkat yang terhubung pada *solar panel*, Isc yang digunakan umumnya dikalikan dengan 1,25 untuk persyaratan 80% *National Electrical Code* (NEC) [7].

## **2.2 Arduino Mega 2560**

### **2.2.1 Pengertian Arduino Mega 2560**

Arduino Mega 2560 merupakan modul berbentuk papan *board* atau mikrokontroler. Didalamnya terdapat 54 digital pin *input/output*, dimana 15 pin diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin lainnya digunakan sebagai analog *input*, 4 pin untuk UART (*hardware port serial*), *clock speed* 16 MHz, USB untuk mentransfer program dari Arduino ke laptop, koneksi kabel *jack*, pin *header* ICSP, serta terdapat tombol *reset* [8].

Untuk menggunakan *Board* Arduino Mega 2560 ini dengan cara menghubungkan kabel USB atau *power* pada *board* tersebut ke komputer atau PC yang digunakan untuk mengolah data yang selanjutnya sambungan tersebut dihubungkan dengan sumber *inputan* yang dapat berupa adaptor AC-DC maupun baterai sebagai sumber agar *board* tersebut aktif. Daya yang dibutuhkan untuk *Board* ini agar dapat aktif beroperasi yakni 6-20 V [9].



Gambar 2.3 Arduino Mega 2560 [10]

### 2.2.2 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560 [11]

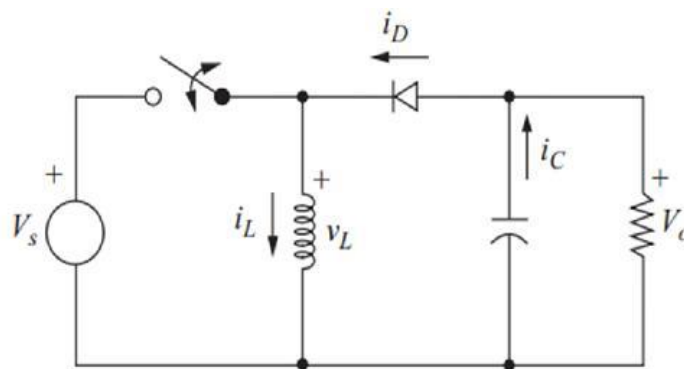
Komponen	Spesifikasi
Chip mikrontroller	ATmega2560
Tegangan operasi	5 V
Tegangan input (yang direkomendasikan)	7 V – 12 V
Tegangan input (limit)	6 V – 20 V
Digital I/O pin	54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM output
Analog input pin	16 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori flash	256 KB, 8 KB telah digunakan <i>bootloader</i>
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB

Komponen	Spesifikasi
Clock speed	16 MHz
Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
Berat	37 g

### 2.3 Buck-Boost Converter

DC to DC converter merupakan komponen elektronika yang digunakan sebagai regulator tegangan yang tidak stabil dari salah satu sumber energi terbarukan yang bersifat fluktuatif (berubah-ubah) agar tegangan akhir yang dihasilkan dapat bersifat konstan (tetap). *Buck-boost converter* merupakan tipe konverter yang memiliki dua fungsi keadaan yakni (*buck*) penurun tegangan dan (*boost*) penaik tegangan [12].

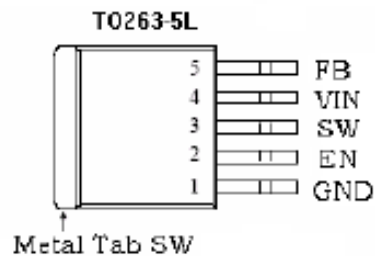
Untuk mengatur apakah ingin menurunkan atau menaikkan tegangan dengan cara mengubah *duty cycle*-nya. *Duty cycle* 50% (tengah), tegangan *output* sama dengan tegangan *input*. Apabila *duty cycle*-nya diturunkan (<50%), tegangan *output* akan lebih kecil daripada tegangan *input* yang berarti berfungsi sebagai *buck converter*. Sedangkan apabila *duty cycle*-nya dinaikkan (>50%), tegangan *output* akan lebih besar daripada tegangan *input* yang berarti berfungsi sebagai *boost converter* [13].



Gambar 2.4 Rangkaian *Buck-Boost Converter* [14]

Jenis *buck-boost converter* yang digunakan adalah XLSEMI 6019 sebagai pengatur tegangan, serta menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai yang

dibutuhkan. Adapun konfigurasi pin pada XL6019 adalah seperti Gambar 2.5 dan Tabel 2.2.



Gambar 2.5 Konfigurasi Pin XL6019 [15]

Tabel 2.2 Konfigurasi Pin pada XL6019 [15]

Nomor Pin	Nama Pin	Deskripsi
1	GND	Dihubungkan ke ground atau Vss
2	EN	Dihubungkan ke pin enable
3	SW	Dihubungkan ke pin output saklar data
4	VIN	Diberikan tegangan sebesar 5V - 40V
5	FB	Dihubungkan dengan pin feedback

#### 2.4 Sensor Tegangan

Sensor tegangan merupakan salah satu rangkaian dari pembagi tegangan yang dibuat menjadi sebuah modul. Dalam Proyek Akhir ini menggunakan jenis sensor tegangan DC 0-25 V, sehingga nilai tegangan dapat terukur hingga 25 V oleh modul sensor tegangan [16]. Sensor tegangan dapat mengonversi dari nilai tegangan listrik ke nilai tegangan analog. Caranya yaitu nilai tersebut diperkecil menjadi tegangan referensi agar nilai tersebut dapat dibaca oleh berbagai rangkaian elektronika [17]. Sebuah sensor tegangan dapat dibuat dari transformator jenis *step down*, rangkaian penyearah dan rangkaian pembagi tegangan. [4].

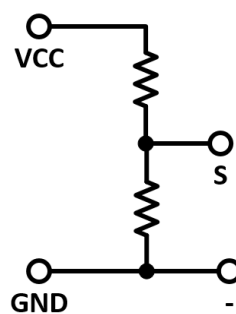
Terdapat 3 pin pada modul sensor tegangan yakni, pin S merupakan pin *output* yang akan dihubungkan ke ADC arduino, kemudian pin (+) dihubungkan ke pin 5V arduino, dan pin (-) dihubungkan ke *ground* arduino [16].

Prinsip kerja dari sensor tegangan yakni berdasarkan pada penekanan resistansi yang kemudian *inputan* yang dihasilkan menjadi berkurang 5 kali dari tegangan aslinya [18]. Kemudian mengalir masuk ke sistem pengukuran dengan melakukan pencuplikan (fragmentasi) tegangan. Cara menggunakan sensornya, yakni dengan meletakkan sensor tegangan secara paralel terhadap jaringan sumber [19].



Gambar 2.6 Sensor Tegangan [20]

Berdasarkan tegangan *input* yang diberikan, *range* tegangan yang dapat dihasilkan oleh sensor tegangan ini yakni berkisar 0-5 V. Pada sebuah sensor tegangan terdapat rangkaian yang terdiri dari dua buah resistor yang terhubung seri melalui VCC, tegangan *output* kaki S pada gambar rangkaian sama nilainya dengan tegangan resistor kaki R bawah. Apabila resistor terhubung seri, maka akan menghasilkan nilai tegangan yang berbeda pada setiap resistor [17].



Gambar 2.7 Rangkaian Pembagi Tegangan [21]

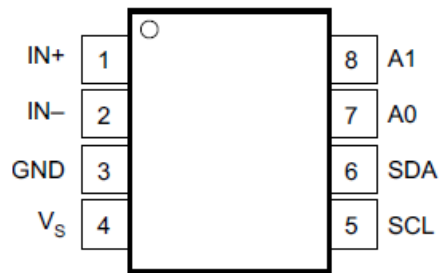
## 2.5 Sensor Arus INA219

Sensor Arus jenis INA219 adalah modul sensor arus yang berfungsi untuk *me-monitoring* nilai tegangan serta nilai arus pada sebuah rangkaian listrik. Didalam sensor arus INA219 ini terdapat *interface* I2C atau SMBUS-

COMPATIBLE yang dapat me-monitoring tegangan *shunt* serta untuk suplai tegangan *bus*, dengan menggunakan konversi program *times*, dan *filtering* [22].



Gambar 2.8 Sensor Arus INA219 [23]



Gambar 2.9 Konfigurasi PIN INA219 [24]

Pada Gambar 2.9 diatas, pin IN+ dan IN- merupakan pin *inputan* dari tegangan *shunt*, dan untuk pin positif dihubungkan pada beban atau hambatan kemudian untuk pin negatif dihubungkan ke *ground*. Adapun pin SCL dan SDA merupakan singkatan dari *Serial Clock Line* dan *Serial Data Line*. Dan yang terakhir, pin A0 dan A1 merupakan pin *address* atau pin pembacaan pengalamatan dari pin *inputan* analog [25].

## **BAB 3**

### **METODE PELAKSANAAN**

Secara umum, Proyek Akhir yang akan dilakukan berupa percobaan rangkaian elektronika dan diukur secara eksperimental di laboratorium. Peralatan yang akan digunakan pada Proyek Akhir ini antara lain:

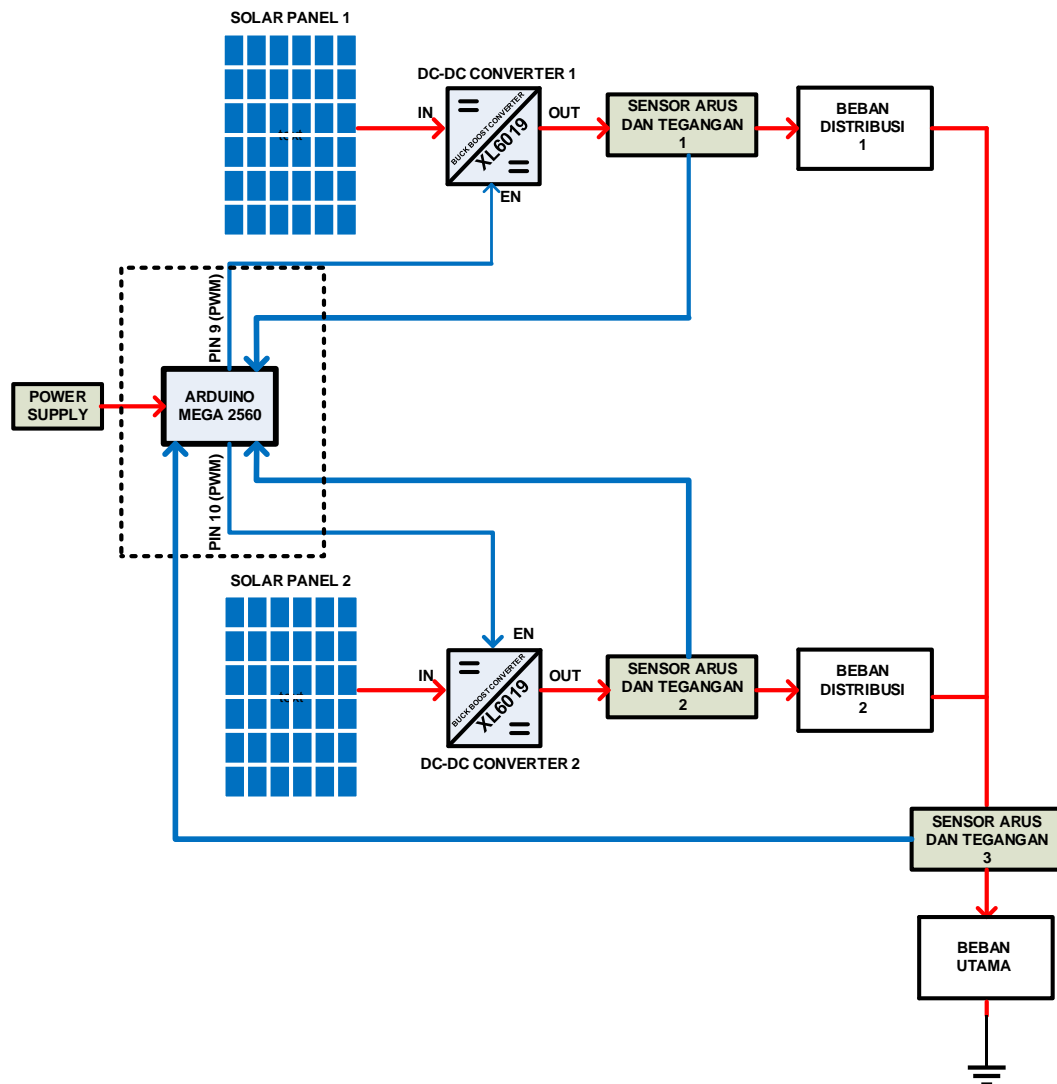
- 2 buah *Solar Panel* dengan kapasitas @100Wp
- 2 buah DC-DC *Converter* berjenis *Buck-Boost Converter XLSEMI6019* sebagai penaik atau penurun tegangan *output solar panel*.
- 2 buah Sensor Tegangan untuk mengukur tegangan *output*.
- 2 buah Sensor Arus INA219 untuk mengukur arus yang mengalir pada rangkaian.
- 1 buah Arduino Mega 2560 sebagai *controller*
- Beberapa resistor daya yang mempresentasikan beban distribusi dan beban akhir.
- Dan 1 buah Dioda untuk penyearah.

### **3.1 Rancangan Alat Proyek Akhir**

#### **3.1.1 *Wiring Diagram***

Adapun rancangan alat Pembagian Daya dari Beberapa *Solar Panel* dapat dijelaskan secara singkat dari diagram Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Rangkaian Uji Coba

KETERANGAN:

- SIGNAL POWER
- SIGNAL KONTROL
- - - - - SIGNAL PROGRAM

Adapun sistematika cara kerja dari alat tersebut dapat dipahami sebagai berikut:

Untuk kedua *solar panel* tersebut memiliki prinsip kerja yang sama. *Solar panel* menyerap cahaya matahari dengan intensitas yang didapat setiap *solar panel* berbeda-beda, kemudian sinar matahari tersebut diubah menjadi energi

listrik. Daya yang dihasilkan setiap *solar panel* tersebut kemudian dibaca oleh sensor arus INA219 dan sensor tegangan kemudian diumpankan menjadi *input* arduino kemudian diolah melalui proses perhitungan. Arduino digunakan sebagai alat kontrol utama dalam *wiring diagram* tersebut. Dimana setiap pin PWM pada arduino dihubungkan dengan pin *Enable* setiap *buck-boost converter*. Adapun pin *Enable* ini digunakan untuk mengatur tegangan output yang diinginkan. Karena tegangan *output* yang dihasilkan oleh setiap *solar panel* tersebut bersifat fluktuatif (berubah-ubah), maka DC-DC *Converter* digunakan sebagai regulator tegangan agar tegangan yang dihasilkan nantinya bersifat konstan. Dalam hal ini digunakanlah DC-DC *Converter* jenis *Buck-Boost* sebagai penaik dan penurun tegangan. Menggunakan dioda sebagai penyearah agar menghantarkan arus ke satu arah saja. Adapun beban digunakan sebagai aplikasi *output* yang dihasilkan dari alat.

### 3.2 Komponen yang digunakan

Berdasarkan *wiring diagram* yang akan digunakan dalam pembuatan “Pembagian Daya dari Beberapa *Solar Panel*”. Berikut adalah spesifikasi komponen yang digunakan.

Tabel 3.1 Spesifikasi Komponen yang Digunakan

No	Nama Komponen	Spesifikasi
1	Arduino Mega 2560	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Tegangan operasi 5V</li> <li>b. Tegangan <i>input</i> (yang direkomendasikan, via <i>jack</i> DC) 7V-12V</li> <li>c. <i>Digital</i> I/O pin 54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM <i>output</i></li> </ul>

No	Nama Komponen	Spesifikasi
		d. Arus DC per pin I/O 20 mA
		e. Arus DC pin 3.3 V 50 MA
2	Sensor Arus INA219	a. <i>Power Supply</i> , 3 V to 5 V
3	Sensor Tegangan	a. <i>Max Voltage</i> 25 V a. <i>Buck-Boost Converter</i>
		b. Tegangan <i>input</i> dari 5 V sampai 40 V
4	XLSEMI 6019	c. Tegangan <i>output</i> dari 0 V sampai 25 V d. <i>5 A maximum switching</i> e. Frekuensi 180 KHz

### 3.2.1 Solar Panel



Gambar 3.2 Solar Panel yang digunakan

Pada Gambar 3.2 merupakan *solar panel* yang digunakan pada Proyek Akhir Pembagian Daya dari Beberapa *Solar Panel* ini, *solar panel* yang digunakan adalah *solar panel monocrystalline* 100 Wp, dengan spesifikasi sebagai berikut.

PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS(STC)	
Maximum Power(Pmax)	100W
Maximum Power Current(Imp)	5.62A
Maximum Power Voltage(Vmp)	17.8V
Open Circuit Voltage(Voc)	21.8V
Short Circuit Current(Isc)	6.05A

STC:1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM1.5

**DANGER!**  
 1.ELECTRIC SHOCK  
 The connection of two or more modules in series results in the accumulation of voltage and imposed danger.  
 2.WORK ON LIVE PARTS  
 When working and wiring, use and wear protective equipment(insulated tools, insulated gloves, etc!)

**WARNING!**  
 1.ARCING  
 Modules generate direct current(DC)when exposed to light.  
 2.SAFE INSTALLATION  
 Do not carry out installation work in strong winds.Secure yourself and other persons against falling.Secure work materials against dropping. Ensure a safe working environment so as to prevent accidents.  
 3.Fire protection/explosion protection  
 Modules must not be installed in the vicinity of highly flammable gases, vapors or dusts(e.g.Filling stations, gas tanks, paint spraying equipment).  
 4.Do not use damaged modules.Do not dismantle modules.

CE ISO

Gambar 3.3 Spesifikasi *Solar Panel*

Pada Gambar 3.3 merupakan spesifikasi *solar panel* yang digunakan pada Proyek Akhir dengan penjelasan sebagai berikut:

1. *Maximum Power* (Pmax). Nilai Pmax dari *solar panel* dengan spesifikasi 100 Wp yang digunakan dalam pengaplikasian Proyek Akhir ini adalah 100 W.
2. *Maximum Power Current* (Imp). Nilai Imp dari *solar panel* dengan spesifikasi 100 Wp yang digunakan dalam pengaplikasian Proyek Akhir ini adalah 6,62 A.
3. *Maximum Power Voltage* (Vmp). Nilai Vmp dari *solar panel* dengan spesifikasi 100 Wp yang digunakan dalam pengaplikasian Proyek Akhir ini adalah 17,8 V.

4. *Open Circuit Voltage (Voc)*. Nilai maksimal *Voc* dari *solar panel* dengan spesifikasi 100 Wp yang digunakan dalam pengaplikasian Proyek Akhir ini adalah 21,8 V.
5. *Short Circuit Current (Isc)*. Nilai maksimal *Isc* dari *solar panel* dengan spesifikasi 100 Wp yang digunakan dalam pengaplikasian Proyek Akhir ini adalah 6,05 A.

### 3.2.2 *Buck-Boost Converter*

*Buck-boost converter* yang digunakan pada Proyek Akhir Pembagian Daya dari Beberapa *Solar Panel* ini adalah jenis XLSEMI 6019 sebagai pengontrol tegangan sumber dan menaikkan tegangan sesuai yang dibutuhkan. *Buck-boost converter* disini berguna untuk mengonversi atau mengubah tegangan DC to DC, dengan menggabungkan 2 prinsip dari *buck* dan *boost converter*, *output* tegangannya bisa lebih besar atau lebih kecil dari *output* tegangan *input*nya.



Gambar 3.4 *Hardware XLSEMI 6019*

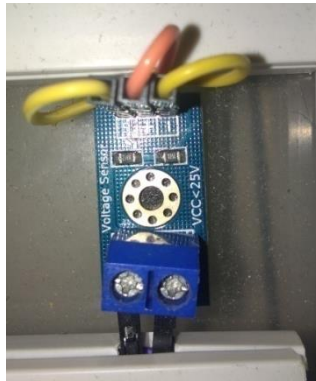
Spesifikasi dari *Buck Boost Converter XLSEMI 6019* dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Spesifikasi *Buck-Boost Converter XLSEMI 6019*

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

### 3.2.3 Sensor Tegangan

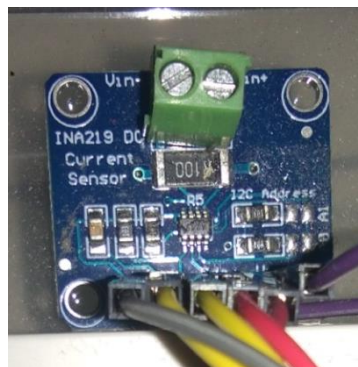
Sensor tegangan pada Proyek Akhir menggunakan jenis sensor tegangan 25 VDC yakni sensor pembagi tegangan DC arduino. Sensor tegangan digunakan untuk mengukur *output* dari DC to DC Converter XLSEMI 6019.



Gambar 3.5 Hardware Sensor Tegangan

### 3.2.4 Sensor Arus INA219

Sensor arus jenis INA 219 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. Jenis sensor arus yang digunakan dalam pembuatan Proyek Akhir ini yakni jenis INA219, yang dapat digunakan dalam mengukur *output* dari DC to DC Converter XLSEMI 6019 pada pemrograman arduino, sensor arus INA219 memiliki *library* tersendiri.



Gambar 3.6 Hardware INA219

## **BAB 4**

### **PEMBAHASAN**

Pada Bab 4 ini akan dibahas tentang proses pembuatan Proyek Akhir berjudul Pembagian Daya Dari Beberapa *Solar Panel* yang terdiri dari proses perencanaan, perancangan dan pembuatan sistem kontrol, alat dan program, serta pengujian sistem. Berikut adalah penjelasannya.

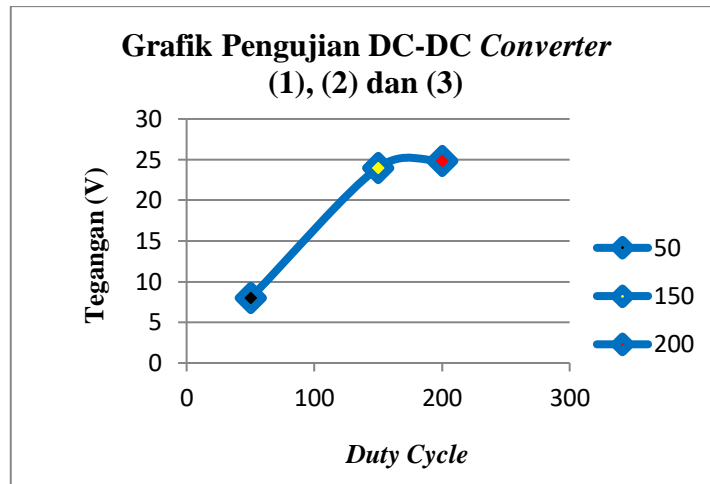
#### **4.1 DC-DC Converter (*Buck-Boost Converter*)**

DC-DC *Converter* yang digunakan pada Proyek Akhir ini adalah DC-DC *Converter* XL6019 tipe *buck-boost converter* yang berfungsi sebagai pengatur tegangan *input*, tipe *boost* (penaik tegangan) yang akan lebih dipakai di dalam Proyek Akhir ini. Adapun *input* yang digunakan berupa daya dari 2 buah *solar panel* maka, dibutuhkan 2 buah *buck-boost converter* untuk mengatur tegangan *output* yang berbeda-beda dari 2 buah *solar panel* tersebut.

Pengujian pertama dilakukan terhadap DC-DC *converter* XL6019 untuk mengetahui cara kerja serta tingkat keakuratan dari *converter* sebelum digunakan. Dalam pengujian ini menggunakan 2 tegangan *input* yang berbeda berupa tegangan *input* 5 V dari arduino serta tegangan *input* 12 V dari *power supply*. Pengujian pertama dilakukan secara manual yakni potensio yang terdapat didalam *converter* tersebut diputar secara manual untuk mendapatkan tegangan maksimal *output* dari *converter* tersebut yakni tegangan 25 V.

Kemudian melakukan pengujian dengan cara menggunakan pin *enable* yang terdapat pada *converter* tersebut dengan memberikan *trigger* PWM menggunakan program Arduino Mega 2560. Pin *enable* berfungsi untuk mematikan serta menghidupkan *converter*. Adapun tujuan dari dilakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui berapa besar nilai tegangan *output* yang dihasilkan oleh *converter* secara otomatis. Pin PWM yang digunakan yakni pin 9 dengan frekuensi 60 Hz dengan menggabungkan DC-DC *converter* dengan sensor tegangan untuk kemudian tegangan terbaca otomatis pada serial monitor.

Pengujian dilakukan pada kedua DC-DC *converter* dengan menggunakan 3 nilai PWM yang berbeda yakni 50, 150, dan 200. Adapun hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Grafik Pengujian DC-DC *Converter* (1), (2) dan (3)

Berdasarkan hasil Gambar 4.1 dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan sumber tegangan 5 V ataupun 12 V, semakin besar nilai PWM yang diberikan maka semakin tinggi tegangan *output* yang dapat dihasilkan oleh *converter*. Ketiga *converter* tersebut dapat menaikkan tegangannya hingga 24,9 V dengan nilai PWM maksimal yang diberikan adalah 200. Tegangan ini sesuai dengan spesifikasi dari sensor tegangan yakni maksimal *output* yang dihasilkan adalah 25 V.

#### 4.2 Sensor Tegangan dan Sensor Arus

Pada percobaan ini sensor tegangan DC 25 V digunakan sebagai alat untuk mengukur tegangan *output* dari DC-DC *converter*. Untuk sensor arus yang digunakan berupa sensor arus INA 219 yang digunakan untuk mengukur arus *output* dari rangkaian DC-DC *converter* dengan beban resistor pada pemrograman arduino. Percobaan ini dilakukan dengan menggabungkan sensor tegangan dengan sensor arus dalam satu rangkaian pemrograman arduino dimana percobaan ini dilakukan untuk s cara kerja dari kedua sensor telah berjalan dengan baik serta tingkat keakurasian antara pengukuran pada kedua sensor terhadap multimeter.



Dalam percobaan ini, tegangan keluaran dari rangkaian tersebut akan masuk ke pin analog A1 arduino agar dapat terbaca otomatis pada *serial monitor*. Untuk rumus perhitungan dari tegangan *output* sensor tegangan adalah sebagai berikut.

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1+R_2} \times V_{in} \dots \dots \dots (4.1)$$

Jadi, untuk percobaan ini sensor akan dikatakan baik dan akurat apabila nilai dari tegangan *output* sama atau mendekati dari rumus persamaan diatas.

Pengujian pada sensor arus dilakukan dengan cara menghubungkan modul sensor INA219 secara seri dengan DC-DC *converter* untuk mengukur beban resistor dengan program arduino. Menghubungkan pin I2C yakni pin SCL dan SDA pada arduino sebagai pin *serial* komunikasi serta untuk sensor INA219 Agar *output* dari sensor arus dapat terbaca oleh arduino maka perlu menggunakan *library* tersendiri yakni Adafruit\_INA219. Kemudian menghubungkan pin 5 V serta GND pada arduino. Untuk pin PWM yang digunakan adalah pin PWM 9 pada arduino. Dalam pengujian ini, dilakukan dengan cara menggabungkan kedua program sensor tegangan serta sensor arus. Adapun list program yang digunakan dalam pengujian ini.

```
void loop()
{
  for (int Dc1= 0; Dc1 <= 255; Dc1 += 1)
  {
    IDc1 = ina219.getCurrent_mA();
    VDc11 = analogRead(A1);
    VDc1 = VDc11 * (25.0 / 1023.0);
    analogWrite (pinPwm, Dc1);
    Serial.print(Dc1);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(VDc1);
    Serial.print("\t");
    Serial.println(IDc1);
    delay (100);
  }
}
```

→ Looping Nilai  
Duty Cycle 1

} Rumus membaca arus sensor  
INA219 dan tegangan di pin A1  
dengan sumber tegangan 25 Volt

} Menampilkan nilai *duty cycle*,  
tegangan, dan arus, dengan  
*delay* 0,1 s

Tabel 4.1 Data Persentase Error Sensor Tegangan dan Sensor Arus

Duty Cycle	Sensor		Multimeter		% error	
	V (V)	I (mA)	V (V)	I (mA)	V (%)	I (%)
0	0	-0.3	0	0	0	0
1	0	-0.6	0	0	0	0

<i>Duty Cycle</i>	<i>Sensor</i>		<i>Multimeter</i>		<i>% error</i>	
	<i>V (V)</i>	<i>I (mA)</i>	<i>V (V)</i>	<i>I (mA)</i>	<i>V (%)</i>	<i>I (%)</i>
2	0	-0.3	0	0	0	0
3	0	-0.6	0	0	0	0
4	0	-0.5	0	0	0	0
5	0	-0.5	0	0	0	0
6	0	-0.5	0	0	0	0
7	0	-0.4	0	0	0	0
8	0	-0.4	0	0	0	0
9	0	-0.5	0	0	0	0
10	0	-0.5	0	0	0	0
11	0	-0.4	0	0	0	0
12	0.02	-0.4	0	0	0	0
13	0	-0.4	0	0	0	0
14	0	-0.6	0	0	0	0
15	0	-0.5	0	0	0	0
16	0	-0.4	0	0	0	0
17	0	-0.5	0	0	0	0
18	0	-0.4	0	0	0	0
19	0	-0.5	0	0	0	0
20	0	-0.4	0	0	0	0
21	0.05	-0.5	0	0	0	0
22	0	-0.4	0	0	0	0
23	0	-0.7	0	0	0	0
24	0	-0.5	0	0	0	0
25	0	-0.5	0	0	0	0
26	0	-0.5	0	0	0	0
27	0	-0.4	0	0	0	0
28	0	-0.4	0	0	0	0
29	0.02	0.6	0	1	0	66.67
30	0	0.4	0.27	1	0	150.00
31	0.20	2.3	0.21	2	5.00	13.04
32	0.22	2.2	0.24	2	9.09	9.09
33	0.34	3.7	0.36	4	5.88	8.11
34	0.44	4.4	0.47	4	6.82	9.09
35	0.68	6	0.65	6	4.41	0.00
36	0.61	6.5	0.67	7	9.84	7.69
37	0.78	7.7	0.80	8	2.56	3.90
38	0.86	8.3	0.89	9	3.49	8.43
39	0.90	9.7	0.95	10	5.56	3.09

<i>Duty Cycle</i>	<i>Sensor</i>		<i>Multimeter</i>		<i>% error</i>	
	<i>V (V)</i>	<i>I (mA)</i>	<i>V (V)</i>	<i>I (mA)</i>	<i>V (%)</i>	<i>I (%)</i>
40	1	9.9	1.05	10	5.00	1.01
41	1.17	11.1	1.22	12	4.27	8.11
42	1.22	11.4	1.34	12	9.84	5.26
43	1.37	12.4	1.38	13	0.73	4.84
44	1.32	13.4	1.4	14	6.06	4.48
45	1.44	14.8	1.55	16	7.64	8.11
46	1.52	15.2	1.66	16	9.21	5.26
47	1.66	15.9	1.73	17	4.22	6.92
48	1.83	16.5	1.81	18	1.09	9.09
49	1.74	17.4	1.89	19	8.62	9.20
50	1.88	18.5	1.98	20	5.32	8.11
51	1.96	19.6	2.08	21	6.12	7.14
52	2.08	20.5	2.15	22	3.37	7.32
53	2.35	21.1	2.25	23	4.26	9.00
54	2.17	22.5	2.31	23	6.45	2.22
55	2.27	22	2.44	24	7.49	9.09
56	2.44	22.9	2.48	25	1.64	9.17
57	2.57	24.3	2.59	26	0.78	7.00
58	2.49	25.7	2.66	27	6.83	5.06
59	2.61	27.1	2.77	28	6.13	3.32
60	2.79	26.2	2.83	28	1.43	6.87
61	2.88	27.5	2.95	30	2.43	9.09
62	3.05	28.1	3	30	1.64	6.76
63	2.88	29.5	3.12	31	8.33	5.08
64	3.13	31.6	3.19	32	1.92	1.27
65	3.20	30.1	3.31	33	3.44	9.63
66	3.37	32.2	3.37	35	0.00	8.70
67	3.59	33.8	3.49	36	2.79	6.51
68	3.42	34.4	3.56	37	4.09	7.56
69	3.52	36.1	3.67	38	4.26	5.26
70	3.69	34.8	3.76	38	1.90	9.20
71	3.86	36.6	3.86	40	0.00	9.29
72	4.01	37.2	3.94	40	1.75	7.53
73	4.03	39.8	4.05	41	0.50	3.02
74	3.98	39	4.14	42	4.02	7.69
75	4.13	41	4.24	43	2.66	4.88
76	4.30	41.1	4.33	44	0.70	7.06
77	4.47	41.3	4.44	45	0.67	8.96

<i>Duty Cycle</i>	<i>Sensor</i>		<i>Multimeter</i>		<i>% error</i>	
	<i>V (V)</i>	<i>I (mA)</i>	<i>V (V)</i>	<i>I (mA)</i>	<i>V (%)</i>	<i>I (%)</i>
78	4.89	43.2	4.62	46	5.52	6.48
79	4.55	43.9	4.73	48	3.96	9.34
80	4.77	44.6	4.8	48	0.63	7.62
81	5.08	44.6	4.89	49	3.74	9.87
82	5.03	46	4.98	50	0.99	8.70
83	5.25	47.4	5.1	51	2.86	7.59
84	5.47	49	5.2	52	4.94	6.12
85	5.11	50.5	5.31	53	3.91	4.95
86	5.28	52.9	5.4	54	2.27	2.08
87	5.40	52.8	5.52	55	2.22	4.17
88	5.79	52.2	5.61	57	3.11	9.20
89	5.91	54.9	5.7	58	3.55	5.65
90	5.82	57.2	5.79	59	0.52	3.15
91	5.60	56.6	5.89	60	5.18	6.01
92	5.96	57.8	6	61	0.67	5.54
93	6.13	57.8	6.12	62	0.16	7.27
94	6.43	59.6	6.23	63	3.11	5.70
95	6.55	61.1	6.33	64	3.36	4.75
96	6.23	62.5	6.42	66	3.05	5.60
97	6.38	64.2	6.53	67	2.35	4.36
98	6.62	62.5	6.67	68	0.76	8.80
99	6.87	64.1	6.77	69	1.46	7.64
100	7.09	65.1	6.88	70	2.96	7.53
101	7.21	66.1	6.99	71	3.05	7.41
102	6.84	69.2	7.07	72	3.36	4.05
103	7.21	69.5	7.23	74	0.28	6.47
104	7.33	71.2	7.35	75	0.27	5.34
105	7.55	72	7.42	76	1.72	5.56
106	7.77	72.3	7.56	78	2.70	7.88
107	7.97	72	7.68	79	3.64	9.72
108	7.84	74.9	7.8	80	0.51	6.81
109	7.80	78.4	7.92	81	1.54	3.32
110	7.99	76.6	8.04	82	0.63	7.05
111	8.21	79.9	8.19	84	0.24	5.13
112	8.46	79	8.3	85	1.89	7.59
113	8.75	80.2	8.43	86	3.66	7.23
114	8.80	84.8	8.53	88	3.07	3.77
115	8.53	85.2	8.67	89	1.64	4.46

<i>Duty Cycle</i>	<i>Sensor</i>		<i>Multimeter</i>		<i>% error</i>	
	<i>V (V)</i>	<i>I (mA)</i>	<i>V (V)</i>	<i>I (mA)</i>	<i>V (%)</i>	<i>I (%)</i>
116	8.75	86.3	8.78	90	0.34	4.29
117	8.92	84.8	8.92	92	0.00	8.49
118	9.24	85.3	9.02	93	2.38	9.03
119	9.43	88.2	9.16	94	2.86	6.58
120	9.97	88.1	9.3	95	6.72	7.83
121	9.48	92.8	9.41	97	0.74	4.53
122	9.36	92.9	9.54	97	1.92	4.41
123	9.68	94	9.55	98	1.34	4.26
124	9.85	91.9	9.84	100	0.10	8.81
125	10.02	92.6	9.94	100	0.80	7.99
126	10.39	94.9	10	102	3.75	7.48
127	10.83	99.2	10.08	102	6.93	2.82
128	10.36	95.1	10.2	104	1.54	9.36
129	10.78	100.6	10.26	106	4.82	5.37
130	10.43	99.3	10.42	107	0.10	7.75
131	10.48	103.1	10.53	108	0.48	4.75
132	10.53	106.3	10.69	110	1.52	3.48
133	10.80	105.2	10.83	112	0.28	6.46
134	10.78	104.1	11	113	2.04	8.55
135	11.17	109.5	11.12	114	0.45	4.11
136	11.09	110.8	11.28	116	1.71	4.69
137	11.46	108.7	11.41	117	0.44	7.64
138	11.66	108.9	11.57	119	0.77	9.27
139	11.85	115	11.71	120	1.18	4.35
140	11.95	113.3	11.87	121	0.67	6.80
141	12.15	113.4	11.99	123	1.32	8.47
142	12.34	118.8	12.12	125	1.78	5.22
143	12.51	116.3	12.28	126	1.84	8.34
144	12.32	118.6	12.41	127	0.73	7.08
145	12.83	120	12.54	130	2.26	8.33
146	13.17	121.3	12.8	132	2.81	8.82
147	13.32	124.8	13	134	2.40	7.37
148	13.59	125	13.14	135	3.31	8.00
149	13.69	125.8	13.29	136	2.92	8.11
150	13.95	127.5	13.38	138	4.09	8.24
151	14.22	130.9	13.58	140	4.50	6.95
152	14.35	134.2	13.75	141	4.18	5.07
153	14.54	131.5	13.9	143	4.40	8.75

<i>Duty Cycle</i>	<i>Sensor</i>		<i>Multimeter</i>		<i>% error</i>	
	<i>V (V)</i>	<i>I (mA)</i>	<i>V (V)</i>	<i>I (mA)</i>	<i>V (%)</i>	<i>I (%)</i>
154	14.57	134.2	14.08	145	3.36	8.05
155	14.88	136.2	14.25	146	4.23	7.20
156	15.15	138.6	14.4	148	4.95	6.78
157	15.74	140.9	14.56	150	7.50	6.46
158	16.03	143.1	14.73	152	8.11	6.22
159	15.44	146.1	14.88	153	3.63	4.72
160	15.79	143	15.03	155	4.81	8.39
161	15.35	147.8	15.18	156	1.11	5.55
162	15.93	152.5	15.37	158	3.52	3.61
163	15.93	149.9	15.53	160	2.51	6.74
164	16.13	154.1	15.73	163	2.48	5.78
165	16.01	158.5	15.89	165	0.75	4.10
166	15.96	155.2	16.03	166	0.44	6.96
167	16.40	159.6	16.17	168	1.40	5.26
168	16.64	163.2	16.34	169	1.80	3.55
169	16.64	160.2	16.51	171	0.78	6.74
170	15.71	163.8	16.67	172	6.11	5.01
171	16.76	167.7	16.82	174	0.36	3.76
172	17.08	168.9	16.98	176	0.59	4.20
173	17.23	168.9	17.13	177	0.58	4.80
174	17.57	169.4	17.21	180	2.05	6.26
175	17.67	172.6	17.38	181	1.64	4.87
176	17.52	173.9	17.55	182	0.17	4.66
177	18.11	170.2	17.7	183	2.26	7.52
178	18.08	177.3	17.84	184	1.33	3.78
179	17.94	177.1	17.98	186	0.22	5.03
180	18.38	173.4	18.13	187	1.36	7.84
181	18.50	175.3	18.29	189	1.14	7.82
182	18.62	181.1	18.43	191	1.02	5.47
183	18.94	185.1	18.55	193	2.06	4.27
184	19.11	186.6	18.68	194	2.25	3.97
185	19.26	187	18.79	195	2.44	4.28
186	19.60	186.2	18.93	197	3.42	5.80
187	19.60	183.7	19.04	198	2.86	7.78
188	19.50	184.7	19.14	199	1.85	7.74
189	19.92	186	19.24	200	3.41	7.53
190	20.11	187.4	19.27	200	4.18	6.72
191	20.16	188.2	19.34	202	4.07	7.33

<i>Duty Cycle</i>	<i>Sensor</i>		<i>Multimeter</i>		<i>% error</i>	
	<i>V (V)</i>	<i>I (mA)</i>	<i>V (V)</i>	<i>I (mA)</i>	<i>V (%)</i>	<i>I (%)</i>
192	20.19	187.7	19.47	202	3.57	7.62
193	20.48	191.8	19.51	204	4.74	6.36
194	20.58	192.3	19.67	205	4.42	6.60
195	20.65	190.8	19.72	206	4.50	7.97
196	20.94	194.6	19.84	206	5.25	5.86
197	20.97	193.6	19.85	207	5.34	6.92
198	21.24	195.6	19.93	207	6.17	5.83
199	21.58	195.3	20.10	209	6.86	7.01
200	21.33	198	20.10	210	5.77	6.06
201	21.16	198.7	20.16	210	4.73	5.69
202	21.21	197.7	20.23	211	4.62	6.73
203	21.09	200.4	20.28	211	3.84	5.29
204	21.02	200.8	20.34	213	3.24	6.08
205	20.82	199.1	20.39	212	2.07	6.48
206	21.29	203.4	20.45	213	3.95	4.72
207	20.85	200.6	20.49	214	1.73	6.68
208	21.16	206.8	20.53	214	2.98	3.48
209	20.80	207	20.57	214	1.11	3.38
210	20.87	203.1	20.61	215	1.25	5.86
211	21.33	208	20.65	215	3.19	3.37
212	21.21	203.7	20.71	215	2.36	5.55
213	20.92	207.2	20.73	216	0.91	4.25
214	21.11	206.8	20.81	216	1.42	4.45
215	21.21	208.5	20.8	216	1.93	3.60
216	21.07	208.2	20.87	217	0.95	4.23
217	21.21	204.2	20.98	218	1.08	6.76
218	21.33	207.1	21.02	218	1.45	5.26
219	21.41	211	21.06	219	1.63	3.79
220	21.43	206.8	21.1	219	1.54	5.90
221	21.65	204.6	21.15	219	2.31	7.04
222	21.58	211.7	21.22	219	1.67	3.45
223	21.75	206.9	21.25	220	2.30	6.33
224	21.75	212.9	21.28	220	2.16	3.33
225	21.63	206.6	21.31	221	1.48	6.97
226	21.97	209.7	21.34	222	2.87	5.87
227	21.92	206.5	21.38	222	2.46	7.51
228	21.87	207.5	21.41	222	2.10	6.99
229	22.09	209.6	21.44	222	2.94	5.92

<i>Duty Cycle</i>	<i>Sensor</i>		<i>Multimeter</i>		<i>% error</i>	
	<i>V (V)</i>	<i>I (mA)</i>	<i>V (V)</i>	<i>I (mA)</i>	<i>V (%)</i>	<i>I (%)</i>
230	22.21	208.7	21.47	222	3.33	6.37
231	22.17	209	21.49	223	3.07	6.70
232	22.61	208.7	21.55	223	4.69	6.85
233	22.46	209.2	21.58	223	3.92	6.60
234	22.46	209.7	21.61	224	3.78	6.82
235	22.65	212.8	21.62	225	4.55	5.73
236	22.75	211.4	21.7	226	4.62	6.91
237	22.80	211.8	21.69	227	4.87	7.18
238	22.92	212.7	21.86	227	4.62	6.72
239	22.95	214.2	22.8	237	0.65	10.64
240	24.80	230.8	22.98	240	7.34	3.99
241	23.26	215.9	24.06	251	3.44	16.26
242	25	236.5	24.1	251	3.60	6.13
243	25	239.9	24.11	251	3.56	4.63
244	25	240.6	24.14	251	3.44	4.32
245	25	236.9	24.16	252	3.36	6.37
246	24.98	237.3	24.19	252	3.16	6.19
247	25	237.4	24.22	252	3.12	6.15
248	24.98	238.9	24.29	253	2.76	5.90
249	25	240.6	24.36	254	2.56	5.57
250	24.98	241.7	24.48	256	2.00	5.92
251	25	241.9	24.42	256	2.32	5.83
252	25	241.1	24.48	255	2.08	5.77
253	25	242.2	24.47	255	2.12	5.28
254	25	241.6	24.48	255	2.08	5.55
255	25	242.6	24.29	256	2.84	5.52

Penghitungan persentase *error* dari sensor tegangan dan sensor arus dilakukan untuk mengetahui keakurasian dari sensor tersebut. Persentase *error* pada umumnya bisa dihitung dengan rumus berikut.

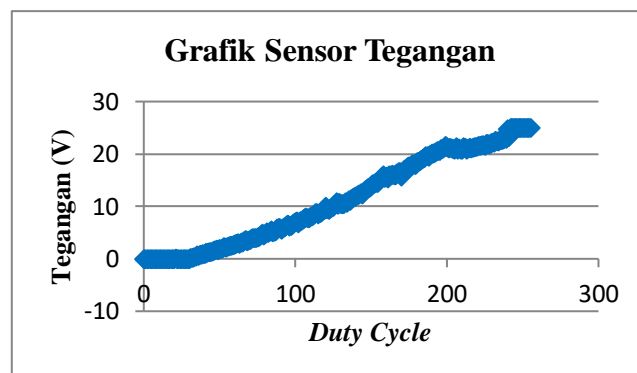
$$\% \text{ error} = \frac{\text{nilai pada sensor} - \text{nilai pada multimeter}}{\text{nilai pada sensor}} \times 100\%$$

Apabila nilai persentase *error* melebihi 10%, sensor tersebut dianggap tidak baik dan tidak akurat.

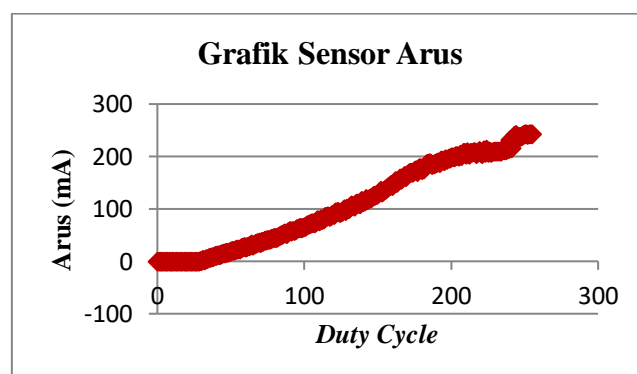


Berdasarkan pada Tabel 4.1 diatas, didapati hasil nilai tegangan *output* dari sensor tegangan akan mengikuti dari perubahan *duty cycle* yang diberikan. Semakin besar *duty cycle* yang diberikan, maka akan semakin besar tegangan *output* yang dihasilkan. Pada tabel tersebut dengan *duty cycle* akhir 255 tegangan *output* telah mencapai 25 V dimana merupakan spesifikasi dari batas tegangan yang dapat dibaca dari sensor tegangan itu sendiri. Untuk pembacaan sensor arus dapat dilihat dari persentase *error*-nya pada *duty cycle* 1-31, dimana persentase *error* yang tinggi melewati batas umum 10%. Dalam hal tersebut arus tidak terbaca dikarenakan kepresisian sensor arus akan bekerja dengan baik apabila tegangan kerja telah memenuhi.

Berikut adalah grafik yang dihasilkan dari pengujian sensor tegangan dan sensor arus INA219 dengan beban 100R.



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Sensor Tegangan dengan Beban 100R

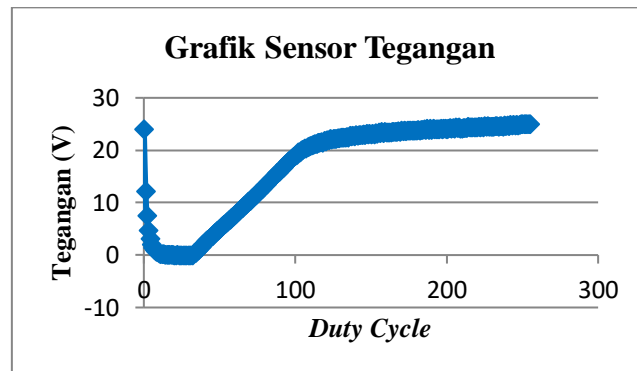


Gambar 4.3 Grafik Pengujian Sensor Arus INA219 dengan Beban 100R

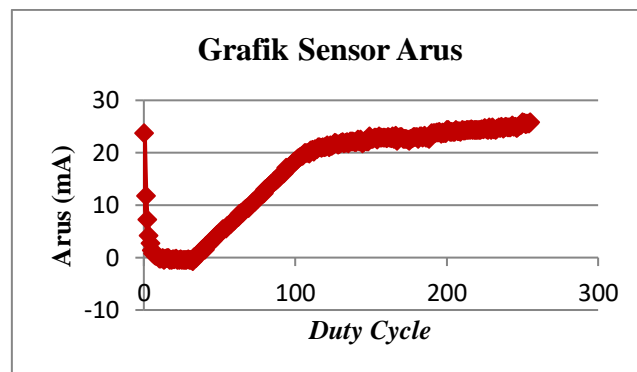
Berdasarkan grafik pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3, dapat dianalisa bahwa sensor tegangan dan sensor arus INA219 baik dan akurat kondisinya,

karena dapat membaca tegangan dan arus dari DC-DC *converter* dengan tingkat persentase *error* yang kecil dibandingkan dengan multimeter.

Berikut adalah grafik yang dihasilkan dari pengujian sensor tegangan dan sensor arus INA219 dengan beban 1000R.



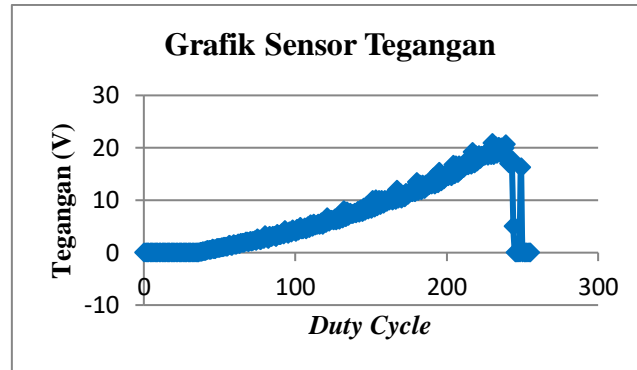
Gambar 4.4 Grafik Pengujian Sensor Tegangan dengan Beban 1000R



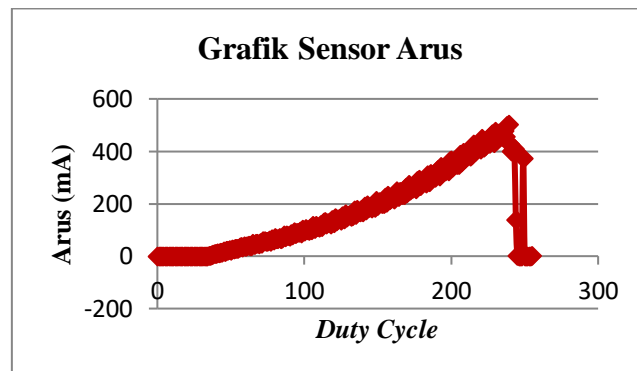
Gambar 4.5 Grafik Pengujian Sensor Arus INA219 dengan Beban 1000R

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5, dapat dianalisa bahwa sensor tegangan dan sensor arus INA219 cukup baik dan akurat kondisinya, karena dapat membaca tegangan dan arus dari DC-DC *converter*, apabila semakin besar PWM yang diberikan maka semakin tinggi tegangan *output* yang dapat dibaca hingga batas maksimal pembacaan. Namun pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada kondisi awal saat PWM pertama diberikan, terjadi lompatan tegangan hingga tegangan maksimum 25 V yang terbaca oleh sensor tegangan. Hal ini dapat saja terjadi karena sensor tegangan mendapat tegangan kejutan awal dari inputan.

Berikut adalah grafik yang dihasilkan dari pengujian sensor tegangan dan sensor arus INA219 dengan beban 40R.



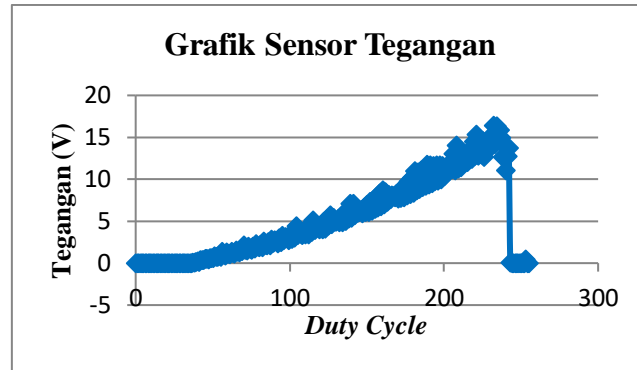
Gambar 4.6 Grafik Pengujian Sensor Tegangan dengan Beban 40R



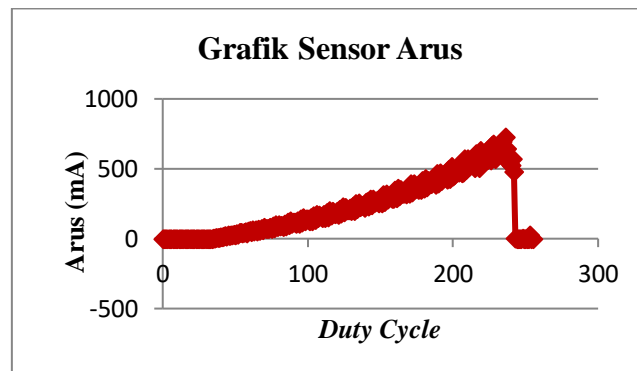
Gambar 4.7 Grafik Pengujian Sensor Arus INA219 dengan Beban 40R

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7, dapat dianalisa bahwa sensor tegangan dan sensor arus INA219 tidak cukup baik dan akurat kondisinya, karena tidak dapat membaca tegangan dan arus dari DC-DC *converter* dengan tingkat persentase *error* yang kecil dibandingkan dengan multimeter serta adanya *drop* tegangan di akhir. Dapat dilihat pada grafik bahwa pada awal *input* PWM diberikan sensor tegangan dan arus masih bisa membaca tegangan serta arus dengan baik, tegangan serta arus akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya PWM yang diberikan, akan tetapi terjadi *drop* tegangan pada PWM 230-255. Hal ini dapat mempengaruhi daya yang akan disuplai untuk pengaplikasian pada beban akhir. Hal ini dapat terjadi karena beban resistor 40R tidak dapat dijadikan beban karena resistansi yang mungkin terlalu kecil untuk dijadikan beban pengaplikasian dalam Proyek Akhir ini.

Berikut adalah grafik yang dihasilkan dari pengujian sensor tegangan dan sensor arus INA219 dengan beban 20R.



Gambar 4.8 Grafik Pengujian Sensor Tegangan dengan Beban 20R



Gambar 4.9 Grafik Pengujian Sensor Arus INA219 dengan Beban 20R

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9, dapat dianalisa bahwa sensor tegangan dan sensor arus INA219 tidak cukup baik dan akurat kondisinya, karena tidak dapat membaca tegangan dan arus dari DC-DC *converter* dengan tingkat persentase *error* yang kecil dibandingkan dengan multimeter serta adanya *drop* tegangan di akhir. Dapat dilihat pada grafik bahwa pada awal *input* PWM diberikan sensor tegangan dan arus masih bisa membaca tegangan serta arus dengan baik, tegangan serta arus akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya PWM yang diberikan, akan tetapi terjadi *drop* tegangan pada PWM 230-255. Hal ini dapat mempengaruhi daya yang akan disuplai untuk pengaplikasian pada beban akhir. Sama halnya dengan menggunakan beban resistor 40R. Hal ini dapat terjadi karena beban resistor 20R tidak dapat dijadikan beban karena resistansi yang mungkin terlalu kecil untuk dijadikan beban pengaplikasian dalam Proyek Akhir ini.

### 4.3 Percobaan Dua *Duty Cycle* yang Berbeda

Percobaan ini adalah pengaplikasian sederhana prinsip kerja dari Proyek Akhir yang dikerjakan. Perumpamaan dengan menguji dua sumber yaitu dari *solar panel 1* dan *solar panel 2* yang diganti sementara menggunakan *power supply*. Apabila *duty cycle solar panel 1* maksimum 255, *duty cycle solar panel 2* bergerak naik dari 0 sampai 255, dan sebaliknya juga *duty cycle solar panel 2* maksimum 255, *duty cycle solar panel 1* bergerak naik dari 0 sampai 255. Percobaan ini dilakukan untuk menguji apakah alat bekerja dengan baik sesuai prinsip kerjanya yaitu pembagi daya.

Adapun *list* program yang digunakan.

```
void loop()
{
  for (int Dc2 = 0; Dc2 <= 255; Dc2 += 1)  → Looping Nilai
                                           → Duty Cycle 2
  {
    int Dc1 = 190;  → Nilai tetap duty cycle 1 adalah 190
    IDc1 = ina219_1.getCurrent_mA();
    IDc2 = ina219_2.getCurrent_mA();
    VDc11 = analogRead(A0);
    VDc21 = analogRead(A1);
    float VDc1 = VDc11 * (25.0 / 1023.0);
    float VDc2 = VDc21 * (25.0 / 1023.0);
    float PDc1 = (VDc1 * IDc1)/1000;
    float PDc2 = (VDc2 * IDc2)/1000;
    analogWrite (pinPwm1, Dc1);
    analogWrite (pinPwm2, Dc2);
    Serial.print(Dc1);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(Dc2);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(VDc1);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(IDc1);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(VDc2);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(IDc2);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(PDc1);
```

Rumus membaca arus sensor INA219 dan tegangan di pin A0 dan A1 dengan sumber tegangan 25 Volt.

Rumus tegangan arduino

Rumus daya

Menampilkan nilai *duty cycle 1* dan *duty cycle 2* serta nilai tegangan, arus, dan daya.

```

Serial.print("\t");
Serial.println(PDc2);
delay (100);
}
for (int Dc1 = 0; Dc1 <= 255; Dc1 += 1)
{
  int Dc2 = 190;
  IDc1 = ina219_1.getCurrent_mA();
  IDc2 = ina219_2.getCurrent_mA();
  VDc11 = analogRead(A0);
  VDc21 = analogRead(A1);
  float VDc1 = VDc11 * (25.0 / 1023.0);
  float VDc2 = VDc21 * (25.0 / 1023.0);
  float PDc1 = (VDc1 * IDc1)/1000;
  float PDc2 = (VDc2 * IDc2)/1000;
  analogWrite (pinPwm1, Dc1);
  analogWrite (pinPwm2, Dc2);
  Serial.print(Dc1);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(Dc2);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(VDc1);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(IDc1);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(VDc2);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(IDc2);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(PDc1);
  Serial.print("\t");
  Serial.println(PDc2);
  delay (100);
}
}

```

→ Looping Nilai *Duty Cycle* 1

→ Nilai tetap *duty cycle* 2 adalah 190

} Rumus membaca arus dan tegangan

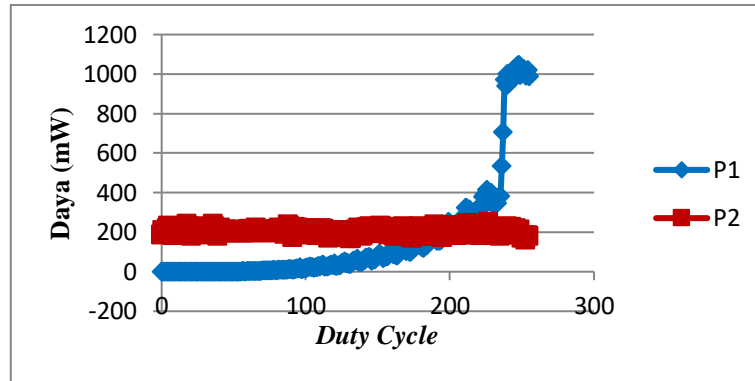
} Rumus tegangan arduino

} Rumus daya

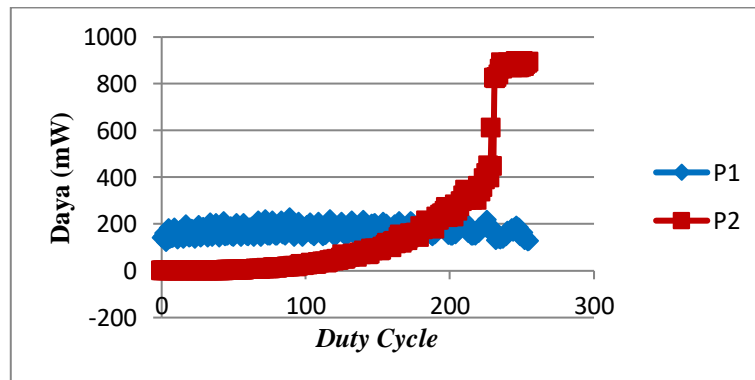
} Menampilkan nilai *duty cycle* 1 dan *duty cycle* 2 serta nilai tegangan, arus, dan daya.

Percobaan dilakukan dengan tiga beban yang terdiri dari dua beban distribusi sebesar 20R dan satu beban akhir pengaplikasian Proyek Akhir sebesar 100R.

Saat program dijalankan, grafik hasil yang ditunjukkan seperti pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.10 *Duty Cycle 1 = 0-255 dan Duty Cycle 2 = 190*



Gambar 4.11 *Duty Cycle 1 = 190 dan Duty Cycle 2 = 0-255*

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.10 dapat dianalisa bahwa jika *duty cycle 1* diberi nilai PWM 0-255 maka daya yang terbaca pada serial monitor yaitu berkisar pada 0-1000 mW dan jika *duty cycle 2* diberi nilai PWM tetap yaitu 190 maka daya yang terbaca pada serial monitor yaitu dayanya stabil pada 200 mW, sedangkan grafik pada Gambar 4.11 dapat dianalisa bahwa jika *duty cycle 1* diberi nilai PWM tetap yaitu 190 maka daya yang terbaca pada serial monitor yaitu dayanya stabil pada 200 mW dan jika *duty cycle 2* diberi nilai PWM 0-255 maka daya yang terbaca pada serial monitor yaitu berkisar pada 0-1000 mW. Oleh karena itu, nilai PWM sangat mempengaruhi daya yang terbaca pada *serial monitor*.

#### 4.4 Tegangan yang dihasilkan Beban Stabil pada Nilai 9V

Pengujian dilakukan dengan tiga beban yang terdiri dari dua beban distribusi sebesar 20R dan satu beban akhir pengaplikasian Proyek Akhir sebesar 100R. Saat program dijalankan, tabel hasil yang ditunjukkan seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Tegangan Beban Stabil Antara Kisaran 8.8 V Sampai 9.2 V

Duty Cycle 1	Duty Cycle 2	V1 (V)	I1 (mA)	V2 (V)	I2 (mA)	VLoad (V)	P1 (W)	P2 (W)	Pload (W)
190	190	3.69	-0.2	4.67	0.4	4.52	0	0	0
191	191	9.6	439.2	9.6	438.9	10.09	4.22	4.22	8.86
190	190	9.75	375.9	9.82	429	9.9	3.67	4.21	7.97
189	189	9.65	375.2	9.78	471.4	9.85	3.62	4.61	8.34
188	188	9.65	376.8	9.82	432.4	9.65	3.64	4.25	7.81
187	187	9.58	381.3	9.82	418.3	9.63	3.65	4.11	7.7
186	186	9.48	388.4	9.75	453.9	9.53	3.68	4.43	8.03
185	185	9.56	399	9.75	417.9	9.43	3.81	4.07	7.71
184	184	9.53	409.8	9.58	481.7	9.36	3.91	4.61	8.34
183	183	9.41	416	9.73	435.3	9.19	3.91	4.23	7.82
183	183	9.43	419.6	9.65	402.6	9.16	3.96	3.89	7.53
183	183	9.43	419.3	9.78	465.6	9.12	3.96	4.55	8.07
183	183	9.51	416.4	9.7	426.2	9.19	3.96	4.13	7.74
183	183	9.53	409.2	9.75	402.7	9.14	3.9	3.93	7.42
183	183	9.58	398	9.53	460.2	9.14	3.81	4.39	7.84
183	183	9.58	353.9	9.58	422.9	9.16	3.39	4.05	7.12
183	183	9.63	361.3	9.65	403.5	9.19	3.48	3.89	7.03
183	183	9.63	371	9.65	454.9	9.24	3.57	4.39	7.63
182	182	9.56	384.8	9.75	419.2	9.16	3.68	4.09	7.37
182	182	9.6	395.1	9.51	400.3	9.09	3.79	3.81	7.23
182	182	9.58	409.3	9.48	444.3	9.14	3.92	4.21	7.8
182	182	9.58	416.8	9.53	411	9.04	3.99	3.92	7.48
182	182	9.58	419.2	9.53	402.9	9.14	4.02	3.84	7.51
182	182	9.7	419.4	9.48	438.4	9.14	4.07	4.16	7.84
182	182	9.75	413.9	9.46	408.4	9.12	4.04	3.86	7.5
182	182	9.58	400.8	9.51	408	9.14	3.84	3.88	7.39
182	182	9.6	350.8	9.56	433.1	9.14	3.37	4.14	7.16
182	182	9.7	356.8	9.51	406.6	9.09	3.46	3.87	6.94
182	182	9.73	365.4	9.56	468.3	9.14	3.55	4.47	7.62
182	182	9.73	377.2	9.38	428.7	9.04	3.67	4.02	7.29
182	182	9.87	391	9.43	406.1	9.12	3.86	3.83	7.27



<b>Duty Cycle</b>	<b>Duty Cycle</b>	<b>V1</b>	<b>I1</b>	<b>V2</b>	<b>I2</b>	<b>VLoad</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>Pload</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>(V)</b>	<b>(mA)</b>	<b>(V)</b>	<b>(mA)</b>	<b>(V)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>
182	182	9.75	407.6	9.46	461.9	9.07	3.97	4.37	7.88
182	182	9.75	417.3	9.46	424.6	9.07	4.07	4.02	7.63
182	182	9.9	422.2	9.46	406.4	9.09	4.18	3.84	7.53
182	182	9.95	423.3	9.41	456.4	9.07	4.21	4.29	7.98
182	182	9.95	419.2	9.38	420.3	9.09	4.17	3.94	7.63
182	182	9.95	409.9	9.48	407.8	9.09	4.08	3.87	7.43
182	182	9.97	400.1	9.46	449.5	9.12	3.99	4.25	7.74
182	182	9.95	356.5	9.41	416.9	9.14	3.55	3.92	7.07
182	182	10.07	364	9.36	409.8	8.99	3.66	3.84	6.96
182	182	9.53	374.9	9.26	441.6	9.02	3.57	4.09	7.36
182	182	9.48	387	9.34	412.1	8.97	3.67	3.85	7.17
182	182	9.38	402.9	9.26	414.5	9.02	3.78	3.84	7.37
182	182	9.53	415.5	9.29	434.5	9.02	3.96	4.03	7.66
182	182	9.43	424.2	9.29	411	8.94	4	3.82	7.47
182	182	9.56	426.2	9.31	422.8	8.99	4.07	3.94	7.64
182	182	9.48	422.3	9.29	430.2	8.97	4	4	7.65
182	182	9.51	414.4	9.31	410.1	9.04	3.94	3.82	7.46
182	182	9.51	402.6	9.36	461	8.99	3.83	4.31	7.77
182	182	9.38	394.4	9.24	424.5	8.92	3.7	3.92	7.3
182	182	9.43	365.9	9.24	410.1	8.97	3.45	3.79	6.96
182	182	9.38	375.7	9.24	454.8	8.9	3.53	4.2	7.39
182	182	9.41	388.7	9.26	420.4	8.94	3.66	3.89	7.24
182	182	9.36	405.2	9.26	412.8	8.97	3.79	3.82	7.34
182	182	9.36	418.8	9.21	447.9	8.87	3.92	4.13	7.69
182	182	9.31	425.4	9.21	416.9	8.87	3.96	3.84	7.47
182	182	9.34	427.3	9.21	417	8.92	3.99	3.84	7.53
182	182	9.29	424.8	9.14	441.6	8.82	3.94	4.04	7.64
182	182	9.29	417.3	9.19	415	8.87	3.88	3.81	7.38
182	182	9.26	405.4	9.16	423.7	8.85	3.75	3.88	7.33
182	182	9.26	397.5	9.14	435.4	8.87	3.68	3.98	7.39
182	182	9.21	389.7	9.09	412.5	8.8	3.59	3.75	7.06
183	183	9.36	375.4	9.21	432.6	8.87	3.51	3.99	7.17
183	183	9.34	392.1	9.24	434.2	8.9	3.66	4.01	7.35
183	183	9.34	408.5	9.16	416.9	8.82	3.81	3.82	7.28
183	183	9.34	422.1	9.19	447.5	8.85	3.94	4.11	7.69
183	183	9.29	430.4	9.16	429.5	8.85	4	3.94	7.61
183	183	9.34	433.7	9.21	418.2	8.8	4.05	3.85	7.49
184	184	9.36	431.2	9.21	456.1	8.94	4.04	4.2	7.94
184	184	9.38	427.9	9.21	429.2	8.9	4.02	3.95	7.62

<b>Duty Cycle</b> <b>1</b>	<b>Duty Cycle</b> <b>2</b>	<b>V1</b> <b>(V)</b>	<b>I1</b> <b>(mA)</b>	<b>V2</b> <b>(V)</b>	<b>I2</b> <b>(mA)</b>	<b>VLoad</b> <b>(V)</b>	<b>P1</b> <b>(W)</b>	<b>P2</b> <b>(W)</b>	<b>Pload</b> <b>(W)</b>
184	184	9.38	416	9.24	426.7	8.97	3.9	3.94	7.56
184	184	9.41	407.1	9.26	453.6	8.94	3.83	4.2	7.7
184	184	9.48	400.1	9.26	425.8	8.99	3.79	3.94	7.43
184	184	9.43	392.7	9.24	433.4	8.94	3.7	4	7.39
184	184	9.46	401.5	9.29	446.8	8.99	3.8	4.15	7.63
184	184	9.48	418.9	9.31	423.1	8.99	3.97	3.94	7.57
184	184	9.41	431.6	9.26	442.5	8.99	4.06	4.1	7.86
184	184	9.46	437.7	9.29	440.1	9.02	4.14	4.09	7.92
184	184	9.41	439.3	9.31	422.9	9.04	4.13	3.94	7.8
184	184	9.41	436.1	9.31	454.6	8.99	4.1	4.23	8.01
184	184	9.46	426.7	9.34	434.9	9.02	4.04	4.06	7.77
184	184	9.46	415.2	9.36	425	9.02	3.93	3.98	7.58
184	184	9.46	406.3	9.26	462.2	9.04	3.84	4.28	7.85
184	184	9.53	398.5	9.34	429.9	9.04	3.8	4.01	7.49
184	184	9.51	390	9.38	428.6	9.04	3.71	4.02	7.4
184	184	9.58	404.2	9.43	455	9.14	3.87	4.29	7.85
184	184	9.56	421.4	9.41	427	9.07	4.03	4.02	7.69
184	184	9.6	432.6	9.46	435.4	9.14	4.15	4.12	7.93
184	184	9.58	440.2	9.48	448.3	9.14	4.22	4.25	8.12
184	184	9.58	440.5	9.41	425	9.12	4.22	4	7.89
184	184	9.58	436.3	9.46	443.7	9.14	4.18	4.2	8.04
184	184	9.53	426.3	9.43	442.1	9.09	4.06	4.17	7.89
184	184	9.56	414.9	9.46	425	9.09	3.96	4.02	7.64
184	184	9.6	406.6	9.46	454.7	9.12	3.91	4.3	7.85
184	184	9.56	398.4	9.48	436.7	9.14	3.81	4.14	7.63
184	184	9.53	393.1	9.36	426.2	9.09	3.75	3.99	7.45
184	184	9.48	409.1	9.38	464	9.02	3.88	4.35	7.87
184	184	9.51	426.2	9.38	431.8	9.07	4.05	4.05	7.78
184	184	9.58	436.6	9.36	430.1	9.04	4.18	4.03	7.84
184	184	9.48	439.6	9.38	456.1	9.09	4.17	4.28	8.14
184	184	9.53	439.5	9.41	428	9.07	4.19	4.03	7.87
184	184	9.53	433.8	9.43	437.1	9.07	4.13	4.12	7.9
184	184	9.53	421.7	9.38	448.7	9.09	4.02	4.21	7.91
184	184	9.56	411.9	9.36	426.3	9.12	3.94	3.99	7.64
184	184	9.48	403.4	9.36	446.9	9.02	3.83	4.18	7.67
184	184	9.53	395.1	9.36	441.7	9.09	3.77	4.13	7.61
184	184	9.51	401.1	9.29	426.3	8.99	3.81	3.96	7.44
184	184	9.43	417.1	9.24	460.2	8.92	3.93	4.25	7.83
184	184	9.41	432.1	9.24	435.8	8.97	4.07	4.03	7.78

<b>Duty Cycle</b>	<b>Duty Cycle</b>	<b>V1</b>	<b>I1</b>	<b>V2</b>	<b>I2</b>	<b>VLoad</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>Pload</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>(V)</b>	<b>(mA)</b>	<b>(V)</b>	<b>(mA)</b>	<b>(V)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>
184	184	9.43	439.4	9.34	428.2	8.94	4.14	4	7.76
184	184	9.46	442	9.29	462.6	8.94	4.18	4.3	8.09
184	184	9.41	438.1	9.26	432.2	8.99	4.12	4	7.83
184	184	9.41	429.3	9.24	433	8.97	4.04	4	7.73
184	184	9.46	417.5	9.26	455.2	8.99	3.95	4.22	7.85
184	184	9.43	408.5	9.29	427.8	8.97	3.85	3.97	7.5
184	184	9.46	400.3	9.29	439.6	8.99	3.79	4.08	7.55
184	184	9.46	392.2	9.31	448	9.04	3.71	4.17	7.6
184	184	9.53	408.1	9.36	426.6	9.09	3.89	3.99	7.59
184	184	9.51	426.2	9.38	449.7	9.07	4.05	4.22	7.94
184	184	9.53	436.2	9.43	441.7	9.04	4.16	4.17	7.94
184	184	9.51	442	9.41	426.5	9.09	4.2	4.01	7.9
184	184	9.6	442.2	9.43	470.9	9.14	4.25	4.44	8.35
184	184	9.63	435	9.48	436	9.16	4.19	4.13	7.98
184	184	9.53	423.7	9.41	429.5	9.12	4.04	4.04	7.78
184	184	9.56	413.5	9.41	461.8	9.14	3.95	4.34	8
184	184	9.58	404.7	9.43	431.9	9.12	3.88	4.07	7.63
184	184	9.6	396.2	9.46	434.8	9.14	3.81	4.11	7.6
184	184	9.58	402.2	9.46	453.7	9.12	3.85	4.29	7.8
184	184	9.58	420	9.41	428.4	9.07	4.02	4.03	7.69
184	184	9.53	434.4	9.43	444.2	9.09	4.14	4.19	7.99
184	184	9.56	441.5	9.41	446	9.14	4.22	4.2	8.11
184	184	9.53	443.3	9.41	426.9	9.09	4.23	4.02	7.91
184	184	9.56	438.4	9.43	456.9	9.14	4.19	4.31	8.18
184	184	9.53	427.6	9.36	439.2	9.09	4.08	4.11	7.88
184	184	9.51	415.7	9.34	428.5	9.04	3.95	4	7.63
184	184	9.51	406.3	9.34	466.2	9.09	3.86	4.35	7.93
184	184	9.56	398.5	9.38	433.5	9.09	3.81	4.07	7.56
184	184	9.53	398.6	9.38	432.4	9.04	3.8	4.06	7.51
184	184	9.56	416.1	9.41	457.9	9.09	3.98	4.31	7.95
184	184	9.53	432.6	9.43	429.7	9.09	4.12	4.05	7.84
184	184	9.56	440.9	9.41	439.7	9.09	4.21	4.14	8.01
184	184	9.58	443.6	9.41	450	9.07	4.25	4.23	8.1
184	184	9.53	440.5	9.43	428	9.09	4.2	4.04	7.9
184	184	9.63	431.2	9.51	450.6	9.14	4.15	4.28	8.06
184	184	9.63	419.1	9.46	442.9	9.14	4.04	4.19	7.88
184	184	9.58	409.8	9.48	427.5	9.19	3.93	4.05	7.69
184	184	9.63	401	9.48	472.3	9.19	3.86	4.48	8.02
184	184	9.68	394.8	9.51	437.1	9.16	3.82	4.16	7.62

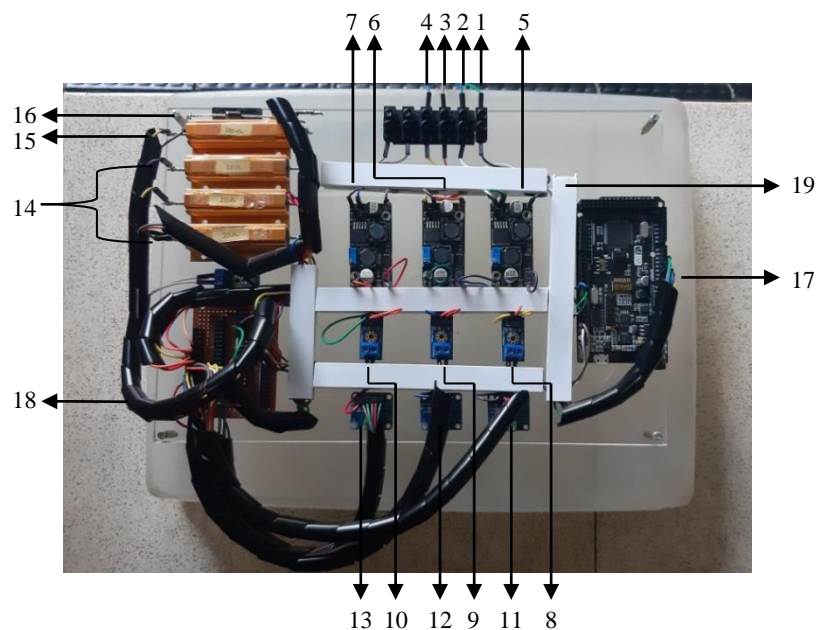
<b>Duty Cycle</b>	<b>Duty Cycle</b>	<b>V1</b>	<b>I1</b>	<b>V2</b>	<b>I2</b>	<b>VLoad</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>Pload</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>(V)</b>	<b>(mA)</b>	<b>(V)</b>	<b>(mA)</b>	<b>(V)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>
184	184	9.6	410.8	9.41	429.8	9.12	3.95	4.04	7.66
184	184	9.6	429.1	9.46	463	9.16	4.12	4.38	8.18
184	184	9.58	438.6	9.43	433	9.16	4.2	4.08	7.99
184	184	9.6	442.7	9.56	435.6	9.16	4.25	4.16	8.05
184	184	9.6	441.8	9.46	454.1	9.14	4.24	4.29	8.19
184	184	9.6	433.4	9.53	429	9.16	4.16	4.09	7.9
184	184	9.68	420.6	9.48	445.4	9.21	4.07	4.22	7.98
183	183	9.58	411.2	9.46	445.4	9.09	3.94	4.21	7.79
183	183	9.56	398.6	9.43	423.1	9.09	3.81	3.99	7.47
183	183	9.51	391.1	9.38	454.1	9.12	3.72	4.26	7.7
183	183	9.48	407.4	9.34	434.7	9.04	3.86	4.06	7.61
183	183	9.51	426.3	9.41	424.7	9.09	4.05	4	7.74
183	183	9.46	436	9.34	460.9	9.07	4.12	4.3	8.13
183	183	9.53	441.2	9.38	429.5	9.07	4.2	4.03	7.89
183	183	9.51	438.5	9.36	430.1	9.02	4.17	4.03	7.83
183	183	9.53	430.3	9.34	452.2	9.02	4.1	4.22	7.96
183	183	9.97	417.6	9.85	425.7	9.53	4.16	4.19	8.04
182	182	9.41	408.3	9.29	437.6	8.97	3.84	4.06	7.59
182	182	9.38	393.5	9.21	439	8.87	3.69	4.04	7.39
182	182	9.41	387.8	9.24	419	8.94	3.65	3.87	7.22
182	182	9.36	403.2	9.29	446	8.92	3.77	4.14	7.57
182	182	9.36	422	9.26	432	8.94	3.95	4	7.64
182	182	9.41	431.5	9.26	420.3	8.97	4.06	3.89	7.64
182	182	9.38	435.8	9.26	460.5	9.02	4.09	4.27	8.08
182	182	9.46	433.9	9.29	427.2	8.97	4.1	3.97	7.72
182	182	9.46	425.6	9.36	423.3	9.04	4.03	3.96	7.68
182	182	9.43	413.3	9.34	452.3	9.04	3.9	4.22	7.83
182	182	9.43	404.2	9.31	423.2	9.02	3.81	3.94	7.46
182	182	9.48	395.3	9.38	430.8	9.04	3.75	4.04	7.47
182	182	9.48	386.3	9.38	443.1	9.07	3.66	4.16	7.52
182	182	9.46	403.9	9.34	420.3	9.07	3.82	3.92	7.47
182	182	9.48	421.6	9.41	442.1	9.02	4	4.16	7.79
182	182	9.46	432.1	9.43	435.9	9.12	4.09	4.11	7.91
182	182	9.51	436.1	9.41	420.1	9.02	4.15	3.95	7.72
182	182	9.43	433.9	9.31	463.8	8.99	4.09	4.32	8.07
182	182	9.46	424.4	9.34	429.4	8.97	4.01	4.01	7.66
182	182	9.46	412	9.38	423.3	8.99	3.9	3.97	7.51
182	182	9.46	402.6	9.34	454.1	9.04	3.81	4.24	7.75
182	182	9.48	393.4	9.36	424.2	9.02	3.73	3.97	7.37

<b>Duty Cycle</b>	<b>Duty Cycle</b>	<b>V1</b>	<b>I1</b>	<b>V2</b>	<b>I2</b>	<b>VLoad</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>Pload</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>(V)</b>	<b>(mA)</b>	<b>(V)</b>	<b>(mA)</b>	<b>(V)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>	<b>(W)</b>
182	182	9.41	390.8	9.26	430.2	8.99	3.68	3.98	7.38
182	182	9.48	408.7	9.34	444.9	8.99	3.88	4.15	7.68
182	182	9.46	427.1	9.31	420.4	9.02	4.04	3.91	7.64
182	182	9.43	434.5	9.34	441	8.99	4.1	4.12	7.87
182	182	9.43	436.8	9.26	436.7	8.94	4.12	4.04	7.81
182	182	9.43	432.9	9.26	420.9	8.94	4.08	3.9	7.64
182	182	9.41	421.8	9.29	456.4	9.04	3.97	4.24	7.94
182	182	9.43	409.8	9.34	430	9.02	3.87	4.01	7.57
182	182	9.46	400.7	9.31	422.8	8.97	3.79	3.94	7.39
182	182	9.43	391.8	9.31	454.9	8.99	3.7	4.24	7.61
182	182	9.43	395.9	9.24	424.7	8.94	3.73	3.92	7.34
182	182	9.36	413.7	9.21	428.7	8.92	3.87	3.95	7.51
182	182	9.38	428.6	9.26	446.3	8.87	4.02	4.13	7.76
182	182	9.31	435.9	9.19	422.1	8.9	4.06	3.88	7.63
182	182	9.38	437.4	9.24	438.6	8.92	4.1	4.05	7.81
182	182	9.38	431.5	9.26	438.6	8.9	4.05	4.06	7.74
182	182	9.36	419.3	9.24	420.9	8.92	3.92	3.89	7.49
182	182	9.41	408.7	9.21	451.2	8.9	3.85	4.16	7.65
182	182	9.34	399.6	9.19	431.7	8.94	3.73	3.97	7.44
182	182	9.31	390.2	9.14	422.2	8.87	3.63	3.86	7.21
182	182	9.29	399.1	9.12	470.5	8.77	3.71	4.29	7.63
183	183	9.34	418.2	9.16	427	8.82	3.9	3.91	7.46
183	183	9.34	436.9	9.19	432.7	8.9	4.08	3.98	7.74
183	183	9.38	442.6	9.21	452.6	8.85	4.15	4.17	7.92
183	183	9.34	441.4	9.16	426.6	8.85	4.12	3.91	7.68
183	183	9.31	434.1	9.12	442.9	8.85	4.04	4.04	7.76
183	183	9.29	420.4	9.12	443.6	8.85	3.9	4.04	7.64
183	183	9.31	410	9.09	425.8	8.82	3.82	3.87	7.37
183	183	9.38	400.5	9.12	457.6	8.9	3.76	4.17	7.63
183	183	9.34	391.9	9.12	436.7	8.8	3.66	3.98	7.29
184	184	9.29	413.7	9.12	428.7	8.85	3.84	3.91	7.45
184	184	9.36	434.9	9.14	480.5	8.85	4.07	4.39	8.1
184	184	9.38	444.3	9.16	435.3	8.85	4.17	3.99	7.78
184	184	9.38	447.2	9.16	437.7	8.87	4.2	4.01	7.85
184	184	9.36	442.9	9.19	457.3	8.82	4.15	4.2	7.94
184	184	9.34	430.5	9.16	431.3	8.87	4.02	3.95	7.65
184	184	9.29	419.6	9.09	447.4	8.85	3.9	4.07	7.67
184	184	9.31	409.7	9.14	449	8.82	3.81	4.1	7.58
184	184	9.31	400.8	9.12	429.8	8.8	3.73	3.92	7.31

Berdasarkan pada Tabel 4.2, dapat dianalisa bahwa tegangan beban bernilai kisaran 8,8 V sampai 9,2 V. Hal ini dimaksudkan untuk menetapkan tegangan beban stabil pada 9 V dengan memberi toleransi sebesar 0,2 V. Dengan nilai *duty cycle* 1 dan *duty cycle* 2 disamakan, maka diperoleh tegangan beban stabil berkisar pada PWM 182-184. Oleh karena itu, penggunaan program yang telah dibuat ini baik dan benar dikarenakan menghasilkan nilai yang sesuai dengan hasil yang hendak dicapai.

#### 4.5 Pembuatan *Hardware* Serta Dudukan Komponen Proyek Akhir

Dudukan komponen dibuat agar komponen terlihat rapi serta memudahkan operator untuk membawa dudukan komponen jika diperlukan. Dudukan komponen dibuat dari satu buah akrilik dengan ketebalan 5mm.



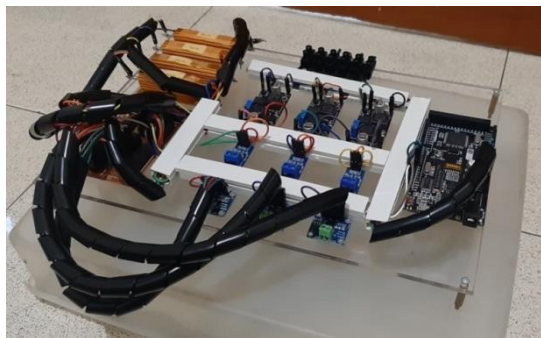
Gambar 4.12 Dudukan Komponen Proyek Akhir Tampak Atas

Keterangan pada Gambar 4.12 yaitu sebagai berikut:

1. Input (+) *Solar Panel* 1
2. Input (-) *Solar Panel* 1
3. Input (+) *Solar Panel* 2
4. Input (-) *Solar Panel* 2

5. *Buck-Boost Converter XLSEMI 6019 Output Solar Panel 1*
6. *Buck-Boost Converter XLSEMI 6019 Output Solar Panel 2*
7. *Buck-Boost Converter XLSEMI 6019 Output Solar Panel 3*
8. *Sensor Tegangan Output Buck-Boost Converter Solar Panel 1*
9. *Sensor Tegangan Output Buck-Boost Converter Solar Panel 2*
10. *Sensor Tegangan Output Buck-Boost Converter Solar Panel 3*
11. *Sensor Arus INA219 Output Sensor Tegangan Output Buck-Boost Converter Solar Panel 1*
12. *Sensor Arus INA219 Output Sensor Tegangan Output Buck-Boost Converter Solar Panel 2*
13. *Sensor Arus INA219 Output Sensor Tegangan Output Buck-Boost Converter Solar Panel 3*
14. *Beban Distribusi 1, 2, dan 3*
15. *Beban Utama*
16. *Dioda*
17. *Arduino MEGA2560*
18. *Spiral Elastis*
19. *Kabel Ducting*

Komponen tersebut diletakkan di atas akrilik sebagaiudukan komponen serta peletakkan komponen berdasarkan dengan diagram *wiring* dari Proyek Akhir ini. Kabel-kabel yang menghubungkan antar komponen diletakkan di dalam kabel *ducting* serta sisa kabel-kabel yang tidak dapat digapai oleh kabel *ducting* kemudian diletakkan didalam spiral elastis agarudukan komponen tersebut terlihat lebih rapi.

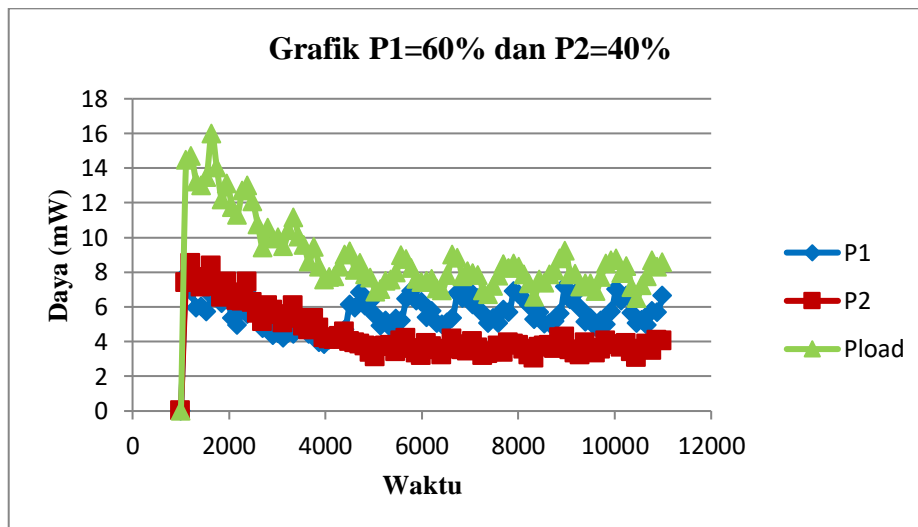


Gambar 4.13 Dudukan Komponen Proyek Akhir Tampak Samping

Pada setiap bagian sudut dari akrilik dibor dan ditambahkan *spacer* sebanyak 4 buah sebagai kaki dari dudukan akrilik agar dudukan akrilik dapat berdiri tegak dan lebih nyaman dalam proses pembawaan dudukan komponen.

#### 4.6 Pengujian Alat Menggunakan Solar Panel

Proyek Akhir ini memerlukan penambahan program yang dapat membuat daya yang diterima beban diatur oleh dua sumber, yaitu *solar panel 1* dan *solar panel 2* dengan nilai persentase setiap masing-masing *solar panel* berbeda agar sesuai dengan prinsip kerjanya. Pada pengujian ini, dilakukan dengan mengambil data persentase yang berbeda pada setiap daya *solar panel*, yaitu daya dari *solar panel 1* diatur 60% dan daya dari *solar panel 2* diatur 40% terhadap daya beban yang ingin dicapai. Berikut Gambar 4.14 adalah grafik yang dihasilkan dari pengujiannya.



Gambar 4.14 Grafik Daya Solar Panel 1=60% dan Solar Panel 2=40%

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.14 ditunjukkan terdapat tiga daya, yaitu daya P1 (daya *output* dari DC-DC *converter* (1), daya P2 (daya dari *output* dari DC-DC *converter* (2), dan daya Pload (daya pada beban). Pada Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa P1 memiliki persentase kurang lebih 60% terhadap daya beban, dan P2 memiliki persentase kurang lebih 40% terhadap daya beban. Daya yang dihasilkan oleh masing-masing *solar panel* tergantung pada intensitas cahaya matahari yang diterima.



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari pengerjaan Proyek Akhir ini dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian dari alat Proyek Akhir ini yang diuji yaitu menstabilkan tegangan beban pada nilai 8,8 V sampai 9,2 V. Dan pembagian daya dari 2 buah *solar panel* dengan menentukan persentase dari *solar panel 1* dan *solar panel 2* sebesar 60% dan 40% maka hasil yang didapat pada pengujian pembagian daya tersebut menghasilkan daya pada *solar panel 1* yang bernilai antara 5,67 mW sampai 5,71 mW dan daya pada *solar panel 2* yang bernilai 3,8 mW sampai 3,93 mW. Daya *output* dari *solar panel 1* dan *solar panel 2* ini stabil pada *duty cycle 1* dengan nilai PWM 181 dan *duty cycle 2* dengan nilai PWM 151.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil data dari pengujian alat bahwa, Proyek Akhir ini masih terdapat beberapa kekurangan karena terdapat data tidak stabil yang dihasilkan dari uji coba alat ini. Data tersebut dapat dilihat dari nilai tegangan yang dihasilkan oleh setiap *solar panel* dalam data tabel serta grafik hasil uji coba alat, adapun nilai tegangan yang dihasilkan tersebut tidak stabil dalam setiap perubahan kenaikan tegangan terhadap *duty cycle* yang diberikan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yakni intensitas cahaya matahari yang diserap oleh *solar panel*, rugi-rugi daya atau *looses* dari rangkaian masukan sampai dengan ke beban, dan penurunan fungsi dari setiap komponen yang digunakan dalam pembuatan Proyek Akhir ini. Dapat dibuktikan sesuai dengan hasil data yang ada pada Bab 4. Untuk itu kedepannya diperlukan perbaikan, penambahan, serta modifikasi dari Proyek Akhir ini agar data yang dihasilkan dapat stabil. Adapun dari kekurangan tersebut nantinya dapat menjadi saran serta uji coba ulang agar selanjutnya alat ini dapat menjadi lebih baik lagi dari sebelumnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dickson Kho. Pengertian Sel Surya(Solar Cell) dan Prinsip Kerjanya. [Online]. available :<https://teknikelektronika.com/pengertian-sel-surya-solar-cell-prinsip-kerja-sel-surya/>
- [2] Janaloka. (2018, Juni) Rangkaian Seri Dan Paralel dalam Sistem Listrik Surya. [Online]. <https://janaloka.com/rangkaian-seri-dan-pararel-dalam-sistem-listrik-surya/>
- [3] Mahardian guyup Putra Dwi, Ida Uswatun Lailatun, Sabani Rahamt, and Ajeng Diah Setiawati, "Sistem Otomasi Photovoltaic pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berbasis Mikrokontroler Arduino skala lab," *JURNAL TEKNIK PERTANIAN LAMPUNG*, pp. 130-137, 2019. [Online]. <https://teknikelektronika.com/pengertian-sel-surya-solar-cell-prinsip-kerja-sel-surya/>
- [4] Adhi Kusmantoro, Ardyono Priyadi, Vita Lystianingrum Budiharto Putri, and Mauridhi Hery Purnomo, "Kinerja Micro Grid Menggunakan Photovoltaic-Baterai dengan Sistem Off-Grid," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 2, pp. 211-217, 2020.
- [5] Anwar Ilmar Ramadhan, Ery Diniardi, and Sony Hari Mukti, "Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP," *TEKNIK*, pp. 59-63, 1990.
- [6] PT. Skybatt Energy Mandiri. (2015) Pembangkit Listrik Tenaga Surya. [Online]. <http://skybatt.co.id/plts.html>
- [7] Amy Beaudet. (2016, April) How do I read the solar panel specifications? [Online]. [https://www.altestore.com/blog/2016/04/how-do-i-read-specifications-of-my-solar-panel/#.YQfzo\\_kxWaE](https://www.altestore.com/blog/2016/04/how-do-i-read-specifications-of-my-solar-panel/#.YQfzo_kxWaE)
- [8] Arduino.com. (2016) Arduino Mega. [Online]. <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>
- [9] Maulana Majid, "Implementasi Arduiono Mega 2560 Untuk Kontrol Miniatur Elevator Barang Otomatis," *Jurnal UNNES*, pp. 8-139, 2016.
- [10] JonMiles. (2020, April) Arduino MEGA 2560 With WiFi Built-in. [Online]. <https://forum.arduino.cc/t/arduino-mega-2560-with-wifi-built-in/649031>
- [11] andalanelektro.id. (2018, Agustus) Mengenal Arduino : Pengertian, Sejarah, Kelebihan dan Jenis- Jenisnya. [Online]. <https://www.andalanelektro.id/2018/08/mengenal-arduino.html>
- [12] Waesal Karni, Nyoman Wahyu Satiawan, and Ida Bagus Fery Citarasa,

- "Rancang Bangun Buck-Boost Converter Sebagai Regulator Tegangan Keluaran Pada Panel Surya," pp. 1-9, 2018.
- [13] Elfira Pranita and Muhamad Suharto, *Pengaturan Daya Antara Photovoltaic dan Baterai Dalam Smart Grid*. Sungailiat: Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, 2021.
- [14] I Nyoman Wahyu Satiawan, Ida Bagus Fery Citarsa Waesal Karni, *RANCANG BANGUN BUCK-BOOST CONVERTER SEBAGAI REGULATOR TEGANGAN KELUARAN PADA PANEL SURYA*.
- [15] Dhea Mellinia Fortuna and Novan Alamsyah, *Maximum Power Point Tracking (MPPT) untuk Solar Panel*. Sungailiat: Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, 2020.
- [16] Ahmad Imron, Trias Andromeda, and Budi Setiyono, "Perancangan Akuisi Data Pada Panel RTU PT.PLN (Persero) Berplatform Android," *Transient, Vol 7*, pp. 1-7, 2018.
- [17] Diana Gita Andriana Putri and Rendy Nur Hidayatullah, *Monitoring Tegangan dan Arus pada Battery Housing menggunakan Mikrokontroler dan Wifi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [18] Arduino. (2016) Voltage Sensor Module. [Online]. <http://www.emartee.com/product/42082/Voltage%20Sensor%20Module%20%20Arduino%20Compatible>
- [19] Resnu Mauliyana Mukti Wilutomo and Teguh Yuwono, "Rancang Bangun Memonitor Arus dan Tegangan Serta Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa menggunakan Web Berbasis Arduino Due," *GEMA TEKNOLOGI*, vol. 49, no. 3, pp. 19-24, 2017.
- [20] (2018, Desember) Rangkaian Modul Sensor Tegangan 25V Untuk Arduino Uno. [Online]. <http://pulangstore.com/elektronika/rangkaian-elektronika/rangkaian-modul-sensor-tegangan-25v-untuk-arduino-uno/>
- [21] Diah Arie Widhining K, Tomi Sugiarto Danang Erwanto, "Sistem Pemantauan Arus Dan Tegangan Panel Surya Berbasis Internet," *Multitek Indonesia: Jurnal Ilmiah*, p. 4, 2020.
- [22] Hasbi Tri Monda and Santi Rudati, Paula Feriyonika, "Sistem Pengukuran Daya Pada Sensor N0de Wireless Sensor Network," *9 th Industrial Research Workshop and National Seminar*, pp. 28-31, 2019.
- [23] mili Ampere. (2020, Januari) Cara Menggunakan Sensor Arus INA219 dengan arduino. [Online]. <https://breakrow.com/mili-ampere/cara-menggunakan-sensor-arus-ina219-dengan-arduino/>
- [24] "INA219 Zero-Drift, Bidirectional Current/Power Monitor With I," 2011.

- [25] Prakoso and Mochamad Galih Aldi, *Rancang Bangun Kontrol PID Pada Speed Observer Geberator DC Berbasis Arduino Uno R3*. Jember: Universitas Jember, 2016.

# **LAMPIRAN 1**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### 1. Data pribadi

Nama Lengkap : Putri Andreani  
Tempat, Tanggal Lahir : Sungailiat, 28 Februari 2001  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Alamat : Jl. Bima 1 Lingkungan Sidodadi  
RT.005, Kelurahan Srimenanti,  
Sungailiat, Bangka  
Email : putriandreani282@gmail.com  
Agama : Islam



### 2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 4 Sungailiat	Lulus 2012
SMP Negeri 2 Sungailiat	Lulus 2015
SMA Negeri 1 Sungailiat	Lulus 2018
D-III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung	2018-Sekarang

### 3. Pengalaman Kerja

Praktik Kerja Lapangan di PT. TELKOM WITEL BABEL Tahun 2020

### 4. Pengetahuan Bahasa : Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris

Sungailiat, 22 Agustus 2021



Putri Andreani

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### 1. Data pribadi

Nama Lengkap : Salsabila Mahareni  
Tempat, Tanggal Lahir : Sungailiat, 06 April 2000  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Alamat : Lingkungan Bukit Kuala  
No.05, Kelurahan Matras,  
Sungailiat, Bangka  
Email : salsabilamahareni@gmail.com  
Agama : Islam



### 2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 20 Sungailiat	Lulus 2012
SMP Negeri 1 Sungailiat	Lulus 2015
SMK Negeri 1 Sungailiat	Lulus 2018
D-III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung	2018-Sekarang

### 3. Pengalaman Kerja

Praktik Kerja Lapangan di PT. THEP Puding Besar	Tahun 2020
---	------------

### 4. Pengetahuan Bahasa : Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris

Sungailiat, 22 Agustus 2021



Salsabila Mahareni

## **LAMPIRAN 2**



## LIST PROGRAM ARDUINO

### ➤ **Program Pembagi Daya P1=60% dan P2=40%**

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

Adafruit_INA219 ina219_1 (0x40);
Adafruit_INA219 ina219_2 (0x41);

unsigned long myTime;
const int pinPwm1 = 9;
const int pinPwm2 = 10;
float IDc1;
float IDc2;
float VDc1;
float VDc2;
float VDc11;
float VDc21;
float VLoad;
float VLoad1;
float PDc1;
float PDc2;
float PLoad;
int dutyCycle1;
int dutyCycle2;

void setup()
{
  pinMode (pinPwm1 , OUTPUT);
  pinMode (pinPwm2 , OUTPUT);
  Serial.begin(9600);

  Serial.print("Waktu");
  Serial.print("\t");
  Serial.print("XLDc1");
  Serial.print("\t");
  Serial.print("XLDc2");
  Serial.print("\t");
  Serial.print("VDc1");
```

```

Serial.print("\t");
Serial.print("IDc1");
Serial.print("\t");
Serial.print("VDc2");
Serial.print("\t");
Serial.print("IDc2");
Serial.print("\t");
Serial.print("VLoad");
Serial.print("\t");
Serial.print("PDc1");
Serial.print("\t");
Serial.print("PDc2");
Serial.print("\t");
Serial.println("PLoad");
Serial.print("\t");

    while (!Serial)
    {
        delay(1);
    }
    uint32_t currentFrequency;
    ina219_1.begin();
    ina219_2.begin();
    dutyCycle1 = 190;
    dutyCycle2 = dutyCycle1;
    millis();
    delay (1000);
}

void rumus()
{
    IDc1 = ina219_1.getCurrent_mA();
    IDc2 = ina219_2.getCurrent_mA();
    VDc11=analogRead(A0);
    VDc21=analogRead(A1);
    VLoad1=analogRead(A2);
    VDc1 = VDc11 * (25.0 / 1023.0);
    VDc2 = VDc21 * (25.0 / 1023.0);
    VLoad = VLoad1 * (25.0 / 1023.0);
    PDc1 = (VDc1 * IDc1)/1000;
    PDc2 = (VDc2 * IDc2)/1000;
    PLoad = ((IDc1 + IDc2) * VLoad)/1000;
}

```

```

}

void keluaran()
{
    analogWrite (pinPwm1, dutyCycle1);
    analogWrite (pinPwm2, dutyCycle2);
    rumus();

    myTime=millis();
    Serial.print(myTime);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(dutyCycle1);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(dutyCycle2);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(VDc1);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(IDc1);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(VDc2);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(IDc2);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(VLoad);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(PDc1);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(PDc2);
    Serial.print("\t");
    Serial.println(PLoad);
    Serial.print("\t");
}

void loop()
{
    keluaran();
    delay (100);
    while (1)
    {
        if (VLoad<8.8)
        {
            dutyCycle1++;

```

```

    dutyCycle2++;
    if (dutyCycle1>=255)
    {
        dutyCycle1=255;
    }
    if (dutyCycle2>=255)
    {
        dutyCycle2=255;
    }
}
if (VLoad>9.2)
{
    dutyCycle1--;
    dutyCycle2--;
    if (dutyCycle1<=33)
    {
        dutyCycle1=33;
    }
    if (dutyCycle2<=33)
    {
        dutyCycle2=33;
    }
}
if (VLoad>=8.8 && VLoad<=9.2)
{
    break;
}
keluaran();
delay(100);
}

while(1)
{
    if (PDc1<(0.58*PLoad))
    {
        dutyCycle1++;
        dutyCycle2--;
    }
    if (PDc2<(0.38*PLoad))
    {
        dutyCycle2++;
        dutyCycle1--;
    }
}

```

```
if(PDc1>(0.62*PLoad))
{
    dutyCycle1--;
    dutyCycle2++;
}
if(PDc2>(0.42*PLoad))
{
    dutyCycle2--;
    dutyCycle1++;
}
keluaran();
delay(100);
}
}
```