

# **TUGAS AKHIR**

## **PENERAPAN SISTEM OTOMASI PADA PANEL SURYA MENGIKUTI ARAH GERAK MATAHARI UNTUK MEMAKSIMALKAN KINERJA PANEL SURYA**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**FAHKRUL ROZI**  
**1507230137**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fahkrul Rozi  
NPM : 1507230137  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Penerapan Sistem Otomasi Pada Panel Surya Mengikuti Arah Gerak Matahari Untuk Memaksimalkan Kinerja Panel Surya  
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 September 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I

H. Muharnif M, S.T., M.Sc

Dosen Penguji II

Bekti Suroso, S.T., M.Eng

Dosen Penguji III

Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji IV

Chandra A Siregar, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



Affandi, S.T., M.T

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Fahkrul Rozi  
Tempat/Tanggal Lahir: Sei Putih/25 Mei 1997  
NPM : 1507230137  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**"Penerapan Sistem Otomasi Pada Panel Surya Mengikuti Arah Gerak Matahari Untuk Memaksimalkan Kinerja Panel Surya",**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 September 2019

Saya yang menyatakan,  
  
Fahkrul Rozi

## ABSTRAK

Indonesia adalah negara yang memiliki banyak sumber daya energi yang melimpah. Indonesia merupakan negara yang terletak pada garis lurus katulistiwa, maka Indonesia memiliki penyinaran matahari yang cukup lama dimana sinarnya 10 sampai 12 jam dalam satu hari. Maka untuk memanfaatkan sinar matahari tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan panel surya. Dalam proses penyerapan matahari secara konvensional masih belum efektif maka diterapkan sistem teknologi yang mampu meningkatkan penyerapan panel. Sistem teknologi yang diterapkan adalah dengan menggunakan sensor pelacak cahaya yaitu Sensor LDR berbasis Arduino. Arduino termasuk dalam sistem otomasi yang diterapkan dengan menggunakan *programmable automation* dimana memerlukan bahasa pemrograman C<sup>++</sup>. Untuk membuat sistem otomasi panel surya yang mengikuti gerak matahari yaitu, laptop, arduino, motor servo, kabel jumper, dan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*). Sistem otomasi berbasis Arduino uno ATmega 328 sangat mudah diterapkan dengan menggunakan bahasa pemrograman C<sup>++</sup> pada otomasi panel surya. Panel surya (*photovoltaic*) adalah alat yang terdiri dari beberapa sel surya yang mengubah cahaya menjadi energi listrik. Umumnya jenis panel surya yang banyak digunakan yaitu, *Monocrystalline*, *Polycrystalline*, dan *Gallium Arsenide*. Panel surya yang digunakan jenis *Monocrystalline* memiliki kapasitas 10 Wp yang memiliki efisiensi yang baik. Proses penyerapan perlu ada komponen pendukung yaitu, *Charger Controller*, baterai, *inverter*. Aplikasi sistem otomasi berbasis arduino pada panel surya yang mengikuti arah gerak matahari untuk mendapatkan hasil pengujian yang efektif yang dilakukan selama 6 hari pengujian. Pengujian yang mendapatkan efektifitas terjadi pada tanggal 08 agustus 2019 dengan efisiensi 10.77%.

Kata kunci: Sistem Otomasi, Kinerja Panel Surya, Gerak Matahari, Arduino Uno

## **ABSTRACT**

*Indonesia is a country that has abundant energy resources. Indonesia is a country located on a straight line the equator, then Indonesia has a sun illumination that long enough that the light is 10 to 12 hours in a day. Then to utilize the sunlight can be done using solar panels. In the process of conventional sun absorption is still not effective then applied technology system that can improve the absorption of panels. The technology system applied is to use a light tracking sensor, which is an Arduino-based LDR Sensor. Arduino is included in an automation system that is implemented using programmable automation which requires a C++ programmer language. To create a solar panel automation system that follows the Sun's motion namely, laptops, Arduino, servo motors, cable jamper, and Sensors LDR (Light Dependent Resistor). The Arduino Uno ATmega 328-based automation system is very easy to implement using the C++ programming language on solar panel automation. Solar panels (photovoltaics) are tools consisting of several solar cells that convert light into electrical energy. Generally, the types of solar panels that are widely used are, Monocrystalline, Polycrystalline, and Gallium Arsenide. The solar panels used by Monocrystalline have a capacity of 10 Wp which has good efficiency. Absorption process needs to be there supporting components ie, Charger Controller, battery, inverter. Application of a bebase Arduino automation system on solar panels that follow the direction of the sun to get effective test results performed during 6 days testing. Tests that gained effectiveness occurred on 08 August 2019 with 10.77% efficiency.*

*Keywords: automation system, Solar Panel performance, solar motion, Arduino Uno*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Penerapan Sistem Otomasi Pada Panel Surya Mengikuti Arah Gerak Matahari Untuk Memaksimalkan Kinerja Panel Surya” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I, Penguji, dan selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak H Muharnif, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
4. Bapak Bakti Suroso, S.T., M.Eng. yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Bambang Hariadi dan Indriani, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat-sahabat penulis: Rizki Fadillah, Yoga Pradona, Bayu Anggara, Yusuf Fadillah, Maulana Satrio, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, 23 September 2019



Fahkrul Rozi

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>3</b>
2.1. Sistem Kendali	3
2.2. Istilah – Istilah Dalam Sitem Kendali	4
2.3. Sejarah Mikrokontroler	6
2.4. Mikrokontroler ATmega 328	7
2.4.1. Konfigurasi Pin ATmega 328	10
2.4.2. Memori ATmega 328	12
2.4.3. Komunikasi Serial Pada ATmega 328	12
2.4.4. Daya	12
2.5. Sensor	13
2.5.1. Linearitas	13
2.5.2. Sensitivitas	13
2.5.3. Tanggapan Waktu Tanggapan	13
2.5.4. Klasifikasi Sensor	14
2.5.4.1. Sensor Thermal (Panas)	14
2.5.4.2. Sensor Mekanis	14
2.5.4.3. Sensor Optik	14
2.6. Motor Servo	16
2.6.1. Jenis – Jenis Motor Servo	17
2.6.2. Prinsip Kerja Motor Servo	17
2.6.3. Cara Mengendalikan Motor Servo	18
2.7. Arduino	19
2.8. Software Sistem Control	20
2.9. Panel Surya (Solar Cell)	21
2.9.1. Semikonduktor Tipe P dan Tipe N	22
2.9.2. Jenis Panel Surya	25
2.9.2.1. Monokristal (Mono-crystalline)	25



2.9.2.2.	Polikristal (Poly-crystalline)	26
2.9.2.3.	Gallium Arsenide (GaAs)	26
2.9.2.4.	Thin Film Photovoltaic	26
2.10.	Charger Controller	27
2.11.	Aki (Baterai)	28
2.12.	Inverter	29
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI</b>	<b>32</b>
3.1	Tempat dan Waktu	32
3.1.1.	Tempat	32
3.1.2.	Waktu	32
3.2	Bahan dan Alat	32
3.2.1.	Bahan	32
3.2.2.	Alat – Alat	37
3.3	Bagan Alir Penelitian	41
3.4	Rancangan Alat Penelitian	42
3.5	Prosedur Penelitian	43
3.5.1.	Langkah – Langkah Pembuatan Rangka PLTS	43
3.5.2.	Langkah – Langkah Perakitan Komponen PLTS	45
3.5.3.	Langkah – Langkah Pengujian PLTS	46
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>48</b>
4.1	Aplikasi Sistem Otomasi Panel Surya	48
4.2	Hasil Pengujian	52
4.2.1.	Perbandingan Waktu dengan Tegangan, Arus , Daya	60
4.2.2.	Perhitungan Daya Rata – Rata	65
4.3	Perbandingan pengujian	66
4.3.1.	Perbandingan Hari dengan Tegangan rata-rata Selama 6 Hari Pengujian	66
4.3.2.	Perbandingan Hari dengan Arus rata-rata Selama 6 Hari Pengujian	67
4.3.3.	Perbandingan Hari dengan Daya rata-rata Selama 6 Hari Pengujian	68
4.4	Sudut Deklinasi	69
4.5	Efektifitas Kinerja Panel Surya	73
4.5.1.	Posisi panel surya pada saat pukul 08:00 WIB	73
4.5.2.	Posisi panel surya pada saat pukul 10:00 WIB	73
4.5.3.	Posisi panel surya pada saat pukul 12:00 WIB	74
4.5.4.	Posisi panel surya pada saat pukul 14:00 WIB	74
4.5.5.	Posisi panel surya pada saat pukul 16:00 WIB	75
4.5.6.	Posisi panel surya pada saat pukul 18:00 WIB	75
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>78</b>
5.1.	Kesimpulan	78
5.2.	Saran	78
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>79</b>

**LAMPIRAN  
LEMBAR ASISTENSI  
DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Road Map Penelitian	31
Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian	32
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Pada Hari Kamis, 08 Agustus 2019	52
Tabel 4.2. Waktu dengan Tanggal	61
Tabel 4.3. Waktu dengan Arus	63
Tabel 4.4. Waktu dengan Daya	64
Tabel 4.5. Hari dengan Daya Rata-rata	66
Tabel 4.6. Hari dengan Arus Rata-rata	67
Tabel 4.7. Hari dengan Daya Rata-rata	68
Tabel 4.8. Urutan Hari dalam Satu Tahun	69
Tabel 4.9. Tabel Deklinasi Pengujian	72

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Diagram Alir Sistem Kendali Loop Terbuka	5
Gambar 2.2.	Diagram Alir Sistem Kendali Loop Tertutup	5
Gambar 2.3.	Sistem Kendali Manual	6
Gambar 2.4.	Sistem Kendali Otomatis	6
Gambar 2.5.	Arsitektur ATmega 328	9
Gambar 2.6.	Konfigurasi Pin ATmega 328	10
Gambar 2.7.	Sensor LDR ( <i>Light Dependent Resistor</i> )	15
Gambar 2.8.	Motor Servo	16
Gambar 2.9.	Komponen Penyusun Motor Servo	17
Gambar 2.10.	Cara kerja Motor Servo	18
Gambar 2.11.	Bagian dari Arduino ATmega328	19
Gambar 2.12.	Software Arduino	21
Gambar 2.13.	Prinsip Kerja Panel Surya	21
Gambar 2.14.	Semikonduktor Tipe P (kiri) dan Tipe N (kanan)	22
Gambar 2.15.	Panel Surya Monokristalin	25
Gambar 2.16.	Panel Surya Polikristalin	26
Gambar 2.17.	Panel Surya Gallium Arsenide	26
Gambar 2.18.	<i>Charger Controller</i>	27
Gambar 2.19.	Bagian pada Baterai Jenis <i>Lead Acid</i>	28
Gambar 3.1.	Panel Surya	33
Gambar 3.2.	Charger Controller	33
Gambar 3.3.	Baterai	34
Gambar 3.4.	Inverter	34
Gambar 3.5.	Kabel	35
Gambar 3.6.	Arduino Uno	35
Gambar 3.7.	Motor Servo	35
Gambar 3.8.	Sensor LDR	36
Gambar 3.9.	Kabel Jumper	36
Gambar 3.10.	Besi	36
Gambar 3.11.	Batang Aluminium Persegi	37
Gambar 3.12.	Baut dan Mur	37
Gambar 3.13.	Laptop	37
Gambar 3.14.	Mesin Las	38
Gambar 3.15.	Mesin Gerinda	38
Gambar 3.16.	Mesin Bor	39
Gambar 3.17.	Meteran	39
Gambar 3.18.	Cat dan Kuas	39
Gambar 3.19.	Obeng	40
Gambar 3.20.	Kunci Pas Ring	40
Gambar 3.21.	Multimeter	40
Gambar 3.22.	Bagan Alir Penelitian	41
Gambar 3.23.	Pembangkit Listrik Tenaga Surya	42
Gambar 3.24.	Proses Pengukuran	43
Gambar 3.25.	Proses Pemotongan	43

Gambar 3.26. Pengelasan	44
Gambar 3.27. Proses Pembuatan lubang	44
Gambar 3.28. Pemasangan Rumah Sensor LDR	45
Gambar 3.29. Pemasangan Panel Surya	45
Gambar 3.30. Pemasangan Motor Servo	46
Gambar 4.1. Skematik Rangkaian Sistem Otomasi Panel Surya	48
Gambar 4.2. Grafik Perbandingan Waktu dengan Tegangan	63
Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Waktu dengan Arus	63
Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Waktu dengan Daya	65
Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Hari dengan Daya Rata-rata	66
Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Hari dengan Arus Rata-rata	67
Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Hari dengan Tegangan Rata-rata	68
Gambar 4.8. Grafik Perbandingan Tegangan dengan Deklinasi	72
Gambar 4.9. Posisi panel surya pada pukul 08:00 WIB	73
Gambar 4.10. Posisi panel surya pada pukul 10:00 WIB	73
Gambar 4.11. Posisi panel surya pada pukul 12:00 WIB	74
Gambar 4.12. Posisi panel surya pada pukul 14:00 WIB	74
Gambar 4.13. Posisi panel surya pada pukul 16:00 WIB	75
Gambar 4.14. Posisi panel surya pada pukul 18:00 WIB	75

## DAFTAR NOTASI

No	Simbol	Besaran	Satuan
1	Ac	Luar	$m^2$
2	E	Energy	Joule
3	f	Frekuensi	Hertz
4	f	Intensitas suara	dB
5	I	Arus	Ampere
6	L	Lebar	m
7	N	Urutan Hari Dalam 1 Tahun	
8	P	Daya	Watt
9	P	Panjang	m
10	T	Tebal	m
11	T	Temperatur (suhu)	$^{\circ}\text{C}$
12	V	Tegangan	Volt
13	$\delta$	Deklinasi	Derajad ( $^{\circ}$ )
14	$E_{S,\gamma}^{SW}$	Incident radiation flux	$W/m^2$
15	$\eta$	Efisiensi	%
16	lx	Pencahayaan	Lux

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Sistem otomasi merupakan teknologi yang berkaitan dengan penerapan mekanik, sistem elektronik, dan berbasis komputer. Semua bergabung menjadi satu untuk mengoperasikan dan mengendalikan alat. Dengan semakin berkembangnya teknologi perancangan – perancangan yang dilakukan dalam penerapan pada panel surya itu masih secara konvensional dan hanya meletakkan beberapa sudut variasi matahari.

Dalam proses penyerapan matahari secara konvensional masih belum efektif maka diterapkan sistem teknologi yang mampu meningkatkan penyerapan panel. Sistem teknologi yang diterapkan adalah dengan menggunakan sensor pelacak cahaya berbasis mikrokontroler. Model sistem ini dilengkapi dengan sensor pelacak cahaya untuk memberikan informasi kemudian ditunjukkan kepada mikrokontroler sebagai pengendalian utama. Informasi yang dikirim tersebut kemudian dibaca dan dibandingkan dengan suatu keadaan logis lewat perangkat lunak. Masukan ini membuat mikrokontroler mengeluarkan keluaran yang akan menggerakkan sistem dengan motor listrik maka panel surya akan bergerak mengikuti arah datangnya sinar matahari secara otomasi.

Elemen dasar yang menjadi bagian sistem otomasi yaitu, *power, program of instruction, system control*. Dimana sistem otomasi ada beberapa jenis yaitu *automatic mechine tool, automatic assembly machine, industrial robot, programmable automation, computerize numerical control machine*. Sistem otomasi yang diterapkan dengan menggunakan *programmable automation* dimana memerlukan bahasa pemrogram C<sup>++</sup>. Bahasa pemrogram C<sup>++</sup> ini mudah digunakan dalam sistem otomasi panel surya. Komponen untuk membuat sistem otomasi yang digunakan pada panel surya yaitu, laptop, arduino, motor servo, kebel jamper, dan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*).

Panel surya (*photovoltaic*) adalah alat yang terdiri dari beberapa sel surya yang mengubah cahaya menjadi energi listrik. Panel surya perlu dilindungi dari kelembaban dan kerusakan mekanis karena hal ini dapat merusak efisiensi panel

surya, dan menurunkan masa pakai panel. Posisi ideal panel surya adalah selalu menghadap langsung ke sinar matahari.

Umumnya jenis panel surya yang banyak digunakan yaitu, *Monocrystalline*, *Polycrystalline*, dan *Gallium Arsenide*. Maka pada kali ini panel surya yang digunakan jenis *Monocrystalline* memiliki efisiensi yang baik. Arus yang dikeluarkan menghasilkan arus DC. Untuk dapat menggunakan arus listrik DC menjadi AC maka digunakan *inverter*. Proses penyerapan perlu ada komponen pendukung yaitu, *Charger Controller*, aki (*baterai*), *inverter*. Maka saya membahas sistem otomasi tersebut dengan judul PENERAPAN SISTEM OTOMASI PADA PANEL SURYA MENGIKUTI ARAH GERAK MATAHARI UNTUK MEMAKSIMALKAN KINERJA PANEL SURYA.

## 1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana menguji sistem otomasi pada panel surya.?
2. Bagaimana kinerja panel surya mengikuti gerak sinar matahari.?

## 1.3 Ruang lingkup

1. Sistem otomatis panel surya dengan sistem penggerak motor servo, dan sistem sensor LDR (*Photoconductive*).
2. Pengujian dilakukan di halaman terbuka, dan dilaksanakan selama 6 hari mulai tanggal 06 Agustus 2019 sampai tanggal 11 Agustus 2019 mulai dari pukul 07:30 – 18:00.
3. Kinerja panel surya yang mengikuti arah gerak sinar matahari.

## 1.4 Tujuan

1. Untuk mengaplikasikan sistem otomasi pada panel surya mengikuti arah pergerakan sinar matahari.
2. Untuk menguji sistem otomasi pada panel surya mengikuti arah gerakan matahari.
3. Untuk mendapatkan efektivitas kinerja panel surya dengan mengikuti arah gerak matahari.

## 1.5 Manfaat

1. Mendapatkan efisiensi kinerja panel surya.
2. Panel surya selalu menghadap tegak lurus dengan sinar matahari.
3. Sistem otomasi dapat digunakan dalam skala kecil mau pun skala besar.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1 Sistem kendali

(Lu'lail Jannah, dkk, 2017). Sistem kendali atau sistem kontrol (*control system*) adalah suatu alat (kumpulan alat) untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur keadaan dari suatu sistem. Rancang bangun penjejak sinar matahari aktif pada sistem koordinat horison matahari adalah pengembangan alat dari panel surya berbasis tracker. Alat ini bekerja berdasarkan arah gerak horison matahari dan dilengkapi dengan sistem penerimaan data otomatis menggunakan PLX-DAQ yang terintegrasi ke personal komputer. Pembacaan daya input alat ini menggunakan sensor arus Acs 712 sebagai pembacaan input arus yang diterima dan sensor tegangan sebagai input tegangan yang diterima. Kedua sensor tersebut di karakterisasi dan dibandingkan dengan multimeter.

(Eddi Kurniawan, dkk, 2013). Otomatisasi saat ini cukup banyak digunakan untuk berbagai keperluan guna memudahkan pekerjaan manusia. Sistem kendali dalam hal ini sebagai bidang ilmu yang memungkinkan implementasi otomatisasi. Pada penelitian ini, sistem kendali diterapkan untuk mengendalikan lampu secara otomatis menggunakan sensor cahaya. Sistem kendali yang digunakan adalah sistem kendali lup tertutup. Pengendali yang digunakan adalah mikrokontroler AVR ATmega16. Mikrokontroler berfungsi untuk memproses sinyal masukan dari sensor cahaya sebagai komponen umpan balik, kemudian menghasilkan keluaran yang ditujukan pada aktuator dalam hal ini adalah relay.

##### 1. *Fixed automation*

*Fixed automation* (otomasi tatap) adalah sistem dimana urutan pengolahan atau perakitan operasi ditetapkan oleh susunan peralatan, operasi di urutan biasanya sederhana ini adalah integrasi dan koordinat dari banyak operasi tersebut ke dalam satu set peralatan yang membuat sistem menjadi rumit.

##### 2. *Programmable automation* (otomasi mampu program)

Peralatan produksi dirancang dengan kemampuan untuk mengubah urutan operasi untuk mengakomodasi konfigurasi produk yang berbeda. Urutan operasi dikontrol oleh program, yang merupakan satu set instruksi kode sehingga sistem

dapat membaca dan mentafsirkannya. Program baru yang dapat disiapkan dan dimasukkan ke peralatan untuk menghasilkan produk baru.

### 3. *Flexible automation*

Sebuah sistem otomasi yang *flexible* adalah salah satu yang mampu menghasilkan berbagai produksi dengan hampir tidak ada waktu yang hilang saat memprogram ulang sistem dan mengubah setup fisik. Akibatnya, sistem dapat menghasilkan berbagai kombinasi dan jadwal produk, bukan membutuhkan bahwa mereka dibuat dalam batch terpisah.

## 2.2 Istilah – istilah dalam sistem kendali

Istilah yang ada dalam sistem kendali antara lain:

### 1. Masukan

Masukan atau *input* adalah rangsangan dari luar yang diterapkan ke sebuah sistem kendali untuk memperoleh tanggapan tertentu dari sistem pengaturan. Masukan juga sering disebut respon keluaran yang diharapkan.

### 2. Keluaran

Keluaran atau *output* adalah tanggapan sebenarnya yang didapatkan dari suatu sistem kendali.

### 3. Plant

Seperangkat peralatan objek fisik dimana variabel prosesnya akan dikendalikan, misalnya pabrik, reaktor nuklir, mobil, sepeda motor, pesawat terbang, pesawat tempur, kapal laut, kapal selam, mesin cuci, mesin pendingin (sistem AC, kulkas, *freezer*), penukar kalor (*heat exchanger*), bejana tekan (*pressure vessel*), robot dan lain sebagainya.

### 4. Proses

Berlangsungnya operasi pengendalian suatu variabel proses, misalnya proses kimiawi, fisika, biologi, ekonomi dan sebagainya.

### 5. Sistem

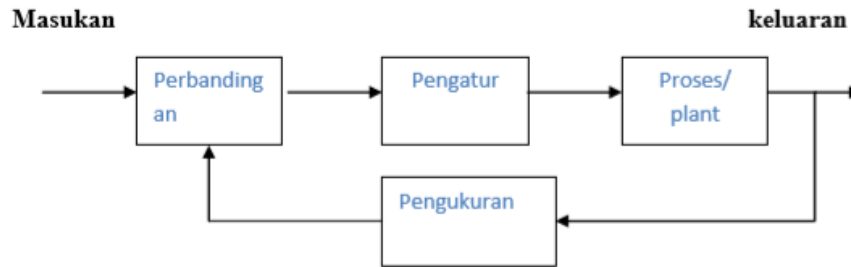
Kombinasi atau kumpulan dari berbagai komponen yang bekerja secara bersama - sama untuk mencapai tujuan tertentu.

### 6. Diagram alir

Bentuk kotak persegi panjang yang digunakan untuk mempresentasikan model matematika dari sistem fisik.



Gambar 2.1. Diagram alir sistem kendali loop terbuka (Syamsir A, 1998)



Gambar 2.2. Diagram alir sistem kendali loop tertutup (Syamsir A, 1998)

### 7. Fungsi alih (*Transfer Function*)

Perbandingan antara keluaran (*output*) terhadap masukan (*input*) suatu sistem pengendalian loop terbuka gambar 2.1. dapat dicari dengan membandingkan antara *output* terhadap *input*.

### 8. Sistem kendali umpan maju (*open loop system*)

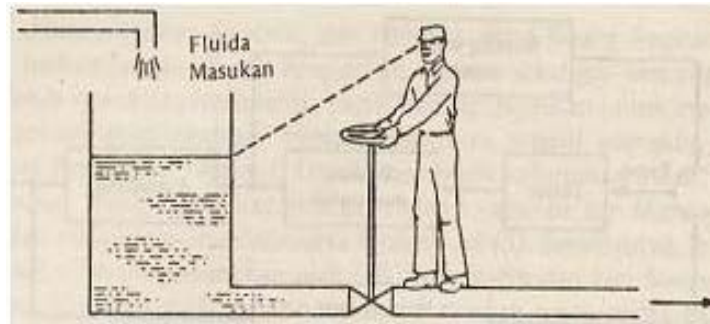
Sistem kendali ini disebut juga sistem pengendalian lup terbuka. Pada sistem ini keluaran tidak ikut adil dalam aksi pengendalian. Disini kinerja kontroler tidak bisa dipengaruhi *input* referensi.

### 9. Sistem kendali umpan balik

Istilah ini sering disebut juga sistem pengendalian loop tertutup. Pengendalian jenis ini adalah suatu sistem pengaturan dimana sistem keluaran pengendalian ikut andil dalam aksi kendali.

### 10. Sistem Pengendalian Manual

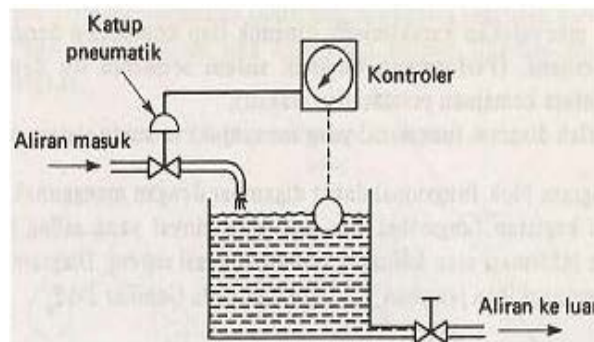
Sistem pengendalian dimana faktor manusia sangat dominan dalam aksi pengendalian yang dilakukan pada sistem tersebut. Peran manusia sangat dominan dalam menjalankan perintah, sehingga hasil pengendalian akan dipengaruhi pelakunya. Operator berperan membandingkan tinggi sesungguhnya saat itu dengan tinggi permukaan fluida yang dihendaki dan kemudian bertindak untuk membuka atau menutup katup sebagai aktuator guna mempertahankan keadaan permukaan yang diinginkan.



Gambar 2.3. Sistem pengendalian manual. (Syamsir A, 1998)

### 11. Sistem kendali otomatis

Sistem pengendalian dimana faktor manusia tidak dominan dalam aksi pengendalian yang dilakukan pada sistem tersebut. Peran manusia digantikan oleh sistem kontroler yang telah diprogram secara otomatis sesuai fungsinya, sehingga bisa memerankan seperti yang dilakukan manusia. Di dunia industri modern banyak sekali sistem kendali yang memanfaatkan kontrol otomatis, apa lagi untuk industri yang bergerak pada bidang yang proses nya membahayakan keselamatan jiwa manusia.



Gambar 2.4. Sistem kendali otomatis. (Syamsir A, 1998)

### 2.3 Sejarah mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan komputer didalam *chip* yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektivitas biaya. Secara harfiah bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi atau diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini. Mikrokontroler digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, *remote control*, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan.

Dengan mengurangi ukuran, biaya, dan konsumsi tenaga dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprosesor memori, dan alat *input output* yang terpisah, kehadiran mikrokontroler membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis. Dengan penggunaan mikrokontroler ini maka :

1. Sistem elektronik akan menjadi lebih ringkas.
2. Rancang bangun sistem elektronik akan lebih cepat karena sebagian besar dari sistem adalah perangkat lunak yang mudah dimodifikasi.
3. Pencarian gangguan lebih mudah ditelusuri karena sistemnya yang kompak.

Namun demikian tidak sepenuhnya mikrokontroler bisa mereduksi komponen IC TTL dan CMOS yang seringkali masih diperlukan untuk aplikasi kecepatan tinggi atau sekedar menambah jumlah saluran masukan dan keluaran (I/O). Dengan kata lain, mikrokontroler adalah versi kecil atau mikro dari sebuah komputer karena mikrokontroler sudah mengandung beberapa periferal yang langsung bisa dimanfaatkan misalnya port paralel, port serial, komparator, konversi digital ke analog (DAC), konversi analog ke digital (ADC) dan sebagainya hanya menggunakan sistem minimum yang tidak rumit atau kompleks.

#### 2.4 Mikrokontroler Atmega 328

ATMega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*).

ATMega328 memiliki beberapa fitur antara lain :

1. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus clock.
2. 32x 8-bit register serba guna.
3. Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan clock 16 MHz.
4. 32KB *Flash memory* dan pada arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari *flash memory* sebagai *bootloader*.
5. Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
6. Memiliki SRAM (*Static Random Access Memory*) sebesar 2KB.

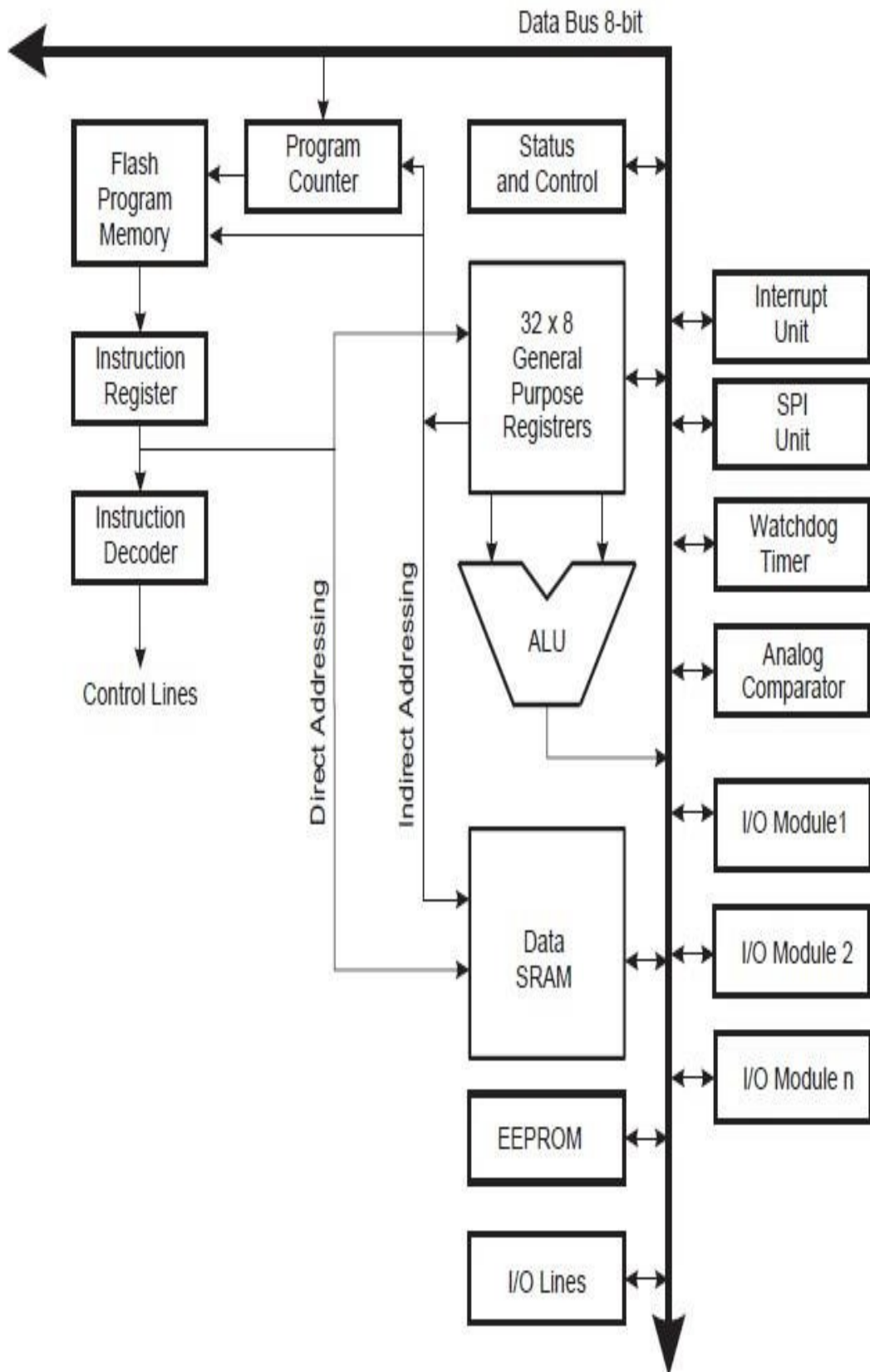
7. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM (*Pulse Width Modulation*) output.
8. Master / Slave SPI Serial *interface*.

Mikrokontroler ATmega 328 memiliki arsitektur *Harvard*, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan parallelism. Instruksi – instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program.

Konsep inilah yang memungkinkan instruksi – instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus *clock*. 32 x 8-bit register serba guna digunakan untuk mendukung operasi pada ALU (*Arithmetic Logic unit*) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. 6 dari register serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah register pointer 16-bit pada mode pengalamatan tidak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data Ketiga register pointer 16-bit ini disebut dengan register X ( gabungan R26 dan R27 ), register Y ( gabungan R28 dan R29 ), dan register Z ( gabungan R30 dan R31 ).

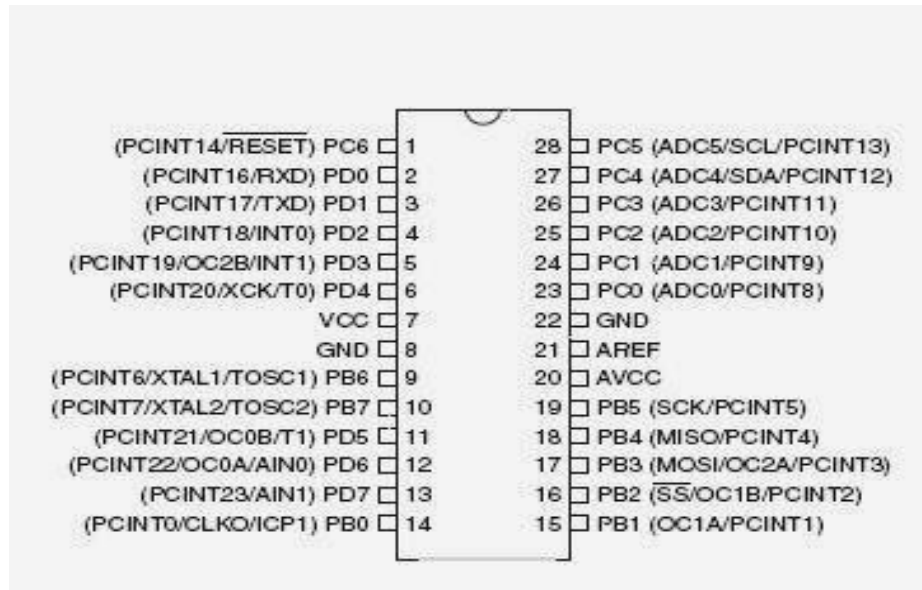
Hampir semua instruksi AVR memiliki format 16-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16- bit atau 32-bit. Selain register serba guna di atas, terdapat register lain yang terpetakan dengan teknik *memory mapped I/O* selebar 64 byte. Beberapa register ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai register *control Timer/ Counter, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM*, dan fungsi I/O lainnya. Register – register ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh.

Berikut ini adalah tampilan architecture ATmega 328 :



Gambar 2.5. Arsitektur ATmega 328 (Andrianto, 2008)

## 2.4.1 Konfigurasi Pin Atmega 328



Gambar 2.6. Konfigurasi Pin ATmega 328 (Andrianto, 2008)

ATMega328 memiliki 3 buah PORT utama yaitu PORTB, PORTC, dan PORTD dengan total pin *input/output* sebanyak 23 pin. PORT tersebut dapat difungsikan sebagai *input/output* digital atau difungsikan sebagai periperal lainnya.

### 1. PortB

*Port B* merupakan jalur data 8 bit yang dapat difungsikan sebagai *input/output*. Selain itu PORTB juga dapat memiliki fungsi alternatif seperti di bawah ini.

- a. ICP1 (PB0), berfungsi sebagai *Timer Counter 1 input capture* pin.
- b. OC1A (PB1), OC1B (PB2) dan OC2 (PB3) dapat difungsikan sebagai keluaran PWM (*Pulse Width Modulation*).
- c. MOSI (PB3), MISO (PB4), SCK (PB5), SS (PB2) merupakan jalur komunikasi SPI.
- d. Selain itu pin ini juga berfungsi sebagai jalur pemrograman serial (ISP).
- e. TOSC1 (PB6) dan TOSC2 (PB7) dapat difungsikan sebagai sumber *clock external* untuk *timer*.
- f. XTAL1 (PB6) dan XTAL2 (PB7) merupakan sumber *clock* utama mikrokontroler.



## 2. PortC

*Port C* merupakan jalur data 7 bit yang dapat difungsikan sebagai *input/output* digital. Fungsi alternatif PORTC antara lain sebagai berikut.

- a. ADC6 *channel* (PC0,PC1,PC2,PC3,PC4,PC5) dengan resolusi sebesar 10 bit. ADC dapat kita gunakan untuk mengubah input yang berupa tegangan analog menjadi data digital.
- b. I2C (SDA dan SDL) merupakan salah satu fitur yang terdapat pada PORTC. I2C digunakan untuk komunikasi dengan sensor atau *device* lain yang memiliki komunikasi data tipe I2C seperti sensor kompas, *accelerometer nunchuck*.

## 3. PortD

*Port D* merupakan jalur data 8 bit yang masing-masing pin-nya juga dapat difungsikan sebagai *input/output*. Sama seperti *Port B* dan *Port C*, *Port D* juga memiliki fungsi alternatif dibawah ini.

- a. USART (TXD dan RXD) merupakan jalur data komunikasi serial dengan level sinyal TTL. Pin TXD berfungsi untuk mengirimkan data serial, sedangkan RXD kebalikannya yaitu sebagai pin yang berfungsi untuk menerima data serial.
- b. *Interrupt* (INT0 dan INT1) merupakan pin dengan fungsi khusus sebagai interupsi *hardware*. Interupsi biasanya digunakan sebagai selaan dari program, misalkan pada saat program berjalan kemudian terjadi interupsi *hardware/software* maka program utama akan berhenti dan akan menjalankan program interupsi.
- c. XCK dapat difungsikan sebagai sumber *clock external* untuk USART, namun kita juga dapat memanfaatkan *clock* dari CPU, sehingga tidak perlu membutuhkan *externalclock*.
- d. T0 dan T1 berfungsi sebagai masukan *counter external* untuk *timer* 1 dan *timer* 0.
- e. AIN0 dan AIN1 keduanya merupakan masukan *input* untuk *analog comparator*.

#### 2.4.2 Memori Atmega 328

ATmega328 memiliki 32 KB flash memori untuk menyimpan kode, juga 2 KB yang digunakan untuk bootloader. ATmega328 memiliki 2 KB untuk SRAM dan 1 KB untuk EEPROM.

#### 2.4.3 Komunikasi Serial Pada Atmega 328

Atmega328 menyediakan komunikasi serial UART TTL (5V) yang tersedia di pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Sebuah chip FTDI yang terdapat pada board berfungsi menterjemahkan bentuk komunikasi ini melalui USB dan akan tampil sebagai Virtual Port di komputer. Pada Arduino Software (IDE) terdapat monitor serial yang memudahkan data textual untuk dikirim menuju Arduino atau keluar dari Arduino. Lampu led TX dan RX akan menyala berkedip-kedip ketika ada data yang ditransmisikan melalui chip FTDI USB to Serial via kabel USB ke komputer. Untuk menggunakan komunikasi serial dari digital pin, gunakan Software Serial library.

Chip ATmega328 juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Di dalam Arduino Software (IDE) sudah termasuk *Wire Library* untuk memudahkan anda menggunakan bus I2C. Untuk menggunakan komunikasi SPI, gunakan SPI library.

#### 2.4.4 Daya

Mikrokontroler Atmega 328 dapat diaktifkan dengan catu daya eksternal. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan menancapkan *plug* positif 2.1mm ke colokan listrik. Dari baterai dapat dimasukkan dalam *Gnd* dan *Vin* pin *header* dari konektor power.

Mikrokontroler Atmega 328 ini dapat beroperasi pada pasokan tegangan eksternal 6 sampai 20 volt. Jika diberikan dengan kurang dari 7 volt, pin yang keluaran 5 volt mungkin pasokannya kurang dari 5 volt dan mikrokontroler Atmega 328 mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 volt, regulator tegangan bisa panas dan merusak IC mikro. Kisaran yang disarankan adalah 7-12 volt.

Pin sumber daya dalam mikrokontroler Atmega 328 ini adalah sebagai berikut :

a) VIN

Tegangan masukan pada mikrokontroler Atmega 328 menggunakan sumber daya eksternal.

b) 5V

Catu daya 5 volt ini digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lainnya pada *board* mikrokontroler Atmega 328. Hal ini dapat terjadi dilakukan dari pin VIN melalui regulator *on-board*, atau melalui *port* USB atau sumber tegangan lainnya seperti adaptor.

c) GND

Pin ground.

## 2.5 Sensor

Sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik, dan sebagainya. Contoh; Mata sebagai sensor penglihatan, telinga sebagai sensor pendengaran, kulit sebagai sensor peraba, LDR (*light dependent resistance*) sebagai sensor cahaya, dan lainnya.

### 2.5.1 Linearitas

Ada banyak sensor yang menghasilkan sinyal keluaran yang berubah secara kontinyu sebagai tanggapan terhadap masukan yang berubah secara kontinyu. Sebagai contoh, sebuah sensor panas dapat menghasilkan tegangan sesuai dengan panas yang dirasakannya.

### 2.5.2 Sensitivitas

*Sensitivitas* akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukkan “perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan”..

### 2.5.3 Tanggapan Waktu Tanggapan

Waktu pada sensor menunjukkan seberapa cepat tanggapannya terhadap perubahan masukan. Sebagai contoh, instrumen dengan tanggapan frekuensi yang jelek adalah sebuah termometer merkuri. Masukannya adalah temperatur dan

keluarannya adalah posisi merkuri. Misalkan perubahan temperatur terjadi sedikit demi sedikit dan kontinyu terhadap waktu.

Frekuensi adalah jumlah siklus dalam satu detik dan diberikan dalam satuan Hertz (Hz). Ada bermacam cara untuk menyatakan tanggapan frekuensi sebuah sensor. Misalnya “satu milivolt pada 500 Hertz”. Tanggapan frekuensi dapat pula dinyatakan dengan “decibel (db)”, yaitu untuk membandingkan daya keluaran pada frekuensi tertentu dengan daya keluaran pada frekuensi referensi.

#### 2.5.4 Klasifikasi sensor

Secara umum berdasarkan fungsi dan penggunaannya sensor dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu :

1. Sensor thermal (panas).
2. Sensor mekanis.
3. Sensor optik (cahaya).

##### 2.5.4.1 Sensor Thermal (Panas)

Sensor thermal adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan panas/temperatur/suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu. Contoh: bimetal, termistor, termokopel, RTD, photo transistor, photo dioda, photo multiplier, photovoltaik, infrared pyrometer, hygrometer, dan sebagainya.

##### 2.5.4.2 Sensor Mekanis

Sensor mekanis adalah sensor yang mendeteksi perubahan gerak mekanis, seperti perpindahan atau pergeseran atau posisi, gerak lurus dan melingkar, tekanan, aliran, level, dan sebagainya. Contoh: strain gage, linear variable deferential transformer (LVDT), proximity, potensiometer, load cell, bourdon tube, dan sebagainya.

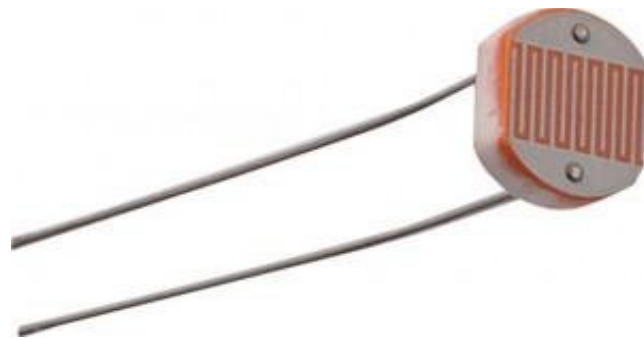
##### 2.5.4.3 Sensor Optik

Sensor optik atau cahaya adalah sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya ataupun bias cahaya yang mengenai benda atau ruangan. Contoh: *photo cell*, photo transistor, photo diode, photo voltaic, photo multiplier, pyrometer optic, dan sebagainya.

- *Sensor LDR (Light Dependent Resistor)*

Sensor yang sering digunakan dalam berbagai rangkaian elektronik salah satunya adalah sensor cahaya (LDR). Sensor cahaya adalah alat yang digunakan dalam bidang elektronika yang berfungsi untuk mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Sensor cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) merupakan suatu jenis resistor yang peka terhadap cahaya. Nilai resistansi LDR akan berubah - ubah sesuai dengan intensitas cahaya yang diterima. Besarnya nilai hambatan pada LDR tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. Jika LDR tidak terkena cahaya maka nilai tahanan akan menjadi besar (sekitar  $10\text{M}\Omega$ ) dan jika terkena cahaya nilai tahanan akan menjadi kecil (sekitar  $1\text{k}\Omega$ ). Contoh penggunaannya adalah pada lampu taman dan lampu di jalan yang bisa menyala di malam hari dan padam di siang hari secara otomatis.

Cara kerja dari sensor ini adalah mengubah energi dari foton menjadi elektron, umumnya satu foton dapat membangkitkan satu elektron. Sensor ini mempunyai kegunaan yang sangat luas salah satu yaitu sebagai pendeteksi cahaya pada tirai otomatis. Beberapa komponen yang biasanya digunakan dalam rangkaian sensor cahaya adalah LDR (*Light Dependent Resistor*), *Photodiode*, dan *Photo Transistor*.



Gambar 2.7. Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) (Sigit Nurharsanto, Adhy Prayitno, 2017)

LDR dapat dibuat dari semikonduktor beresistensi tinggi yang tidak dilindungi dari cahaya. Jika cahaya yang mengenainya memiliki frekuensi yang cukup tinggi, foto yang diserap oleh semikonduktor akan menyebabkan elektron memiliki energi yang cukup untuk meloncat ke pita konduksi.

Elektron bebas yang dihasilkan dan pasangan lubangnya akan mengalirkan listrik, sehingga menurunkan resistansinya. Komponen yang menggunakan sensor cahaya berikutnya adalah *Photo Transistor*, secara sederhana adalah sebuah transistor bipolar yang memakai kontak (*junction*) *base-collector* yang menjadi permukaan agar dapat menerima cahaya sehingga dapat digunakan menjadi konduktivitas transistor. Secara lebih detail *Photo Transistor* merupakan sebuah benda padat pendeteksi cahaya yang memiliki gain internal.

Hal ini yang membuat foto transistor memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan *photodiode* / foto diode, dalam ukuran yang sama. Alat ini dapat menghasilkan sinyal analog maupun sinyal digital. Photo Transistor sejenis dengan transistor pada umumnya, bedanya pada Photo Transistor dipasang sebuah lensa pemfokus sinar pada kaki basis untuk memfokuskan sinar jatuh pada pertemuan.

## 2.6 Motor servo

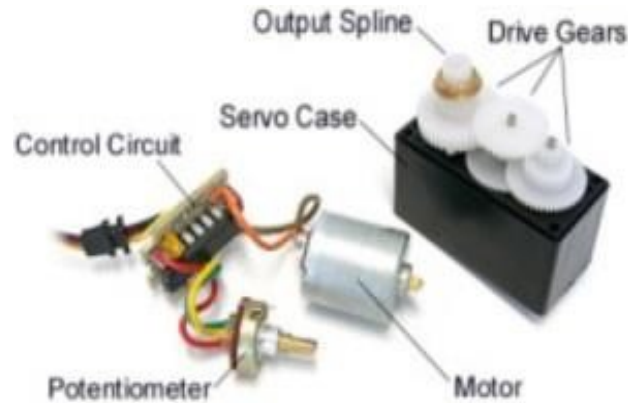
Servo merupakan suatu alat yang digunakan untuk menghasilkan output yang sesuai dengan perintah yang diinginkan dengan menggunakan feedback (umpan balik). Kata "servo" sendiri berasal dari kata "*servant*" yang berarti pelayan. Dengan kata lain, servo adalah pelayan yang mampu bekerja dengan tepat dan cepat sesuai instruksi dari tuannya. Sedang sistem servo dapat didefinisikan sebagai alat yang mampu menggerakkan pada kecepatan tertentu dan memosisikan suatu objek pada posisi yang ditentukan. Sistem kontrol otomatis seperti ini membutuhkan *feedback* (umpan balik) untuk dapat bekerja.

Motor servo biasa digunakan dalam aplikasi-aplikasi di industri, selain itu juga digunakan dalam berbagai aplikasi lain seperti pada mobil mainan radio kontrol, robot, pesawat, dan lain sebagainya.



Gambar 2.8. Motor Servo (Raisal Fauzi, 2014)

Komponen Penyusun Motor Servo Motor servo pada dasarnya dibuat menggunakan motor DC yang dilengkapi dengan controler dan sensor posisi sehingga dapat memiliki gerakan  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  atau  $360^\circ$ . Berikut adalah komponen internal sebuah motor servo  $180^\circ$ .



Gambar 2.9. Komponen penyusun motor servo (Raisal Fauzi, 2014)

#### 2.6.1. Jenis-jenis Motor Servo

- Motor Servo Standar

Motor servo jenis ini hanya mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai  $90^\circ$  sehingga total defleksi sudut dari kanan-tengah-kiri adalah  $180^\circ$ .

- Motor Servo Kontinu

Motor servo kontinu merupakan motor servo yang bagian *feedback*-nya dilepas sehingga motor servo jenis ini mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinu).

#### 2.6.2. Prinsip Kerja Motor Servo

Seperti namanya, servo motor adalah sebuah servo. Lebih khusus lagi adalah servo *loop* tertutup yang menggunakan umpan balik posisi untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir. Masukan kontrolnya adalah beberapa sinyal, baik analog atau digital, yang mewakili posisi yang diperintahkan untuk poros *output*.

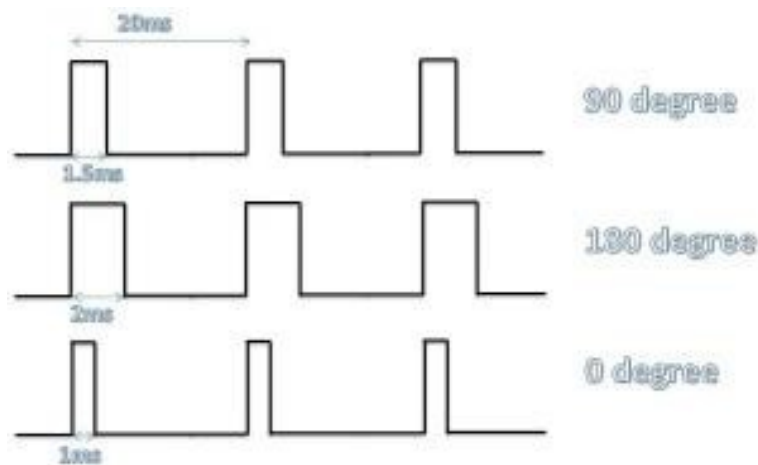
Motor di pasang dengan beberapa jenis encoder untuk memberikan posisi dan kecepatan umpan balik. Dalam kasus yang paling sederhana, hanya posisi yang diukur. Posisi diukur dari output dibandingkan dengan posisi perintah, input eksternal ke *controller*.

Jika posisi keluaran berbeda dari yang diperlukan, sinyal error yang dihasilkan yang kemudian menyebabkan motor berputar pada kedua arah, yang diperlukan untuk membawa poros output ke posisi yang sesuai. Sebagai pendekatan posisi, sinyal error tereduksi menjadi nol dan motor berhenti.

### 2.6.3. Cara Mengendalikan Motor Servo

Untuk menjalankan atau mengendalikan motor servo berbeda dengan motor DC. Karena untuk mengendalikan motor servo perlu diberikan sumber tegangan dan sinyal kontrol. Besarnya sumber tegangan tergantung dari spesifikasi motor servo yang digunakan.

Sedangkan untuk mengendalikan putaran motor servo dilakukan dengan mengirimkan pulsa kontrol dengan frekuensi 50 Hz dengan periode 20ms dan duty cycle yang berbeda. Dimana untuk menggerakkan motor servo sebesar  $90^{\circ}$  diperlukan pulsa dengan ton *duty cycle* pulsa positif 1,5ms dan unjuk bergerak sebesar  $180^{\circ}$  diperlukan lebar pulsa 2ms. Berikut bentuk pulsa kontrol motor servo dimaksud.



Gambar 2.10. Cara kerja motor servo (Raisal Fauzi, 2014)

Demikian informasi singkat tentang Servo dan Inverter, semoga informasi ini dapat menambah pengetahuan dan juga wawasan bagi Anda yang sedang membutuhkan informasi seputar dunia elektronika dan kelistrikan.

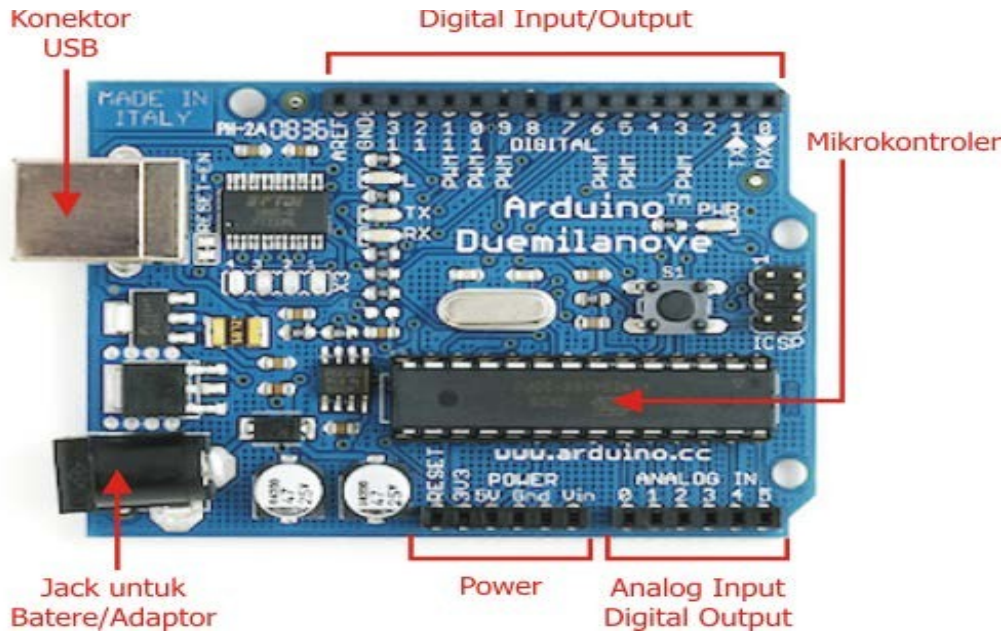
Jika Anda ingin membeli Servo maupun Inverter dengan kualitas dan harga jual terbaik. Anda dapat menghubungi kontak perusahaan kami. Selain itu kami juga bisa melayani *repair* dan *service* semua jenis produk Servo dan Inverter. Baik seri terbaru maupun seri lama untuk kebutuhan mesin produksi. Dengan



team teknisi yang handal, sistem management yang dikelola secara professional, simulasi produk, serta penggunaan sparepart yang berkualitas, kami mampu memberikan jasa *service* yang berkualitas serta harga yang kompetitif.

## 2.7 Arduino Uno

Arduino uno memiliki bagian sebagai berikut:



Gambar 2.11. Bagian dari Arduino Uno (J.Georgeo, 2005)

Adapun spesifikasi Arduino Uno yang digunakan.

<i>Microcontroller</i>	<i>ATmega328</i>
<i>Operating Voltage</i>	<i>5V</i>
<i>Input Voltage (recommended)</i>	<i>7-12V</i>
<i>Input Voltage (limits)</i>	<i>6-20V</i>
<i>Digital I/O Pins</i>	<i>14 (of which 6 provide PWM output)</i>
<i>Analog Input Pins</i>	<i>6</i>
<i>DC Current per I/O Pin</i>	<i>40 mA</i>
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	<i>50 mA</i>
<i>Flash Memory</i>	<i>32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader</i>
<i>SRAM</i>	<i>2 KB (ATmega328)</i>
<i>EEPROM</i>	<i>1 KB (ATmega328)</i>
<i>Clock Speed</i>	<i>16 MHz</i>

Arduino adalah sebuah board mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Arduino memiliki 14 pin *input/output* yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 6 analog *input*, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu *men-support* mikrokontroler; dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB.

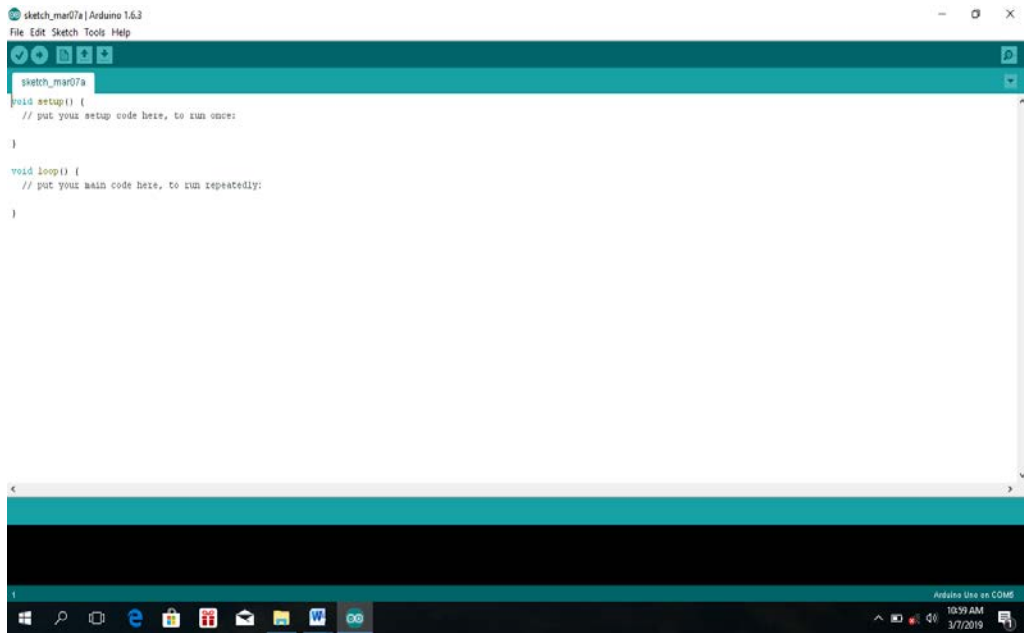
Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding board mikrokontroler yang lain selain bersifat *open source*, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam board arduino sendiri sudah terdapat loader yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika kita memprogram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan board mikrokontroler yang lain yang masih membutuhkan rangkaian *loader* terpisah untuk memasukkan program ketika kita memprogram mikrokontroler. Port USB tersebut selain untuk *loader* ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai port komunikasi serial.

Sifat *open source* arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri untuk kita dalam menggunakan board ini, karena dengan sifat open source komponen yang kita pakai tidak hanya tergantung pada satu merek, namun memungkinkan kita bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran. Bahasa pemrograman arduino merupakan bahasa C++ yang sudah disederhanakan syntax bahasa pemrogramannya sehingga mempermudah kita dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler.

## 2.8 *Software* sistem control

*Software* pada sistem kontrol merupakan perangkat lunak (program komputer) yang digunakan untuk mengontrol pergerakan panel surya secara otomatis. *Software* tersebut selanjutnya akan di install pada perangkat computer dan bertindak sebagai *interface*.

*Interface* merupakan perangkat lunak yang berfungsi mengkomunikasikan semua perintah yang mampu dibaca dengan baik oleh semua *hardware*. Dengan adanya *interface* atau program tanam pada Arduino maka panel surya akan bergerak sesuai dengan program yang telah didesain sebelumnya pada penelitian ini, yang digunakan sebagai *interface* adalah *Sketch\_Jun15I.Arduino 1.0.4*.

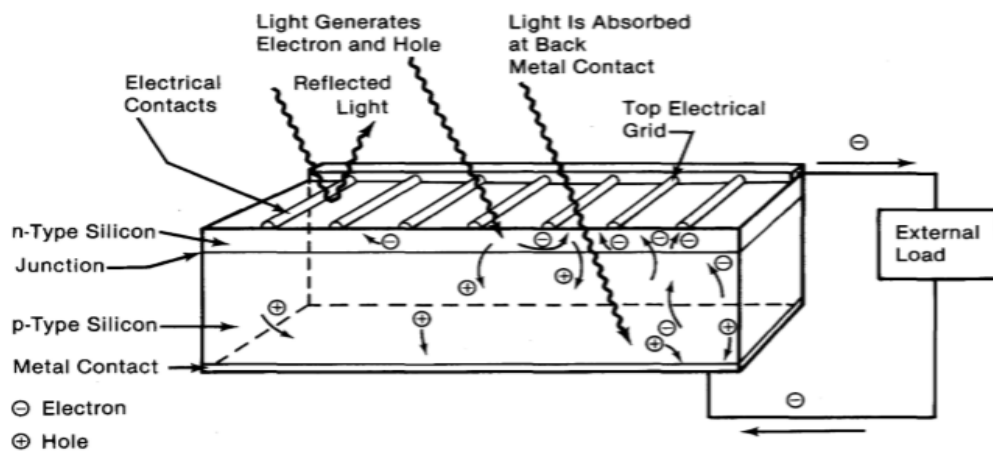


Gambar 2.12. Software arduino. (Fahkrul rozi, 2019)

Dalam hal ini sistem kontrol berada diArduino uno sebagai program tanam, untuk membuat sebuah program pergerakan panel surya diarduino menggunakan bahasa pemrograman yang merupakan set tulis dengan menggunakan bahasa C atau C++.

## 2.9 Panel Surya ( Solar cell )

Solar cell merupakan suatu perangkat semikonduktor yang dapat menghasilkan listrik jika diberikan sejumlah energi cahaya. Proses penghasilan energi listrik terjadi jika pemutusan ikatan elektron pada atom-atom yang tersusun dalam Kristal semikonduktor ketika diberikan sejumlah energi. Salah satu bahan semikonduktor yang biasa digunakan sebagai sel surya adalah Kristal silikon.



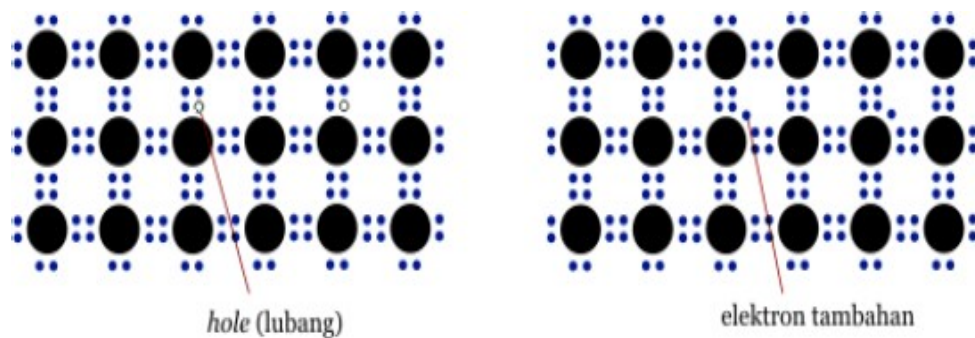
Gambar 2.13. Prinsip Kerja Panel Surya (Grove, 1967)

Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n disambungkan maka akan terjadi difusi *hole* dari tipe-p menuju tipe-n dan difusi elektron dari tipe-n menuju tipe-p. Difusi tersebut akan meninggalkan daerah yang lebih positif pada batas tipe-n dan daerah lebih negatif pada batas tipe-p. Adanya perbedaan muatan pada sambungan p-n disebut dengan daerah deplesi akan mengakibatkan munculnya medan listrik yang mampu menghentikan laju difusi selanjutnya. Medan listrik tersebut mengakibatkan munculnya arus *drift*. Arus *drift* yaitu arus yang dihasilkan karena kemunculan medan listrik. Namun arus ini terimbangi oleh arus difusi sehingga secara keseluruhan tidak ada arus listrik yang mengalir pada semikonduktor sambungan p-n tersebut.

Sebagaimana yang kita ketahui bersama, elektron adalah partikel bermuatan yang mampu dipengaruhi oleh medan listrik. Kehadiran medan listrik pada elektron dapat mengakibatkan elektron bergerak. Hal inilah yang dilakukan pada solar cell sambungan p-n, yaitu dengan menghasilkan medan listrik pada sambungan p-n agar electron dapat mengalir akibat kehadiran medan listrik tersebut.

Ketika *junction* disinari, *photon* yang mempunyai *electron* sama atau lebih besar dari lebar pita *electron-electron* tersebut akan menyebabkan eksitasi electron dari pita valensi ke pita konduksi dan akan meninggalkan *hole* pada pita valensi. Elektron dan *hole* ini dapat bergerak dalam material sehingga menghasilkan pasangan *electronhole*. Apabila ditempatkan hambatan pada terminal sel surya, maka *electron* dari area n akan kembali ke area-p sehingga menyebabkan perbedaan potensial dan arus akan mengalir.

### 2.9.1 Semikonduktor Tipe P dan Tipe N



Gambar 2.14. Semikonduktor Tipe P (kiri) dan Tipe N (kanan) (Ady Iswanto, 2008)

Ketika suatu Kristal silikon ditambahkan dengan unsur golongan kelima, misalnya arsen, maka atom-atom arsen itu akan menempati ruang diantara atom-atom silikon yang mengakibatkan munculnya elektron bebas pada material campuran tersebut. Elektron bebas tersebut berasal dari kelebihan elektron yang dimiliki oleh arsen terhadap lingkungan sekitarnya, dalam hal ini adalah silikon. Semikonduktor jenis ini kemudian diberi nama semikonduktor tipe-n. Hal yang sebaliknya terjadi jika Kristal silikon ditambahkan oleh unsur golongan ketiga, misalnya boron, maka kurangnya elektron valensi boron dibandingkan dengan silikon mengakibatkan munculnya *hole* yang bermuatan positif pada semikonduktor tersebut.

Semikonduktor ini dinamakan semikonduktor tipe-p. Adanya tambahan pembawa muatan tersebut mengakibatkan semikonduktor ini akan lebih banyak menghasilkan pembawa muatan ketika diberikan sejumlah energi tertentu, baik pada semikonduktor tipe-n maupun tipe-p.

Secara sederhana, proses pembentukan gaya gerak listrik pada sebuah sel surya adalah sebagai berikut:

- Foton dari cahaya matahari menumbuk panel surya kemudian diserap oleh material semikonduktor seperti silikon.
- Elektron (muatan negatif) terlempar keluar dari atomnya, sehingga mengalir melalui material semikonduktor untuk menghasilkan listrik. Muatan positif yang disebut *hole* (lubang) mengalir dengan arah yang berlawanan dengan elektron pada panel surya silikon.
- Gabungan/susunan beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik DC. yang nantinya akan disimpan dalam suatu wadah yang dinamakan baterai.

Daya listrik DC tidak dapat langsung digunakan pada rangkaian listrik rumah atau bangunan sehingga harus mengubah daya listriknya dengan daya listrik AC. Dengan menggunakan inverter inilah maka daya listrik DC dapat berubah menjadi daya listrik AC sehingga sekarang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik.

Berikut ini adalah persamaan rumus yang digunakan pada panel surya :

- Volts

Current x Resistance = Volts

$$I \times R = V \quad (2.1)$$

Atau

$$V \div R = I \quad (2.2)$$

- Current

Volts  $\div$  Current = Resistance

$$V \div I = R \quad (2.3)$$

- Power

Volts x Current = Power

$$V \times I = P \quad (2.4)$$

atau

Power  $\div$  Current = Volts

$$P \div I = V \quad (2.5)$$

Deklinasi adalah jarak antara sudut antara sebuah benda langit dengan khatulistiwa langit. sama halnya dengan di bumi, titik di utara ekuator mempunyai nilai lintang positif dan titik di selatan mempunyai nilai lintang negatif. Rumus menentukan deklinasi matahari ada berbagai macam, berikut ini adalah rumus-rumus yang ditemukan Cooper dan Fletcher, sebagai berikut:

$$\text{Cooper I} \quad \delta = 23.45^\circ \sin \left[ 360^\circ \times \frac{284+N}{365} \right] \quad (2.6)$$

$$\text{Cooper II} \quad \delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (N - 81) \right] \quad (2.7)$$

$$\text{Cooper II} \quad \delta = \sin^{-1} \left[ \sin(23.45^\circ) \sin \left( \frac{360}{365} (N - 81) \right) \right] \quad (2.8)$$

$$\text{Fletcher I} \quad \delta = -23.44^\circ \cos [360^\circ (N + 10) \div 365] \quad (2.9)$$

$$\text{Fletcher II} \quad \delta = 23.44^\circ \sin [360^\circ (N + 284) \div 365] \quad (2.10)$$

Dimana:

N = menyatakan nomor urut dari dalam satu tahun.

$\delta$  = Sudut deklinasi dinyatakan dalam satuan derajat ( $^\circ$ )

Efisiensi pada panel surya berbeda-beda untuk kita dapat mencari nilai efisiensi dari panel surya dapat menggunakan rumus berikut:

$$\eta_{max} = \frac{P_{max}}{E_{S,y}^{SW} \times A_c} \times 100\% \quad (2.11)$$

1. Dimana Pmax dapat cari sebagai berikut:

$$P_{max} = V_{mp} \times I_{mp} \quad (2.12)$$

2. Dan  $A_c$  dapat dicari dengan:

$$A_c = P \times L \quad (2.13)$$

Ket:

$\eta_{max}$  = efisiensi maksimal

$P_{max}$  = daya maksimal

$V_{mp}$  = tegangan operasi optimal

$I_{mp}$  = arus operasi optimal

$A_c$  = dimensi panel surya

$P$  = panjang panel surya

$L$  = lebar panel surya

$E_{S,\gamma}^{SW}$  = *incident radiation flux*

### 2.9.2 Jenis Panel Surya

Panel surya terdiri dari *photovoltaic* yang menghasilkan listrik dari intensitas cahaya, saat intensitas cahaya berkurang (berawan, mendung, hujan) arus listrik yang dihasilkan juga berkurang. Pada umumnya jenis-jenis panel surya yang di gunakan adalah sebagai berikut:

#### 2.9.2.1 Monokristal (*Mono-crystalline*)

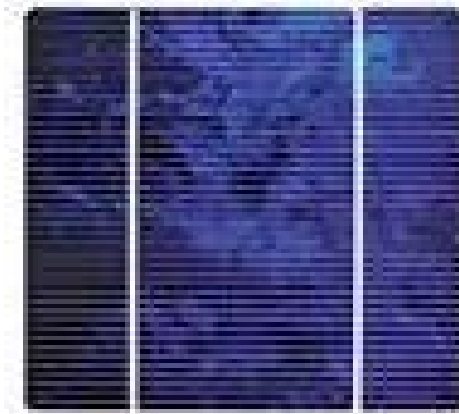
Panel ini adalah panel surya yang paling efisien, yaitu menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi di tempat yang cahaya mataharinya kurang (teduh), kestabilannya akan turun drastis dalam cuaca berawan. Jenis monokristalin ini yang terbaik dan yang terbanyak digunakan masyarakat saat ini.



Gambar 2.15. Panel Surya Monokristalin (Mintorogo Danny Santoso, 2000)

### 2.9.2.2 Polikristal (*Poly-crystalline*)

Jenis polikristalin atau multi kristalin, yang terbuat dari kristal silikon dengan tingkat efisiensi antara 10 sampai 12%. Tipe polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik dalam keadaan cuaca berawan.



Gambar 2.16. Panel Surya Polikristalin (Mintorogo Danny Santoso, 2000)

### 2.9.2.3 Gallium Arsenide (*GaAs*)

Panel surya yang terbuat dari GaAs (*Gallium Arsenide*) yang lebih efisien pada temperatur tinggi. Sel Surya III-V semikonduktor yang sangat efisien sekitar 25%.



Gambar 2.17. Panel Surya Gallium Arsenide (Mintorogo Danny Santoso, 2000)

### 2.9.2.4 Thin Film Photovoltaic

Merupakan Panel Surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokristal- silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada *monokristal & polykristal*.



## 2.10 *Charger Controller*

*Charge Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Pada dasarnya *charger* adalah suatu alat yang digunakan sebagai pengisi ulang baterai atau tempat penyimpanan energi lainnya dengan melawan arus listriknya.

Seiring dengan kemajuan teknologi maka ditambahkan pengatur/*controller* pada *charger* tersebut. Kegunaan dari *charger controller* adalah untuk mengatur energi yang masuk ke dalam baterai mencegah dari *overcharging* apabila baterai telah penuh, *overvoltage*, dan hal-hal lain yang dapat mengurangi umur baterai.

Charge controller menerapkan teknologi Pulse width modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt.

### Tipe *charger controller*

- Sederhana

*Charger* dengan tipe sederhana bergantung pada relay atau *switching transistor* untuk mengontrol tegangan yang masuk ke baterai. Ketika telah mencapai batas atas tegangan yang telah ditentukan maka tegangan diputuskan dari baterai dan apabila telah mencapai batas bawah tegangan yang telah ditentukan maka tegangan disambungkan ke baterai.



Gambar 2.18. Charger Controller (Andi Julisman, Ira Devi Sara, Ramdhan Halid Siregar, 2017)

- Pulsa

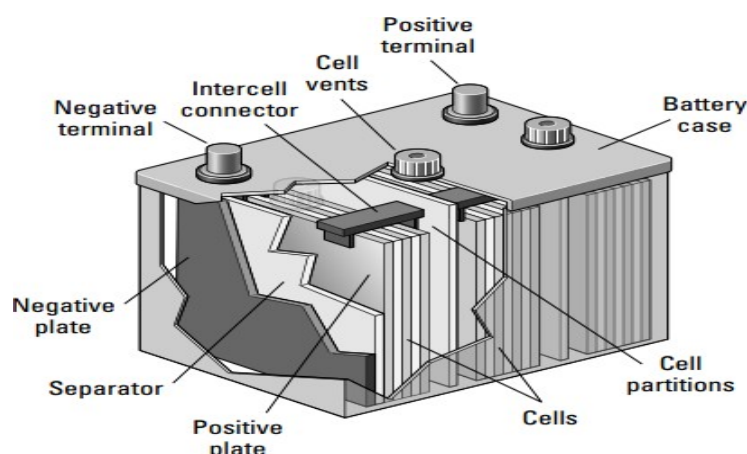
Tipe Pulsa adalah *charger* yang menggunakan teknologi *PWM (Pulse Width Modulation)* untuk mengisi kembali energi baterai. Cara kerjanya dengan mengirimkan pulsa- pulsa pengisian secara kontinyu ke baterai. Pulsa-pulsa yang dikirimkan cepat membentuk “*On-Off*” saklar. Secara konstan pengontrol secara konstan mengecek status baterai untuk mengetahui seberapa cepat mengirim pulsa dan seberapa lebar pulsa itu sendiri.

Pada saat kondisi baterai telah penuh dan tanpa beban, lebar pulsa yang dikirim pendek sekali dengan rentang waktu pengiriman agak lama. Pada saat kondisi baterai kosong, pulsa-pulsa yang dikirim sangat lebar dengan rentang waktu yang cepat. Pengontrol mengecek kondisi pengisian baterai, mengatur pengiriman lebar pulsa dan kecepatan waktu pengiriman seiring penuhnya energi pada baterai.

#### 2.11 Aki ( baterai )

Baterai merupakan alat menyimpan energi listrik melalui proses elektrokimia. Proses elektrokimia adalah di dalam baterai terjadi perubahan kimia menjadi listrik (proses pengosongan) dan listrik menjadi kimia dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda pada baterai yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan pada sel.

Dapat kita ketahui bahwa baterai memiliki komponen penyusun dapat kita lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.19. Bagian pada baterai jenis *lead acid* (Andi Julisman, Ira Devi Sara, Ramdhan Halid Siregar, 2017)

*Depth of discharge* adalah jumlah muatan/energi yang dikeluarkan atau dipakai dari baterai. DoD dinyatakan dengan persentase dari kapasitas nominal baterai. DoD 80% artinya bahwa baterai tersebut telah melepaskan muatannya 80% dari 100% ratingnya. Pada kondisi ini baterai tinggal memiliki muatan sekitar 20% yang disebut juga dengan SOC atau *stated of charge*. Semakin besar DoD suatu baterai semakin pendek umur baterai tersebut.

Dalam perhitungan, baterai dinyatakan dengan 2 (dua) angka DoD yaitu DoD maksimal dan DoD harian. DoD maksimal adalah DoD terbesar yang dapat dicapai baterai. Jika DoD maksimal dicapai, charge controller akan memutuskan hubungan baterai dengan beban (*cut-off*). Sedangkan DoD harian adalah batas DoD rata-rata yang akan dicapai dalam setiap siklus normalnya. Umumnya baterai sistem PLTS direncanakan untuk DOD 25% hingga 30% sehingga umur baterai sekitar 5 tahun. Ini berarti, kapasitas baterai harus beberapa kali jumlah energi yang akan dilepas dalam satu siklus. Umur baterai berpengaruh langsung dengan DoD dalam setiap siklusnya. Baterai dengan DoD 50% akan memiliki umur lebih panjang dua kali.

## 2.12 Inverter

Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan arus searah (*Direct Current*) menjadi tegangan bolak-balik (*Alternating Current*). Output suatu *inverter* dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (*sine wave*), gelombang kotak (*square wave*) dan sinus modifikasi (*sine wave modified*).

Sumber tegangan input *inverter* dapat menggunakan baterai, tenaga surya, atau sumber DC yang lain. Inverter banyak variasi ukuran kemampuannya serta prinsip kerja Inverter yang sederhana.

Jenis - jenis *inverter* dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan jumlah fasa dapat dibedakan dalam :
  - *Inverter* 1 fasa, yaitu *inverter* dengan output 1 fasa.
  - *Inverter* 3 fasa, yaitu *inverter* dengan output 3 fasa.
- b. Berdasarkan cara pengaturan tegangannya, yaitu :
  - *Voltage Fed Inverter* (VFI) yaitu *inverter* dengan tegangan input yang diatur konstan.

- *Current Fed Inverter* (CFI) yaitu *inverter* dengan arus input yang diatur konstan.
  - *Variable DC Linked Inverter* yaitu *inverter* dengan tegangan input yang dapat diatur.
- c. Berdasarkan bentuk gelombang outputnya, dapat dibedakan menjadi :
- *Sine Wave Inverter*, yaitu *inverter* yang memiliki tegangan output dengan bentuk gelombang sinus murni. *Inverter* jenis ini dapat memberikan suplai tegangan ke beban induktif dengan efisiensi daya yang baik.
  - *Sine Wave Modified Inverter*, yaitu *inverter* dengan tegangan output berbentuk gelombang kotak yang dimodifikasi sehingga menyerupai gelombang sinus. *Inverter* jenis ini memiliki efisiensi daya yang rendah apabila digunakan untuk mensuplai beban induktif.
  - *Square Wave Inverter*, yaitu *inverter* dengan output berbentuk gelombang kotak, *inverter* jenis ini tidak dapat digunakan untuk mensuplai tegangan ke beban induktif.

Road map penelitian panel surya Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Tabel 2.1. Road Map Penelitian

No	Judul	Nama Penulis	NPM
1	Percanaan dan pembuatan pembangkit tenaga surya di Gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Rizki Fadillah	1507230182
2	Variasi kemiringan sudut terhadap efektifitas kinerja panel surya	Yoga Pradona	1507230194
3	Penerapan system otomasi pada panel surya mengikuti arah gerak matahari untuk memaksimalkan kinerja panel surya	Fahkrul Rozi	1507230137
4	Analisis pemanfaatan panel surya dalam penghematan daya listrik di gedung d fakultas teknik universitas muhammadiyah sumatera utara	Bayu Anggara	1507230163

## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1 Tempat dan Waktu

#### 3.1.1 Tempat

Tempat dilaksanakannya kegiatan penelitian ini yaitu di halaman terbuka Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muktar Basri No.3 Medan, 20238.

#### 3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sahkannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di kerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Waktu (bulan)						
		Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu
1	Pengajuan Judul							
2	Studi Litelatur							
3	Desain Alat							
4	Perakitan Alat							
5	Pengujian Alat							
6	Pengolahan Data							
7	Penulisan Laporan							
8	Seminar dan Sidang							

### 3.2 Bahan dan Alat

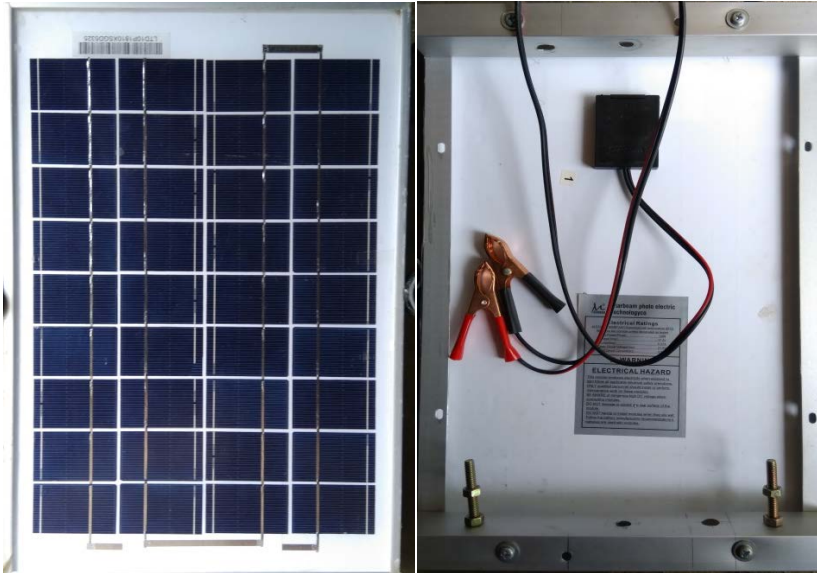
#### 3.2.1 Bahan

Adapun bahan yang di gunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut :

1. Panel Surya

Panel surya digunakan untuk mengubah cahaya menjadi listrik. Panel surya yang digunakan dalam penelitian ini adalah type *monocrystalline* 10 watt dengan spesifikasi keseluruhan dari panel surya sebagai berikut :

- Maks. Daya ( $P_{max}$ ) : 10 Watt
- Maks. Tegangan Listrik ( $V_{mp}$ ) : 17.4 Volt
- Tegangan Sirkuit Terbuka ( $V_{oc}$ ) : 21.6 Volt
- Maks. Arus Daya ( $I_{mp}$ ) : 0.57 Ampere



Gambar 3.1 Panel Surya

## 2. Charger Controller

Charger controller digunakan sebagai pengatur arus listrik (*current regulator*) baik terhadap arus yang masuk dari panel surya maupun arus beban keluar / digunakan. Charger controller yang digunakan pada penelitian type PWM (*pulse width modulation*) dengan nilai tegangan 12V/24V dan maksimal input arus surya 30A.



Gambar 3.2 Charger Controller

### 3. Baterai

Baterai digunakan sebagai penyimpan daya listrik yang dihasilkan dari panel surya setelah penyerap cahaya matahari menjadi listrik. Baterai yang digunakan pada penelitian ini menggunakan baterai mobil GS astra type gs hybrid 36B20L NS40ZL 12V 35Ah.



Gambar 3.3 Baterai

### 4. Inverter

Inverter digunakan untuk mengkonversikan daya listrik dari listrik arus searah DC (baterai) ke daya listrik arus bolak balik AC (*alternating current*). Inverter yang di gunakan pada penelitian ini inverter 500W 12V type (Suder SDA-500) mengubah daya listrik 12V menjadi daya listrik 220V, sehingga cocok untuk penggunaan berbagai alat electronic.



Gambar 3.4 Inverter

### 5. Lampu

Lampu digunakan untuk memanfaatkan hasil dari proses penyerapan energy yang dihasilkan panel surya



## 6. Kabel

Kabel digunakan untuk menghubungkan arus yang dihasilkan dari panel surya menuju charger controller lalu menuju ke baterai untuk di simpan arus tersebut. Kabel yang di gunakan pada penelitian jenis kabel nyhy (2x2,5mm).



Gambar 3.5 Kabel

## 7. Arduino UNO

Arduino UNO digunakan sebagai microcontroller untuk pemrograman sensor cahaya lalu dihubungkan motor servo untuk menggerakkan panel surya. Arduino yang digunakan ATmega 328, tegangan kerja 5V, tegangan *input* (yang di izinkan) 7-12V, dan batas tegangan *input* 6-20V.



Gambar 3.6 Arduino Uno

## 8. Motor Servo

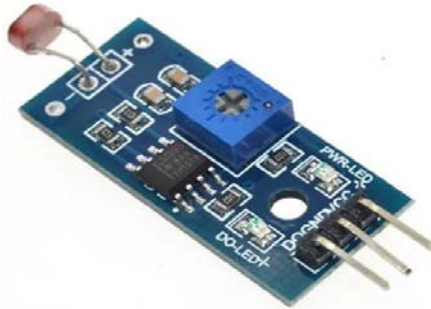
Motor servo digunakan untuk menggerakkan panel surya yang mengikuti cahaya matahari. Motor servo yang digunakan pada penelitian ini motor servo POWER HD 23 KG WP.



Gambar 3.7 Motor Servo

## 9. Sensor

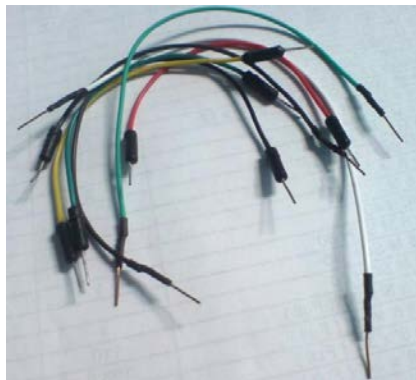
Sensor digunakan untuk mendeteksi datangnya sinar matahari dari timur maupun barat. Sensor yang digunakan yaitu sensor LDR (*Light Dependent Resistor*).



Gambar 3.8 Sensor LDR

## 10. Cable Jumper

Cable Jumper digunakan untuk menyambungkan arduino UNO dengan sensor LDR dan motor servo.



Gambar 3.9 Cable Jumper

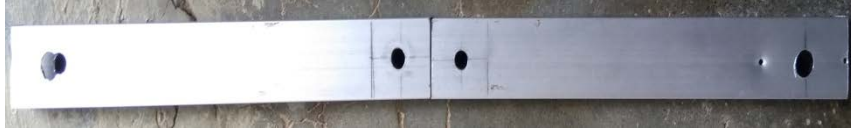
## 11. Besi

Besi digunakan untuk rangka panel surya dan komponen lainnya. Besi yang digunakan untuk rangka panel surya yaitu besi *hollow*.

Gambar 3.10 Besi

## 12. Batang Aluminium persegi

Aluminium persegi digunakan sebagai bingkai dan stik penggerak pada panel surya.



Gambar 3.11. Batang Aluminium persegi

## 13. Baut dan Mur

Baut dan mur digunakan untuk menyambungkan rangka dengan panel surya dan komponen-komponen lainnya.

Gambar 3.12. Baut dan Mur

### 3.2.2. Alat-alat

Adapun alat-alat yang digunakan pada saat pembuatan alat penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Laptop

Laptop digunakan sebagai media pembuatan program sistem otomatis. Dengan spesifikasi Intel Core i3-6100U, 2.3GHz, Memori 4GB, OS WIN10, dan HDD 1TB



Gambar 3.13. Laptop

## 2. Mesin las

Mesin las digunakan untuk menyambung besi menjadi satu rangkaian untuk rangka panel surya dan komponen lainnya. Mesin las yang di gunakan pada pembuatan alat adalah Mesin Trafo Las MMA tipe Falcon 120e.



Gambar 3.14. Mesin Las

## 3. Mesin Gerinda

Mesin gerinda digunakan untuk mengasah/memotong besi-besi untuk membuat rangka panel dan komponen lainnya. Mesin gerinda yang di gunakan pada penelitian ini mesin gerinda tangan tipe MT90.



Gambar 3.15. Mesin Gerinda

## 4. Mesin Bor

Mesin bor digunakan untuk melubangi besi rangka panel dan komponen lainnya. Mesin bor yang di gunakan pada pembuatan alat penelitian mesin bor Stanley type STEL 101.



Gambar 3.16. Mesin Bor

5. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur besi dalam pembuatan rangka rangka panel dan komponen lainnya.

Gambar 3.17. Meteran

6. Cat dan Kuas

Cat dan kuas digunakan untuk mengecat rangka panel agar besi tidak berkarat.



Gambar 3.18. Cat dan Kuas

7. Obeng

Obeng digunakan untuk memasang baut dan komponen lainnya pada saat perakitan alat.

Gambar 3.19. Obeng

8. Kunci Pas Ring

Kunci pas ring digunakan untuk memasang baut pada kerangka panel dan komponen lainnya.



Gambar 3.20. Kunci Pas Ring

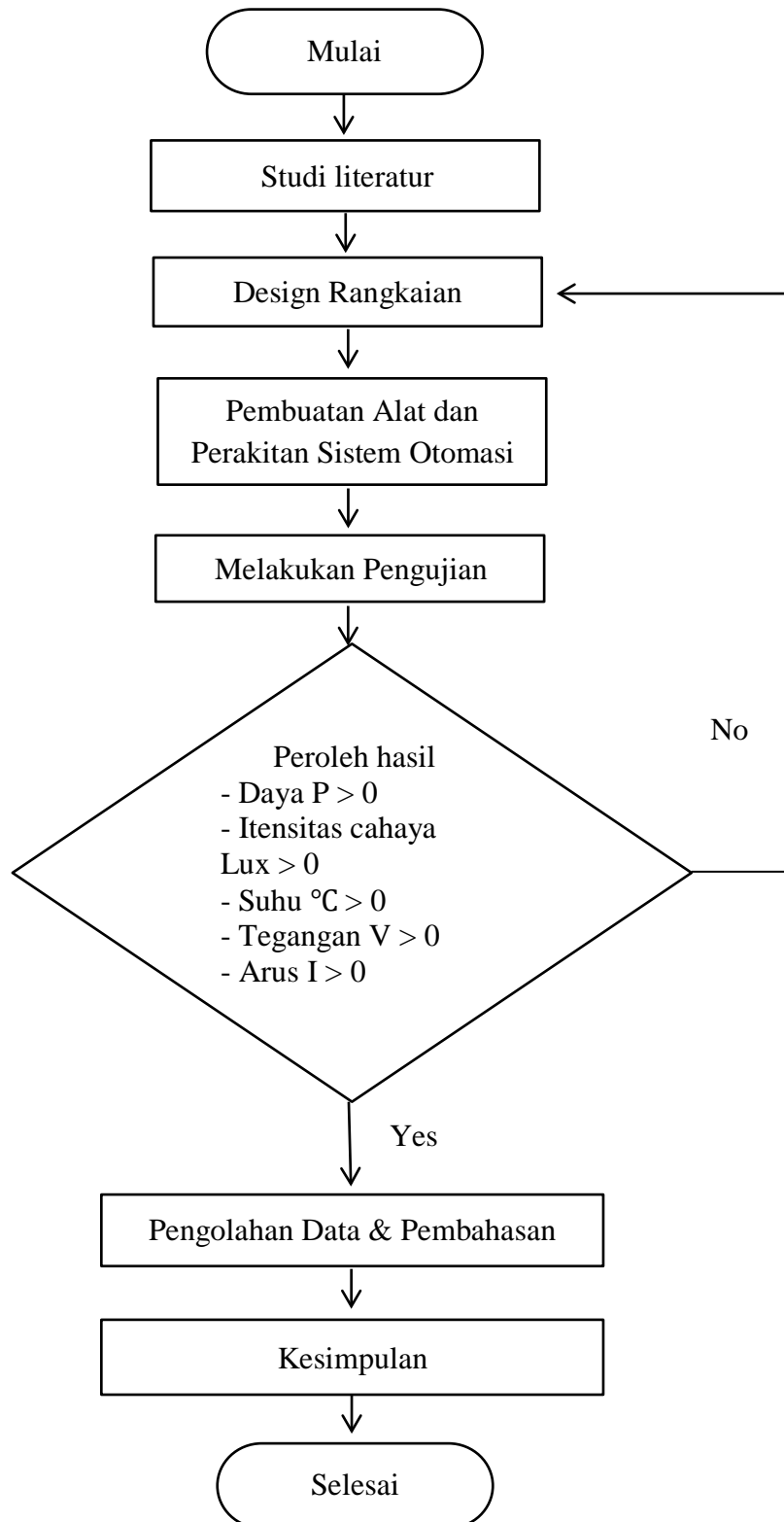
9. Multimeter

Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya pada saat pengujian.



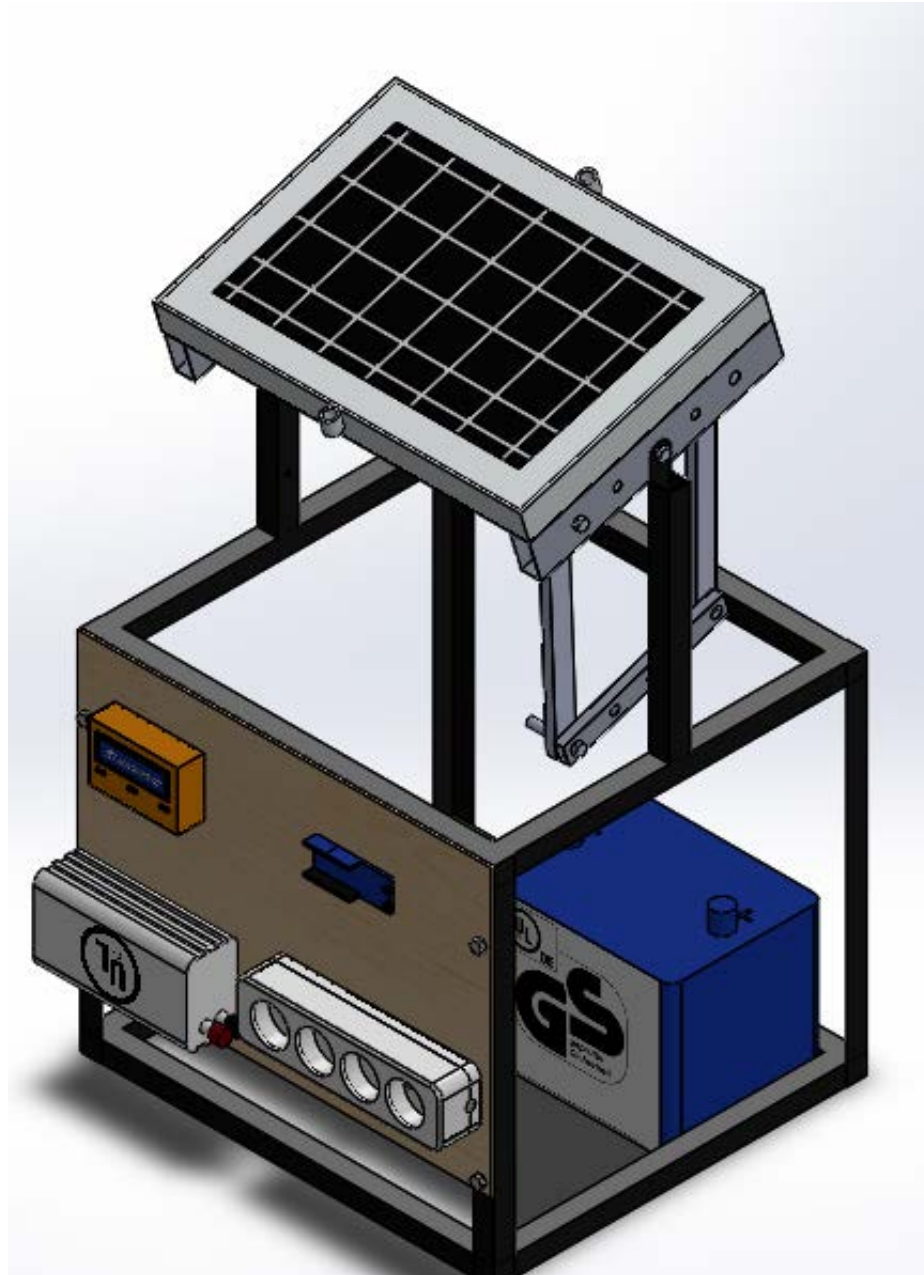
Gambar 3.21. Multimeter

### 3.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.22. Bagan Alir Penelitian

### 3.4. Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.23. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Keterangan :

1. Panel Surya
2. *Charger Controler*
3. Baterai
4. Inverter
5. Lampu
6. Arduino



### 3.5. Prosedur Penelitian.

#### 3.5.1. Langkah-langkah Pembuatan Rangka PLTS

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan rangka PLTS adalah sebagai berikut :

1. Proses Pengukuran besi dan alumunium menggunakan meteran dengan ukuran yang telah ditentukan seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 3.24. Proses pengukur

2. Setelah itu melakukan proses pemotongan besi dan alumunium menggunakan mesin gerinda seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 3.25. Proses pemotongan

3. Kemudian melakukan proses penyambungan besi dengan proses pengelasan hingga semua potongan besi tersambung sesuai dengan bentuk rangka seperti yang ditunjukkan pada gambar.

Gambar 3.26. Pengelasan

4. Setelah itu proses pembuatan lubang dibagian rangka panel untuk peletakan komponen - komponen PLTS, seperti yang ditunjukkan pada gambar.

Gambar 3.27. Proses pembuatan lubang

5. Proses pembersihan rangka menggunakan mesin gerinda, amplas dari sisa-sisa kotoran dari pengelasan dan pengeboran.
6. Proses pengecatan rangka menggunakan cat agar batang besi tidak berkarat seperti yang ditunjukkan pada gambar.

### 3.5.2. Langkah-langkah Perakitan Komponen-komponen PLTS

Adapun langkah-langkah perakitan komponen-komponen PLTS adalah sebagai berikut :

1. Memasang rumah sensor LDR di bagian tengah panel seperti gambar berikut.



Gambar 3.28. Pemasangan rumah sensor LDR

2. Memasang panel surya ke tiang penyangga yang sudah dibuat sebelumnya seperti di tunjukan pada gambar berikut.



Gambar 3.29. Pemasangan panel surya

3. Melakukan pemasangan motor servo dan tiang penggerak seperti gambar berikut.



Gambar 3.30. Pemasangan motor servo

4. Pemasangan sensor LDR dirumah sensor dengan lem dan berikan kabel jamper disensor tersebut.
5. Memasang triplek sebagai dinding dudukan komponen charger controller, inverter,dll.
6. Pemasangan terminal cok, charger controller, inverter, dan sistem otomasi.
7. Menghubungkan kabel sensor dan motor servo ke sistem otomasi, hubungkan kabel batrai ke charger controller, hubungkan kabel penel surya ke charger controller, dan hubungkan kabel dari bartai ke inverter.
8. Sambungkan arduino ke PC/LAPTOP untuk memberi program sistem otomasi.

### 3.5.3. Langkah - langkah Pengujian PLTS

Adapun langkah-langkah pada saat melakukan pengujian adalah sebagai berikut

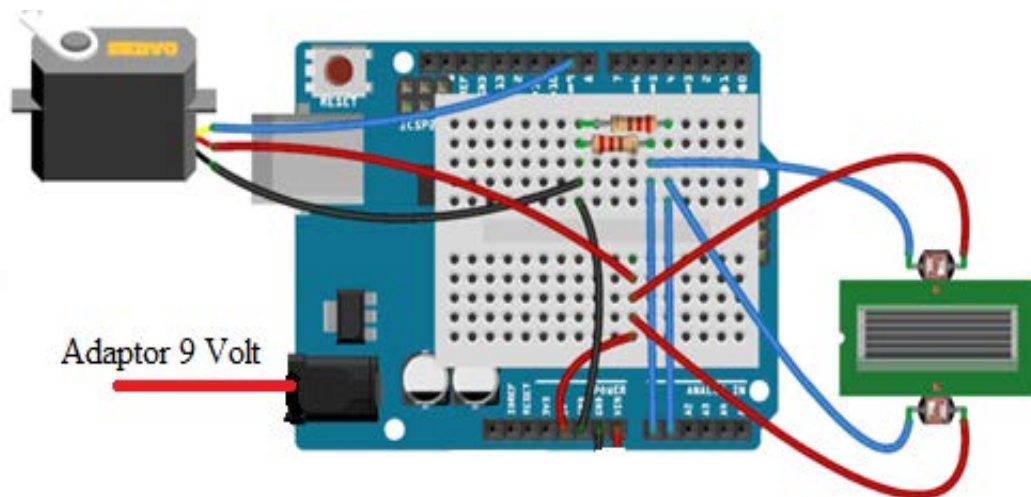
1. Mempersiapkan bahan – bahan, alat tulis dan alat-alat perlengkapan panel surya sebelum pengujian di lakukan.
2. Letakkan alat PLTS di tempat terbuka.
3. Tekan tombol on/off baterai ke charger controller.
4. Tekan tombol on/off panel surya ke charger controller.
5. Tekan tombol on/off baterai ke inverter.
6. Sambungkan terminal cok ke inverter.
7. Sambungkan adaptor arduino keterminal cok.
8. Setelah semua komponen terpasang kemudiam melakukan pengukuran arus batrai dengan multitester dan catak angka kedalam kolom catatan.

9. Ukur suhu awal pada panel surya dengan thermometer dan intensitas cahaya dengan digital lux meter catat angka kedalam masing – masing kolom.
10. Lakukan pengujian seterusnya sesuai dengan poin 8, dan 9. Sampai pukul 18:00 sore.
11. Kemudian tekan on/off kabel baterai, inverter, adaptor, charger controller, panel surya, dan adaptor sistem otomatisasi secara satu persatu.
12. Dan simpan semua peralatan dan komponen yang digunakan.
13. Lakukan kembali keesokan harinya sesuai dengan poin 1-13.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Aplikasi sistem panel surya

Panel surya yang digunakan menjadi beban dari motor servo dengan berat panel surya 1.2 kg. dimana motor servo yang digunakan memiliki torsi sampai 23 kgcm. Motor servo tidaklah memutar langsung panel surya melainkan dibantu dengan lengan sebagai pembantu gerakan mengikuti sinar matahari. Komponen penggunaan sistem otomasi dengan berbasis arduino uno ATmega 328 membutuhkan 1 arduino uno, 1 motor servo, kabel jumper, dan 2 sensor LDR. Berikut skematik rangkain sistem otomasi panel surya.



Gambar 4.1. Skematik rangkaian sistem otomasi panel surya.

Sistem otomasi ini membutuhkan bahasa pemrograman untuk menggerakkan panel surya yang mengikuti gerak matahari. Berikut penjelasan bahasa pemrograman.

Kode untuk sistem otomasi panel surya berbasis arduino dapat dijelaskan. Pertama, saya akan menyertakan perpustakaan untuk motor servo. Kemudian kita akan menginisialkan variable untuk posisi awal motor servo. Setelah itu, kita akan menginisialkan variable untuk dibaca dari sensor LDR dan Servo.

```
#include <Servo.h> //Termasuk perpustakaan motorservo
Servo HD; //Menginisialisasi variable untuk servo bernama HD
int initial_position = 30; //Menyatakan posisi awal di 30
int LDR1 = A0; //Pin di mana LDR terhubung
int LDR2 = A1; //Pin di mana LDR terhubung
```

```
int error=5; //Menginisialisasi variable untuk kesalahan
int servopin = 9;
```

Perintah HD.attach (servopin) akan membaca servo dari pin 9 arduino. Selanjutnya kita mengantur pin LDR sebagai pin input sehingga kita dapat membaca nilai dari sensor dan memindahkan panel surya sesuai dengan itu. Kemudian kita mengatur motor servo pada 30 derajat yang merupakan posisi awal untuk servo.

```
Pengatur batal()
{
  HD.attach(servopin); // Pasang servo pada pin 9
  pinMode(LDR1,INPUT); //Membuat pin LDR sebagai input
  pinMode(LDR2,INPUT);
  HD.write(initial_position); //Pindahkan servo pada 30 derajat
  delay(500); //
}
```

Kemudian kita akan membaca nilai dari LDR dan akan mnghemat R1 dan R2. Kemudian kita akan mengambil perbedaan di antara kedua LDR untuk memindahkan servo yang sesuai. Jika perbedaan diantara mereka akan menjadi nol berarti berjumlah cahaya yang sama jatuh di kedua LDR sehingga panel surya tidak akan bergerak. Kami telah menggunakan variable bernama kesalahan dan nilainya 5, penggunaan variable ini adalah bahwa jika perbedaan antara kedua LDR berapa dibawah 5 maka servo tidak akan bergerak. Jika tidak melakukan ini servo akan terus berputar. Dan jika perbedaan lebih besar dari nilai kesalahan (5) maka servo akan menggerakkan panel surya kea rah LDR, dimana cahaya jatuh.

void loop()

```
{
  int R1 = analogRead(LDR1); //Nilai bacaan dari LDR1
  int R2 = analogRead(LDR2); //Nilai bacaan dari LDR2
  int diff1=abs(R1-R2); // Menghitung perbedaan antara LDR
  int diff2=abs(R2-R1);
```

```

if((diff1<=error)||((diff2<=error)){
  //Jika perbedaannya ada di bawah kesalahanmaka jangan lakukan apa-apa
}else{
  if(R1>R2)
  {
    initial_position--initial_position; //Gerakan servo kea rah 0 derajat
  };
  if(R1<R2)
  {
    initial_position++initial_position; //Gerakan servo kearah 180 derajat
  }
}
HD.write(initial_position); // Membaca pindah servo
delay(70);
}

```

Berikut bahasa program sistem otomasi yang digunakan.

```

#include <Servo.h> //including the library of servo motor
Servo HD; //initializing a variable for sevo named HD
int initial_position = 30; //Declaring the initial position at 45
int LDR1 = A0; //Pin at which LDR is connected
int LDR2 = A1; //Pin at which LDR is connected
int error=5; //initializing variable for error
int servopin = 9;
void setup()
{
  HD.attach(servopin); // attaches the servo on pin 9
  pinMode(LDR1,INPUT); //Making the LDR pin as input

```



```

pinMode(LDR2,INPUT);

HD.write(initial_position); //Move servo at 45 degree

delay(500); //giving a delay of 2 seconds

}

void loop()

{

int R1 = analogRead(LDR1); //reading value from LDR1

int R2 = analogRead(LDR2); //reading value from LDR2

int diff1=abs(R1-R2); // Calculating the difference between the LDR's

int diff2=abs(R2-R1);

if((diff1<=error)||diff2<=error){

//if the difference is under the error then do nothing

}else{

if(R1>R2)

{

initial_position=-initial_position; //Move the servo towards 0 degree

};

if(R1<R2)

{

initial_position=++initial_position; //Move the servo towards 30 degree

}

}

HD.write(initial_position); // write the position to servo

delay(70);

}

```

#### 4.2. Hasil pengujian

Pengujian dilakukan selama enam hari dimana setiap harinya selalu berubah mulai dari kecerahan, suhu, dan penyerapannya. Pencatatan hasil pengujian dilakukan setiap 30 menit sekali dimana pengujian dimulai dari pukul 08:00 sampai 18:00 WIB.

Kali ini hanya mengambil 1 pengujian yang dilakukan penghitungan daya yang dihasilkan dari penyerapan panel surya dengan sistem otomatis. Data pengujian yang diambil pada hari Kamis, 08 Agustus 2019 dapat dilihat pada tabel 4.1. dibawah ini.

Dalam proses pengisian data pada masing-masing kolom dengan cara sebagai berikut. Terlebih dahulu kita mencatat hasil pengujian data intensitas cahaya dengan meletakkan alat lux meter di samping panel surya, kemudian tembakkan laser thermometer di atas panel surya lalu catat hasil pengukuran dikolom yang tersedia, kemudian lihat tegangan penyerapan panel surya pada charger controller lalu catat hasil tegangan dikolom yang tersedia, kemudian catat arus panel surya yang kita lihat di charger controller kedalam kolom arus, kemudian ukur tegangan baterai dengan multimeter dan catat kembali di kolom tegangan baterai, maka untuk mendapatkan nilai daya pada panel surya dapat dilakukan dengan melakukan perkalian tegangan dengan arus kemudian catat hasil perkalian di kolom daya. Langkah berikut dilakukan kembali setiap 30 menit sekali hingga pukul 18:00 WIB.

Tabel 4.1. Hasil pengujian pada hari Kamis, 08 Agustus 2019.

No.	Jam	Intensitas Cahaya (Lux)	Suhu (°C)	Panel surya			Tegangan baterai (Volt)
				Tegangan V (Volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (Watt)	
1	7:30	-	-	-	-	-	-
2	8:00	995	36.8	13.61	0.13	1.7693	12.71
3	8:30	986	37.3	12.41	0.14	1.7374	13.05
4	9:00	778	39.6	16.43	0.18	2.9574	13.32
5	9:30	685	41.2	14.72	0.26	3.8272	13.82
6	10:00	1013	39.2	13.2	0.1	1.32	13.68
7	10:30	649	40.5	16.97	0.34	5.7698	14.74
8	11:00	563	45.6	15.75	0.37	5.8275	13.49
9	11:30	559	46.1	14.73	0.43	6.3339	13.52
10	12:00	398	51.2	17.27	0.56	9.6712	13.67
11	12:30	496	52.5	17.03	0.52	8.8556	12.62

12	13:00	668	50.8	14.72	0.44	6.4768	12.6
13	13:30	502	51.9	16.9	0.42	7.098	12.75
14	14:00	518	51	15.85	0.32	5.072	12.82
15	14:30	495	50.2	15.95	0.51	8.1345	13.15
16	15:00	584	48.7	15.95	0.47	7.4965	13.02
17	15:30	623	46.5	16.99	0.38	6.4562	12.95
18	16:00	782	43.2	16.74	0.36	6.0264	12.87
19	16:30	513	39.3	16.94	0.41	6.9454	12.72
20	17:00	543	39.1	18.14	0.47	8.5258	12.61
21	17:30	736	37	14.82	0.32	4.7424	12.54
22	18:00	662	36.4	13.17	0.35	4.6095	12.44
Rata - rata				15.633	0.356	5.697	13.099

Dari data hasil pengujian diatas maka dapat dihitung daya masing-masing persetengah jam sekali menggunakan rumus persamaan (2.4) sebagai berikut.

Power (daya) P

Volts x Current = Power

$V \times I = P$

Atau

$P = V \times I$

Dimana:

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Amprere)

4.2.1. Daya masing-masing persetengah jam.

1. Pukul 8:00

Dik.

V = 13.61 Volt

I = 0.13 Ampere

Dit. P = . . ?

$P = V \times I$

$P = 13.61 \times 0.13$

$P = 1.763 \text{ Watt}$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 1.763 \text{ Watt}$

2. Pukul 8:30

Dik.

$$V = 12.41 \text{ Volt}$$

$$I = 0.14 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 12.41 \times 0.14$$

$$P = 1.7374 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 1.7374 \text{ Watt}$

3. Pukul 9:00

Dik.

$$V = 16.43 \text{ Volt}$$

$$I = 0.18 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 16.43 \times 0.18$$

$$P = 2.9574 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 2.9574 \text{ Watt}$

4. Pukul 9:30

Dik.

$$V = 14.72 \text{ Volt}$$

$$I = 0.26 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 14.72 \times 0.26$$

$$P = 3.8272 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 3.8272 \text{ Watt}$

5. Pukul 10:00

Dik.

$$V = 13.2 \text{ Volt}$$

$$I = 0.1 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 13.2 \times 0.1$$

$$P = 1.32 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 1.32 \text{ Watt}$

6. Pukul 10:30

Dik.

$$V = 16.97 \text{ Volt}$$

$$I = 0.34 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 16.97 \times 0.34$$

$$P = 5.7698 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 5.7698 \text{ Watt}$

7. Pukul 11:00

Dik.

$$V = 15.75 \text{ Volt}$$

$$I = 0.37 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 15.75 \times 0.37$$

$$P = 5.8274 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 5.8275 \text{ Watt}$

8. Pukul 11:30

Dik.

$$V = 14.73 \text{ Volt}$$

$$I = 0.43 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 1473 \times 0.43$$

$$P = 6.3339 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 6.3339 \text{ Watt}$

9. Pukul 12:00

Dik.

$$V = 17.27 \text{ Volt}$$

$$I = 0.56 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 17.27 \times 0.56$$

$$P = 9.6712 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 9.6712 \text{ Watt}$

10. Pukul 12:30

Dik.

$$V = 17.03 \text{ Volt}$$

$$I = 0.52 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 17.03 \times 0.52$$

$$P = 8.8556 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 8.8556 \text{ Watt}$

11. Pukul 13:00

Dik.

$$V = 14.72 \text{ Volt}$$

$$I = 0.44 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 14.72 \times 0.44$$

$$P = 6.4768 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 6.4768 \text{ Watt}$

12. Pukul 13:30

Dik.

$$V = 16.9 \text{ Volt}$$

$$I = 0.42 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 16.9 \times 0.42$$

$$P = 7.098 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 7.098 \text{ Watt}$

13. Pukul 14:00

Dik.

$$V = 15.85 \text{ Volt}$$

$$I = 0.32 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 15.85 \times 0.32$$

$$P = 5.072 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 5.072 \text{ Watt}$

14. Pukul 14:30

Dik.

$$V = 15.95 \text{ Volt}$$

$$I = 0.51 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 15.95 \times 0.51$$

$$P = 8.1345 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 8.1345 \text{ Watt}$

15. Pukul 15:00

Dik.

$$V = 15.95 \text{ Volt}$$

$$I = 0.47 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 15.95 \times 0.47$$

$$P = 7.4965 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 7.4965 \text{ Watt}$

16. Pukul 15:30

Dik.

$$V = 16.99 \text{ Volt}$$

$$I = 0.38 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 16.99 \times 0.38$$

$$P = 6.4562 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 6.4562 \text{ Watt}$



17. Pukul 16:00

Dik.

$$V = 16.74 \text{ Volt}$$

$$I = 0.36 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 16.74 \times 0.36$$

$$P = 6.0264 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 6.0264 \text{ Watt}$

18. Pukul 16:30

Dik.

$$V = 16.94 \text{ Volt}$$

$$I = 0.41 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 16.94 \times 0.41$$

$$P = 6.9454 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 6.9454 \text{ Watt}$

19. Pukul 17:00

Dik.

$$V = 18.14 \text{ Volt}$$

$$I = 0.47 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 18.14 \times 0.47$$

$$P = 8.5258 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 8.5258 \text{ Watt}$

20. Pukul 17:30

Dik.

$$V = 14.82 \text{ Volt}$$

$$I = 0.32 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 14.82 \times 0.32$$

$$P = 4.7424 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 4.7424 \text{ Watt}$

21. Pukul 18:00

Dik.

$$V = 13.17 \text{ Volt}$$

$$I = 0.35 \text{ Ampere}$$

Dit.  $P = \dots ?$

$$P = V \times I$$

$$P = 13.17 \times 0.35$$

$$P = 4.6095 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan  $P = 4.6095 \text{ Watt}$

4.2.1. Perbandingan waktu dengan tegangan, arus, dan daya.

Berikut ini grafik perbandingan dari pengujian kamis, 08 agustus 2019.

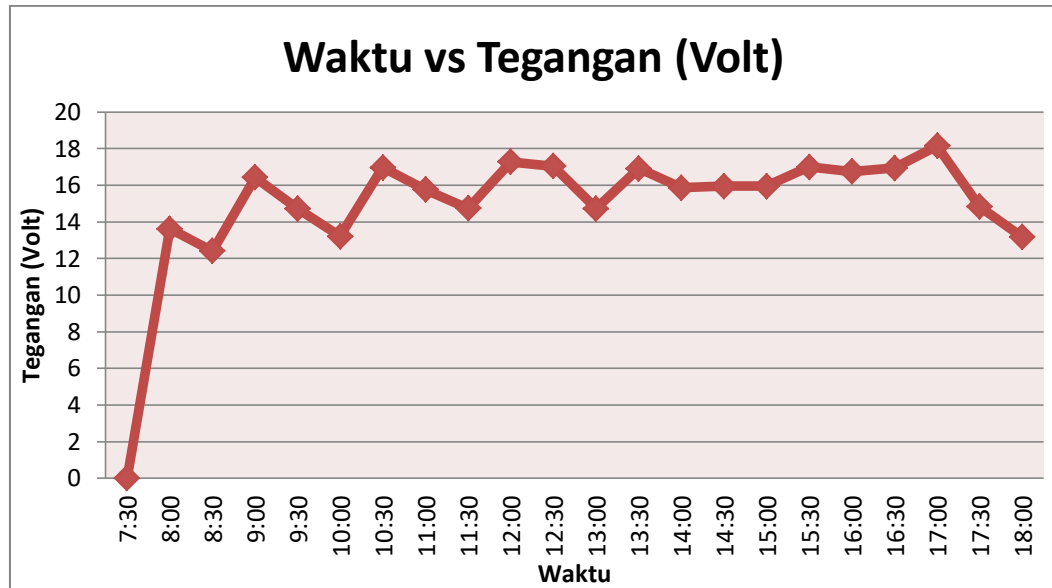
#### 1. Perbandingan Waktu dengan Tegangan

Perbandingan berikut ini didapat merupakan dari pengujian yang dilakukan kurun waktu yang sangat lama dimana pengujian dimulai dari pukul 7:30, mengapa tegangan di waktu pukul 7:30 sama dengan nol.? Karena 7:30 sebagai persiapan alat dan menyiapkan semua perlengkapan yang digunakan. Data tabel waktu dan tegangan ini diperoleh dari tabel 4.1. dimana tabel ini untuk menentukan perbandingan waktu dengan tegangan selama pengujian yang dilakukan pada tanggal 08 agustus 2019. Perbandingan ini hanya membandingkan satu hari pengujian saja. Untuk perbandingan pengujian dihari lainnya sama

seperti perbandingan ini. Hanya saja yang membedakan nilai tegangan, dan grafik masing-masing waktu pengujian. Maka dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.2. Waktu dengan Tegangan

Waktu	Tegangan (Volt)
7:30	0
8:00	13.61
8:30	12.41
9:00	16.43
9:30	14.72
10:00	13.2
10:30	16.97
11:00	15.75
11:30	14.73
12:00	17.27
12:30	17.03
13:00	14.72
13:30	16.9
14:00	15.85
14:30	15.95
15:00	15.95
15:30	16.99
16:00	16.74
16:30	16.94
17:00	18.14
17:30	14.82
18:00	13.17



Gambar 4.2. Grafik perbandingan Waktu dengan Tegangan

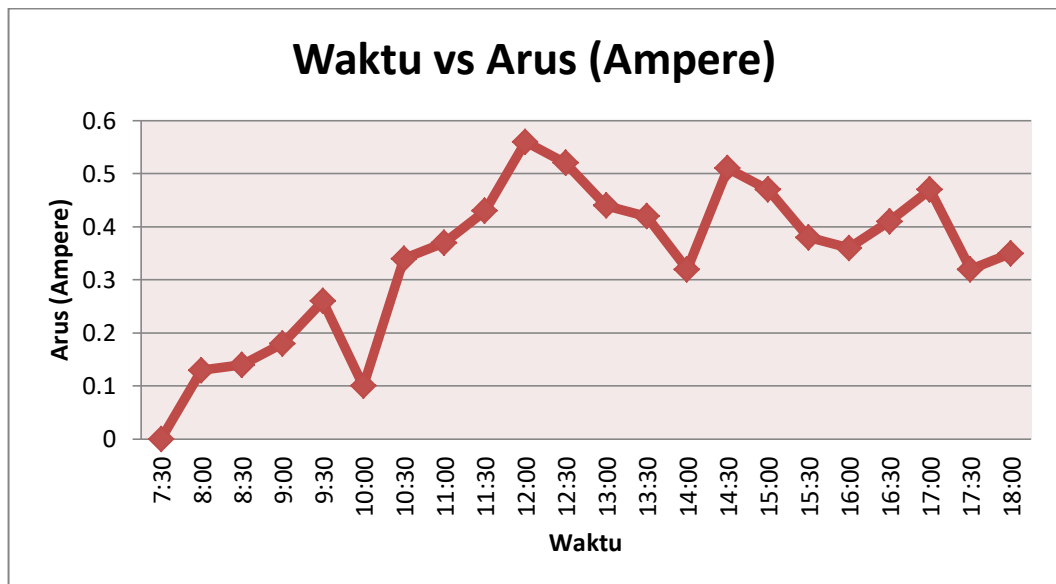
Grafik diatas dapat diketahui bahwa pada pukul 7:30 sebagai awal persiapan alat dan perlengkapan maka bernilai nol. Pada pukul 8:00 mengapa terjadi kenaikan yang tinggi, karena sudah dilakukan pengukuran yang awalnya pukul 7:30 belum ada pengukuran oleh karena itu terjadilah kenaikan yang tinggi dari nilai 0 – 13.61. Terjadi penurunan dipukul 8:30 yang disebabkan kecerah menurun dan kemudian naik lagi dipukul 9:00 dengan kembali cerah. Mengapa bentuk dari grafik diatas naik turun, karena disebabkan cahaya sinar matahari yang diserap panel tidaklah terus menerus sama maka adanya terjadi selesih tegangan terbesar terjadi pada pukul 9:00 sampai pukul 10:00 dengan berkisar 3.23. dan terjadi cahaya yang konstan pada pukul 14:00 sampai 15:00 dan naik sedikit dipukul 15:30 kamudian kembali konstan sampai pukul 16:00. Kamudian mengalami penurunan dari pukul 17:00 ke pukul 18:00.

## 2. Perbandingan Waktu dengan Arus

Pada tabel ini diketahui arus yang diperoleh yang masih dari pengujian tanggal 8 agustus 2019. Masih sama yang terjadi pada pukul 7:30 dilakukan persiapan alat pengujian maka arus belum diketahui atau sama dengan nol. Waktu dan nilai arus ini diperoleh dari tabel 4.1. dimana tabel berikut ini digunakan untuk melakukan perbandingan waktu dan arus yang akan dibentuk dalam grafik. Tabel berikut ini sama saja dengan pengujian yang lainnya hanya saja nilai arusnya yang berbeda. Maka berikut tabel waktu dan arus dibawah ini.

Tabel 4.3. Waktu dengan Arus

Waktu	Arus (Ampere)
7:30	0
8:00	0.13
8:30	0.14
9:00	0.18
9:30	0.26
10:00	0.1
10:30	0.34
11:00	0.37
11:30	0.43
12:00	0.56
12:30	0.52
13:00	0.44
13:30	0.42
14:00	0.32
14:30	0.51
15:00	0.47
15:30	0.38
16:00	0.36
16:30	0.41
17:00	0.47
17:30	0.32
18:00	0.35



Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Waktu dengan Arus

Pada grafik diatas pukul 7:30 sebagai awal dengan nilai nol, kemudian naik dipukul 8:00 sampai 9:30, pada pukul 10:00 mengalami penurunan hingga nilai daya sebesar 0.1 penurunan ini terjadi dikarenakan panel surya tertutup awan.

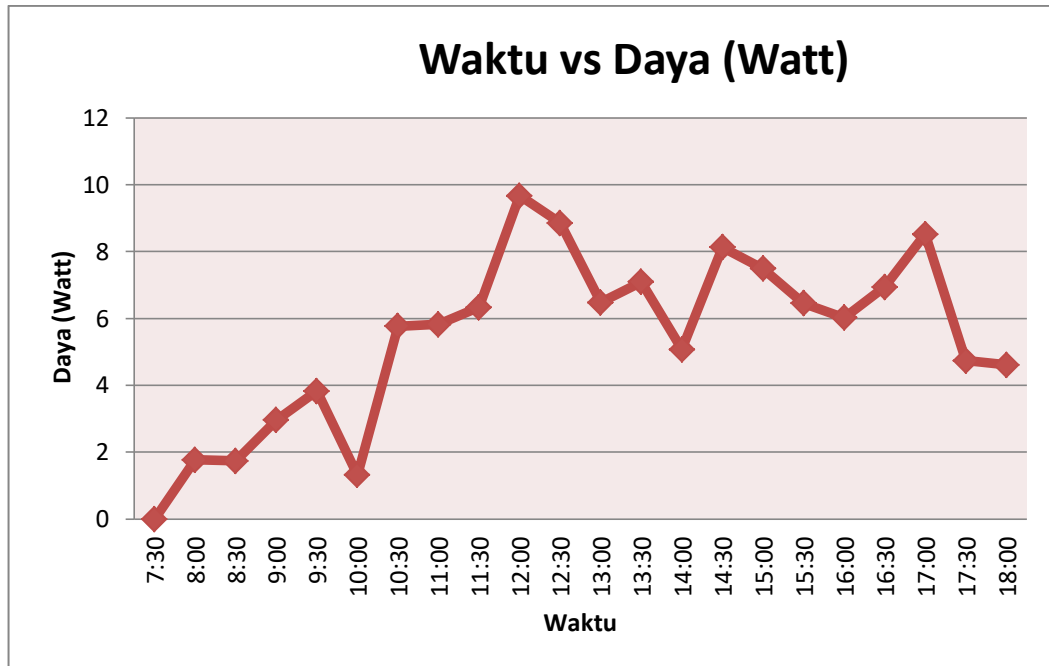
Kemudian naik kembali mulai pukul 10:30 sampai 12:00 dimana puncak nilai tertinggi terjadi ditengah hari pukul 12:00. Peristiwa naik dan turun ini di sebabkan karena awan yang menutupi panel surya yang menyebabkan peristiwa ini. Nilai arus terbesar yang terjadi pada pengujian kali ini pada pukul 12:00 dengan nilai arus yang didapat 0.56 ampere.

### 3. Perbandingan Waktu dengan Daya

Kemudian dilakukan pengumpulan data untuk membandingkan waktu dengan daya yang diperoleh dari penyerapan panel surya. Nilai tabel dibawah ini didapat dari tabel 4.1. hanya saja mengambil nilai waktu dengan daya. Tabel pengujian berikut ini sama dengan tabel pengujian di hari yang lain. Kali mengambil data pengujian ditanggal 8 agustus 2019. Juga sama pada pukul 7:30 sebagai persiapan alat pengujian.

Tabel 4.4. Waktu dengan Daya

Waktu	Daya (Watt)
7:30	0
8:00	1.7693
8:30	1.7374
9:00	2.9574
9:30	3.8272
10:00	1.32
10:30	5.7698
11:00	5.8275
11:30	6.3339
12:00	9.6712
12:30	8.8556
13:00	6.4768
13:30	7.098
14:00	5.072
14:30	8.1345
15:00	7.4965
15:30	6.4562
16:00	6.0264
16:30	6.9454
17:00	8.5258
17:30	4.7424
18:00	4.6095



Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Waktu dengan Daya

Grafik diatas hampir sama bentuknya dengan perbandingan waktu dengan arus maka dapat diketahui bahwa pada pengujian ditanggal 8 agustus 2019 arus dengan daya berbanding lurus. Kita dapat mengetahui daya terbesar yang dihasilkan juga sama di pukul 12:00 dengan nilai yang di peroleh 9.6712.

#### 4.2.2. Perhitungan daya rata-rata

Daya rata-rata pada pengujian pada kamis, 08 agustus 2019. Dapat di hitung dengan menggunakan rumus yang sama mencari daya sebagai berikut.

Dik.

$$V \text{ rata-rata} = 15.633 \text{ Volt}$$

$$I \text{ rata-rata} = 0.356 \text{ Ampere}$$

Dit. P rata-rata = . . ?

$$P = V \times I$$

$$P = 15.633 \times 0.356$$

$$P = 5.697 \text{ Watt}$$

Maka Daya yang di hasilkan P rata-rata = 5.697 Watt

### 4.3. Perbandingan pengujian

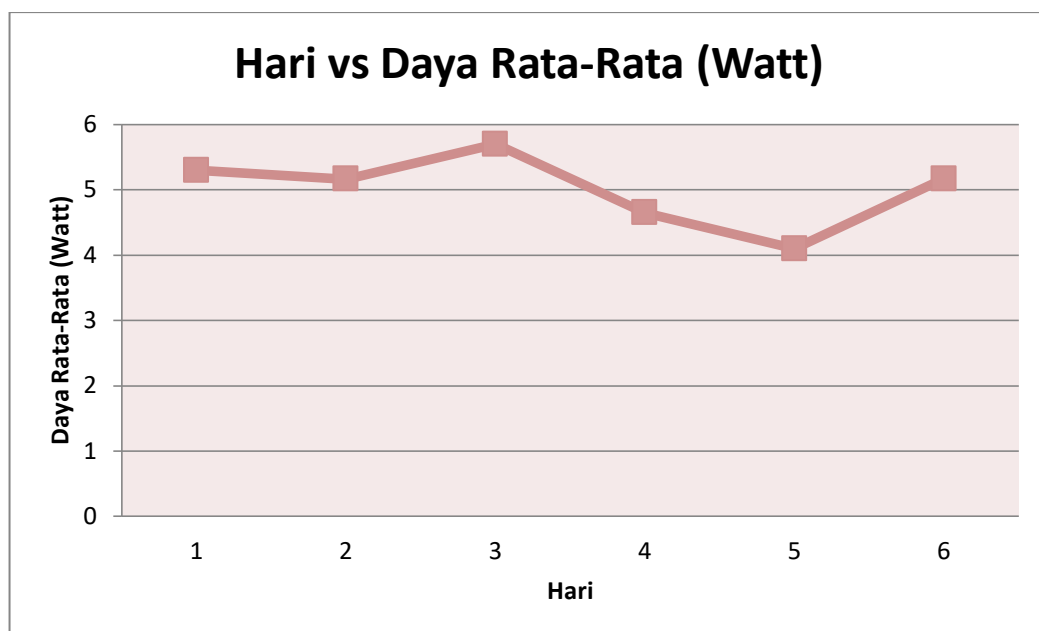
Adanya melakukan perbandingan untuk mengetahui hasil rata-rata dari setiap hari percobaan untuk menentukan dihari yang seperti apakah tingkat kecerahan dan waktu yang baik dalam proses penyerapan panel surya.

#### 4.3.1. Perbandingan hari dengan tegangan rata-rata selama 6 hari pengujian.

Pada tabel ini memberitahukan daya rata-rata dari pengujian yang dilakukan dari tanggal 6 sampai 11 agustus 2019. Kali ini daya yang telah dikumpulkan dari 6 hari pangujian dihari 1 sampai 3 memperoleh nilai daya rata-rata hingga 5 koma ampere. Dan pada tanggal pengujian 4 dan 5 mengalami turun dengan peroleh nilai 4 koma. Kemudian kembali ke posisi nilai 5 koma di hari ke 6. Dapat kita lihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5. Hari dengan Daya Rata-rata

Hari	Daya Rata-rata (Watt)
1	5.3003
2	5.16443
3	5.697752
4	4.65113
5	4.096795238
6	5.166509524



Gambar 4.5. Grafik perbandingan Hari dengan Daya Rata-rata



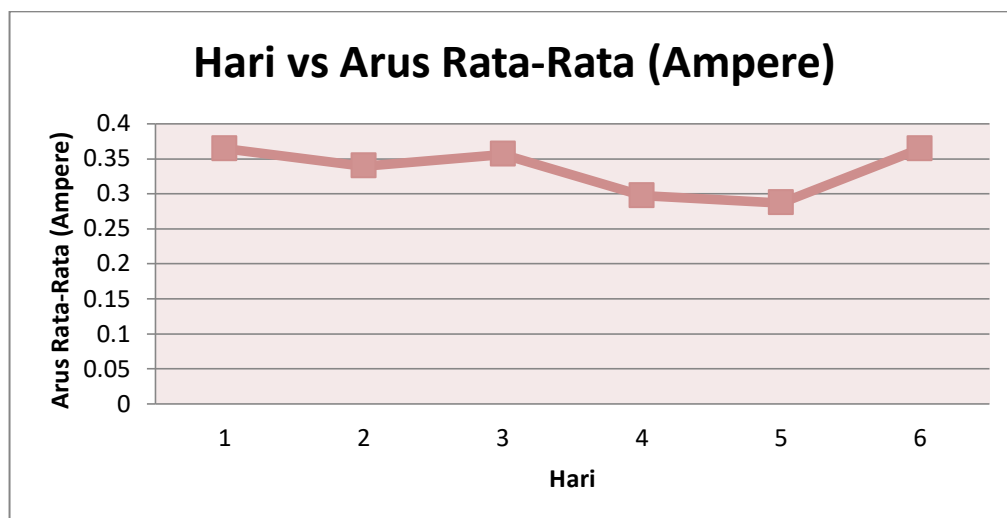
Grafik diatas dapat kita ketahui bahwa daya rata-rata mulai dari pengujian 1 sampai 3 tidak terjadi peningkatan yang begitu tinggi. Dan terjadi penurunan di hari ke 4 dan 5 yang dikarenakan kurangnya kecerahan sinar matahari. Dapat dilihat nilai tertinggi terjadi pada pengujian dihari ke tiga dengan hasil daya rata-rata 5.697752. dan juga terjadi daya rata-rata terendah dihari ke 5 dengan nilai 4.096795238.

#### 4.3.2. Perbandingan hari dengan arus rata-rata selama 6 hari pengujian

Kali ini menjelaskan arus rata-rata tabel pengujian yang dilakukan selama 6 hari. Dimana nilai arus pada pengujian 1 sampai 3 tidak mengalami perubahan yang begitu besar. Terjadi penurunan pada pengujian ke 4 dan 5 kemudian naik kembali di pengujian ke 6. Nilai pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.6. Hari dengan Arus Rata-rata

Hari	Arus Rata – rata (Ampere)
1	0.364285714
2	0.33952381
3	0.356190476
4	0.297142857
5	0.287142857
6	0.364285714



Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Hari dengan Arus Rata-rata

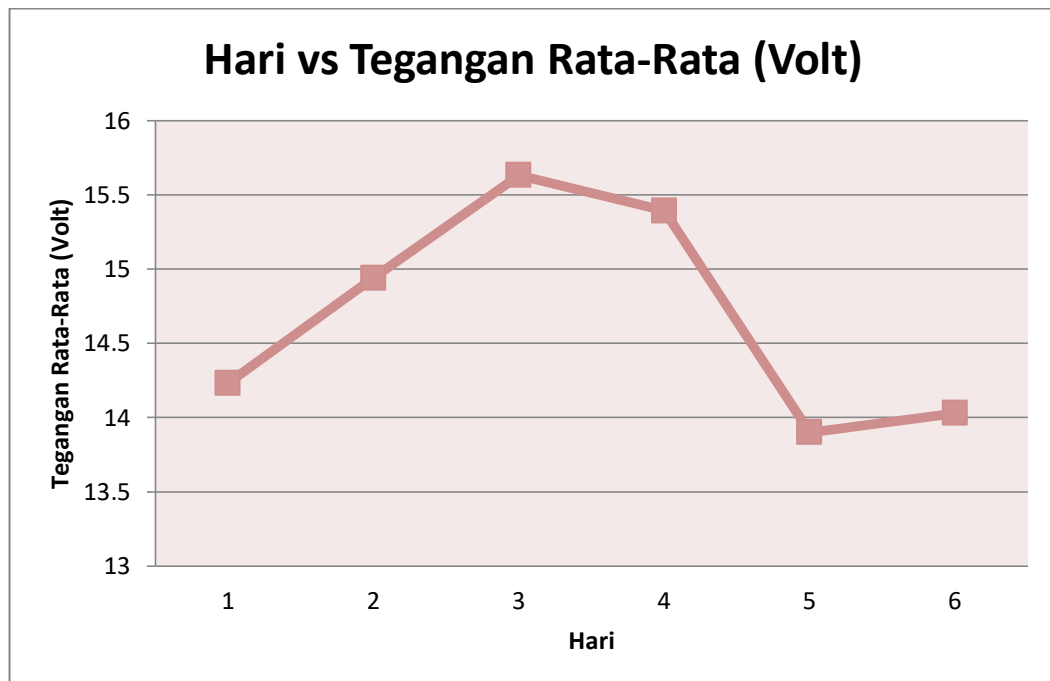
Grafik diatas dapat kita ketahui bahwa pengujian dihari ke 1 sampai 3 mengalami kesetabilan dalam penyerapan panel surya. Dan terjadi penurunan di hari ke 4 dan 5 yang dikarenakan kurangnya kecerahan sinar matahari. Dapat disimpulkan nilai arus terendah terjadi juga sama di hari ke lima dengan hasil 0.287142857. dan terjadi kenaikan di hari ke 6 dengan nilai 0.364285714.

#### 4.3.3. Perbandingan hari dengan daya rata-rata selama 6 hari pengujian.

Dari pengujian yang sudah dilakukan selama 6 hari mulai dari hari 1 sampai 3 tegangan terus naik. Pada hari ke 4 dan 5 terjadi penurunan, kemudian naik lagi di hari ke 6 tapi tidak begitu besar nilainya.

Tabel 4.7. Hari dengan Tegangan Rata-rata

Hari	Tegangan Rata-rata (Volt)
1	14.23285714
2	14.94047619
3	15.63285714
4	15.39285714
5	13.90047619
6	14.03



Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Hari dengan Tegangan Rata-rata

Grafik diatas terjadi naik selama 3 hari, dan terjadi penurunan 2 hari dihari ke 4 dan 5 dan naik kembali di hari ke 6. Kenaikan terjadi pada pengujian di hari ke 3 dengan nilai 15.63285714, dan mengalami penurunan yang derastis dihari ke 5 dengan nilai 13.90047619.

#### 4.4. Sudut deklinasi

Kali ini sudut deklinasi dicari dengan persamaan (2.7) rumus Cooper II.

$$\text{Cooper II} \quad \delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (N - 81) \right]$$

Dimana nilai N dpat dilihat dari tabel berikut ini:

Tabel 4.8. Urutan hari dalam satu tahun

Bulan	Urutan hari, N
Januari	N
Februari	N+31
Maret	N+59
April	N+90
Mei	N+120
Juni	N+151
Juli	N+181
Agustus	N+212
September	N+243
Oktober	N+273
November	N+304
Desember	N+334

#### 1. Hasil perhitungan 1.

Deklinasi matahari pada tanggal 5 agustus 2019 dapat di cari sebagai berikut:

5 agustus memiliki nilai N sebesar = 217

Yaitu dari  $N = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 5$

$$N = 217$$

Dengan menggunakan rumus Cooper II

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (N - 81) \right]$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (217 - 81) \right]$$

$$\delta = 23.45 \sin 134.1369863$$

$$\delta = 16.82952363^\circ$$

Maka besar deklinasi = 16.82952363°

2. Hasil perhitungan 2

Deklinasi matahari pada tanggal 6 agustus 2019 dapat di cari sebagai berikut:

6 agustus memiliki nilai N sebesar = 218

Yaitu dari  $N = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 6$

$$N = 218$$

Maka  $N = 218$

Dengan menggunakan persamaa rumus Cooper II

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (N - 81) \right]$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (218 - 81) \right]$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin 135.1232877$$

$$\delta = 16.54593566^\circ$$

Maka besar deklinasi = 16.54593566°

3. Hasil perhitungan 3

Deklinasi matahari pada tanggal 7 agustus 2019 dapat di cari sebagai berikut:

7 agustus memiliki nilai N sebesar = 219

Yaitu dari  $N = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 7$

$$N = 219$$

Maka  $N = 219$

Dengan menggunakan rumus Cooper II

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (N - 81) \right]$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (219 - 81) \right]$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin 136.109589$$

$$\delta = 16.25744477^\circ$$

Maka besar deklinasi = 16.25744477°

4. Hasil perhitungan 4

Deklinasi matahari pada tanggal 8 agustus 2019 dapat di cari sebagai berikut:

8 agustus memiliki nilai N sebesar = 220

Yaitu dari  $N = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 8$   
 $N = 220$

Maka  $N = 220$

Dengan menggunakan rumus Cooper II

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (N - 81) \right]$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (220 - 81) \right]$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin 137.0958904$$

$$\delta = 15.96413645^\circ$$

Maka besar deklinasi =  $15.96413645^\circ$

#### 5. Hasil perhitungan 5

Deklinasi matahari pada tanggal 9 agustus 2019 dapat di cari sebagai berikut:

9 agustus memiliki nilai N sebesar = 221

Yaitu dari  $N = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 9$   
 $N = 221$

Maka  $N = 221$

Dengan menggunakan rumus Cooper II

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (N - 81) \right]$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (221 - 81) \right]$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin 138.0821918$$

$$\delta = 15.66609762^\circ$$

Maka besar deklinasi =  $15.66609762^\circ$

#### 6. Hasil perhitungan 6

Deklinasi matahari pada tanggal 10 agustus 2019 dapat di cari sebagai berikut:

10 agustus memiliki nilai N sebesar = 222

Yaitu dari  $N = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 10$   
 $N = 222$

Maka  $N = 222$

Dengan menggunakan rumus Cooper II

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (N - 81) \right]$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[ \frac{360}{365} (222 - 81) \right]$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin 139.0684932$$

$$\delta = 15.36341658^\circ$$

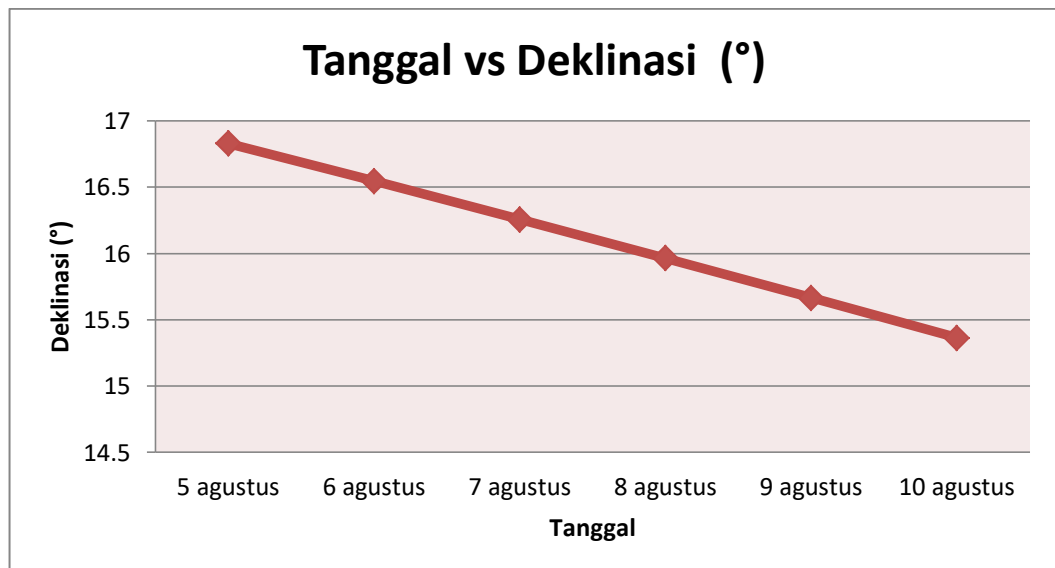
Maka besar deklinasi = 15.36341658°

Berikut perbandingan dari hasil pengujian.

Dapat kita ketahui bahwa nilai deklinasi yang terjadi mulai dari tanggal 6 sampai 11 agustus 2019 mengalami penurunan.

Tabel 4.8. Tabel deklinasi perhitungan

tgl bulan	Deklinasi (°)
5 agustus	16.82952363
6 agustus	16.54593566
7 agustus	16.25744477
8 agustus	15.96413645
9 agustus	15.66609762
10 agustus	15.36341658



Gambar 4.8. Grafik perbandingan Tanggal dengan Deklinasi.

Grafik ini menjelaskan bahwa nilai deklinasi mulai dari tanggal 6 agustus – 10 agustus 2019 mengalami penurunan yang baik.

#### 4.5. Efektivitas kinerja panel surya

Efektivitas panel surya berdasarkan uraian diatas jelas berubah terhadap tegangan, arus, dan daya kerjanya. Pada proses penyerapan panel surya yang menggunakan sistem otomasi panel surya selalu menghadap lurus ke matahari untuk memaksimalkan penyerapan terus menerus. Karenanya efektivitas panel surya selalu ditetapkan pada daya puncaknya. Maka saya memilih dipengujian ke 3 pada tanggal 08 Agustus 2019 yang lebih optimal dari hari lainnya.

##### 4.5.1. Posisi panel surya pada saat pukul 08:00 WIB

Dimana panel surya tampak menghadap matahari pada pukul 08:00 WIB menghadap timur dengan sudut kemiringan  $45^\circ$  dapat diukur dengan busur dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.9. Posisi panel surya pada pukul 08:00 WIB

##### 4.5.2. Posisi panel surya pada saat pukul 10:00 WIB

Dimana panel surya masih menghadap posisi timur pada pukul 10:00 WIB dimana sudut yang diperoleh  $26^\circ$  dapat diukur dengan busur dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.10. Posisi panel surya pada pukul 10:00 WIB

#### 4.5.3. Posisi panel surya pada saat pukul 12:00 WIB

Disini panel surya sudah menghadap tegak lurus posisi horizontal dengan sudut  $0^\circ$  dapat diukur dengan busur dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.11. Posisi panel surya pada pukul 12:00 WIB

#### 4.5.4. Posisi panel surya pada saat pukul 14:00 WIB

Disini panel surya berubah arah ke barat dengan posisi kemiringan  $15^\circ$  sedikit miring dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.12. Posisi panel surya pada pukul 14:00 WIB

#### 4.5.5. Posisi panel surya pada saat pukul 16:00 WIB

Panel surya masih mengarah ke barat dengan sudut kemiringan  $26^\circ$  dapat diukur dengan busur dapat dilihat pada gambar berikut:





Gambar 4.13. Posisi panel surya pada pukul 16:00 WIB

#### 4.5.6. Posisi panel surya pada saat pukul 18:00 WIB

Dimana posisi ini posisi paling rendah arah ke barat disini sebagai titik akhir dari pengujian selama satu hari dengan sudut kemiringan  $46^\circ$  dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.14. Posisi panel surya pada pukul 18:00 WIB

Maka dapat kita ketahui bahwa panel surya selalu menghadap selalu tegak lurus matahari mulai dari timur ke barat, dan kerja panel surya lebih efektif dari pada menggunakan sudut variasi kemiring.

Untuk itu pada hasil yang diperoleh dalam penelitian yang telah dilakukan saya mengambil 1 hari pengujian yaitu hari kamis, 08 agustus 2019 yang memiliki efektifitas kinerja panel surya yang baik. Untuk mengetahui efektifitas panel surya 10Wp yang digunakan, maka terlebih dahulu harus mengetahui  $P_{max}$  (daya keluaran maksimal) dapat dicari dengan persamaan (2.12) rumus berikut:

$$P_{max} = V_{mp} \times I_{mp}$$

Dimana:

$P_{max}$  = daya keluaran maksimal

$V_{mp}$  = tegangan operasi optimal

$I_{mp}$  = arus operasi optimal

Mencari dimensi penyerapan dengan persamaan (2.13) rumus sebagai berikut:

$$Ac = P \times L$$

Dimana:

Ac= dimensi panel surya (m<sup>2</sup>)

P= Panjang dari panel surya (m)

L= Lebar dari panel surya (m)

Maka efektifitas penyerapan panel surya 10Wp yang dihasilkan dapat menggunakan persamaan (2.11) rumus sebagai berikut:

$$\eta_{max} = \frac{P_{max}}{E_{S,\gamma}^{SW} \times Ac} \times 100\%$$

Dimana:

$\eta_{max}$  = efisiensi maksimal

P<sub>max</sub> = daya keluar maksimal

$E_{S,\gamma}^{SW}$  = *incident radiation flux*

Ac = dimensi panel surya

Untuk mengetahui daya maksimal pada panel surya 10 wp dengan spesifikasi panel surya yang digunakan sebagai berikut:

- Maks. Daya (P<sub>max</sub>) : 9.6712 Watt
- Maks. Tegangan Listrik (V<sub>mp</sub>) : 17.27 Volt
- Maks. Arus Daya (I<sub>mp</sub>) : 0.56 Ampere
- *incident radiation flux* ( $E_{S,\gamma}^{SW}$ ) : 1000 W/m<sup>2</sup>

Dimana P<sub>max</sub> sudah diketahui sebesar 10 Watt, maka kita lanjut menghitung dimensi panel surya dengan P = 36 cm (0.36 m), L = 24.8 cm (0.248 m).

$$Ac = P \times L$$

$$Ac = 0.36 \text{ m} \times 0.248 \text{ m}$$

$$Ac = 0.08928 \text{ m}^2$$

Maka di peroleh dimensi Ac = 0.08928 m<sup>2</sup>.

Dimana:

P<sub>max</sub> = 10 Watt

$E_{S,\gamma}^{SW}$  = 1000 W/m<sup>2</sup>

Ac = 0.08928 m<sup>2</sup>

Maka efisiensi maksimal:

$$\eta_{max} = \frac{P_{max}}{E_{S,\gamma}^{SW} \times A_c} \times 100\%$$

$$\eta_{max} = \frac{9.6712 \text{ Watt}}{1000 \text{ W/m}^2 \times 0.08928 \text{ m}^2} \times 100\%$$

$$\eta_{max} = \frac{9.6712 \text{ Watt}}{89.28 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$$\eta_{max} = 10.77 \%$$

Maka diperoleh efisiensi dari panel surya 10 Wp sebesar 10.77%

Dapat kita ketahui bahwa efektifitas dari panel surya dengan sistem otomatisasi adalah sangat baik karena panel surya selalu menghadap matahari. Bila terjadi penurunan dari panel surya disebabkan oleh matahari yang terhalang oleh awan yang mengakibatkan sinarnya tidak jatuh tepat di panel surya.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengamatan dan pembahasan dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Sistem otomasi berbasis arduino yang sederhana dapat diaplikasikan pada panel surya.
2. Hasil pengujian panel surya yang menggunakan sistem otomasi lebih optimal sebab panel surya salalu tegak lurus terhadap sinar matahari.
3. Efektivitas kerja panel surya dengan mengikuti gerak arah matahari lebih optimal dari pada dengan menggunakan sudut variasi kemiringan.

#### 5.2. Saran

1. Untuk penelitian berikutnya, dapat menyempurnakan gerakan sistem otomasi lebih sempurna lagi.
2. Lebih memperhitungkan jenis penggerak otomasi yang harus disesuaikan dengan dimensi, dan berat panel surya.
3. Untuk penelitian berikutnya, dapat dilakukan dibedah tetinggiian, dan bedah jenis panel surya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardianto, Heri (2008) *Optimalisasi Panel Sel Surya dengan Menggunakan Sistem Pelacak Matahari Berbasis Pemrograman Mikrokontroler ATmega 328*. Laporan Tugas Akhir, Surakarta: Teknik Elektronika, Universitas Sebelas Maret.
- Chalmers, Bruce. (1976). "The Photovoltaic Generation of Electricity." *Scientific American*. Vol. 235 (No.4): pp.34-43.
- Dzulfikar, Dafi., Brotob, Wisnu. (2016) *Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga*. E-Jurnal, Jakarta Selatan: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Pancasila Jakarta
- Fauzi, M. dan Raisal. (2014) *Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Energi Pada Sistem Otomasi*. Laporan Tugas Akhir, Banda Aceh: Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala.
- Georgeo, J. (2005) *Arduino Uno R3 Series*. Superintendent of Documents U.S. Government Printing Office Washington, DC 20402.
- Grove, Jan. (1967). *Photo and Thermoelectric Effects in Semiconductors*. New York, NY: Pergamon Press; pp.90-129.
- Haryadi, Sugeng. Syahrillah, Gusti Rusydi Furqon. (2017) *Rancang Bangun Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Charger Handphone Di Tempat Umum*. Jurnal, Banjarmasin: Teknik Elektro, Universitas Islam Kalimantan MAB.
- Iswanto, Ady. (2008). *Prototipe Pemanfaatan Sumber Energi Matahari Dengan Kapasitas 50Wp*. Laporan Tugas Akhir, Padang: Universitas Andalas
- Julisman, Andi. Sara, Ira Devi. dan Siregar, Ramadhan Halid. (2017) *Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola*. Laporan Tugas Akhir, Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Nurharsanto, Sigit. Dan Prayitno, Adhy. (2017) *Sun Tracking Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*. Laporan Tugas Akhir, Pekanbaru: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Riau.
- Purwandari, Endhah., dan Winanta, Toto. (2013) *Analisis Perhitungan Efisiensi Sel Surya Berbasis A-Si:H dalam Penentuan Temperatur Filamen Optimum Bahan*. Jurnal Ilmu Dasar, Laboratorium Fisika Material dan Elektronika Departemen Fisika ITB.
- Santoso, Mintorogo Danny. (2000). *Jenis Photovoltaic (Panel Surya) yang Banyak Digunakan*. Wiratama, Jakarta.

- Shantu Ghose, Ashab Uddin, Krishanu Nandy, and Gias Uddin. (2015) *Photovoltaic Maximum Power Point Tracking Control System by using Microcontroller. Department of Electrical and Electronic Engineering, Chittagong University of Engineering and Technology, Chittagong- 4349, Bangladesh.*
- Shaifali Jain, Ragi Jain. (2014) *Microcontroller Based Solar tracking System for enhancing efficiency of a Photovoltaic system. Journal of Engineering Research and Applications, Adina Institute of Science and Technology.*
- Syamsir, A. (1998) *Sistem Kendali Dasar jilid I.* Rajawali, Surabaya: Teknik Mesin, UNDIP.
- Jannah Lu'luil, dkk. (2017) *Karakterisasi Sensor Arus Dan Sensor Tegangan Sebagai Output Pada Prototipe Sistem Penjejak Sinar Matahari Aktif Dengan Sistem Koordinat Horison Matahari.* Seminar Nasional Fisika, Jatinangor: Fisika, Universitas Negeri Jakarta.
- Kurniawan Eddi, dkk. (2013) *Sistem Penerangan Rumah Otomatis Dengan Sensor Cahaya Berbasis Mikrokontroler.* Jurnal Coding, Pontianak: Universitas Tanjungpura.

# LAMPIRAN

Percoamaan I.  
Selasa, 06-08-2019

No.	Jam	Intensitas Cahaya (Lux)	Suhu (°C)	Panel surya		Tegangan baterai (Volt)	
				Tegangan V (Volt)	Arus I (Ampere)		
1	7:30	-	-	-	-	-	
2	8:00	1028	36.1	12.51	0.17	2.1267	
3	8:30	981	39.7	12.58	0.19	2.3902	
4	9:00	874	40.6	13.64	0.24	3.2736	
5	9:30	941	41.2	12.62	0.26	3.2812	
6	10:00	765	43.5	12.7	0.28	3.556	
7	10:30	657	44.2	14.73	0.3	4.419	
8	11:00	611	49	13.51	0.31	4.1881	
9	11:30	532	49.5	13.69	0.33	4.5177	
10	12:00	435	50.2	14.3	0.36	5.148	
11	12:30	596	52.5	15.01	0.42	6.3042	
12	13:00	668	48.7	16.52	0.44	7.2688	
13	13:30	572	51.9	17.3	0.5	8.65	
14	14:00	876	52.6	16.21	0.52	8.4292	
15	14:30	495	51.7	15.67	0.51	7.9917	
16	15:00	584	51.2	15.05	0.48	7.224	
17	15:30	723	47.4	14.78	0.48	7.0944	
18	16:00	682	42.3	14.31	0.46	6.5826	
19	16:30	613	40.1	13.87	0.41	5.6867	
20	17:00	708	38.9	13.32	0.37	4.9284	
21	17:30	736	37.2	13.74	0.32	4.3968	
22	18:00	762	35.4	12.83	0.3	3.849	
Rata - rata				14.23285714	0.364285714	5.3003	12.53380952



Pecobaan 2.  
Rabu, 07-08-2019

No.	Jam	Intensitas Cahaya (Lux)	Suhu(°C)	Panel surya			Tegangan baterai (Volt)
				Tegangan V (Volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (Watt)	
1	7:30	-	-	-	-	-	-
2	8:00	995	35.2	12.43	0.12	1.4916	11.71
3	8:30	962	39.7	12.87	0.15	1.9305	11.93
4	9:00	751	40.6	14.56	0.19	2.7664	12.06
5	9:30	532	41.2	13.34	0.22	2.9348	12.13
6	10:00	365	43.5	14.97	0.25	3.7425	12.2
7	10:30	876	44.2	12.54	0.28	3.5112	12.21
8	11:00	661	49	14.87	0.26	3.8662	12.25
9	11:30	542	49.5	15.31	0.27	4.1337	12.3
10	12:00	438	50.2	17.32	0.32	5.5424	12.42
11	12:30	626	52.5	16.45	0.36	5.922	12.5
12	13:00	756	48.7	15.87	0.33	5.2371	12.53
13	13:30	572	51.9	15.9	0.38	6.042	12.59
14	14:00	482	52.5	17.05	0.44	7.502	12.65
15	14:30	676	52.8	15.8	0.47	7.426	12.7
16	15:00	556	51.1	16.5	0.49	8.085	12.81
17	15:30	768	46.2	15.87	0.51	8.0937	12.84
18	16:00	679	43.7	14.52	0.5	7.26	12.9
19	16:30	882	40.4	15.03	0.5	7.515	12.9
20	17:00	619	38.5	14.32	0.4	5.728	12.85
21	17:30	663	36	13.57	0.36	4.8852	12.78
22	18:00	747	35.2	14.66	0.33	4.8378	12.7
		Rata - rata		14.94047619	0.33952381	5.164433333	12.47428571

baan 3.  
08-08-2019

Jam	Intensitas Cahaya (Lux)	Suhu (°C)	Panel surya			Tegangan baterai (Volt)
			Tegangan V (Volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (Watt)	
7:30	-	-	0	0	0	-
8:00	995	36.8	13.61	0.13	1.7693	12.71
8:30	986	37.3	12.41	0.14	1.7374	13.05
9:00	778	39.6	16.43	0.18	2.9574	13.32
9:30	685	41.2	14.72	0.26	3.8272	13.82
10:00	1013	39.2	13.2	0.1	1.32	13.68
10:30	649	40.5	16.97	0.34	5.7698	14.74
11:00	563	45.6	15.75	0.37	5.8275	13.49
11:30	559	46.1	14.73	0.43	6.3339	13.52
12:00	398	51.2	17.27	0.56	9.6712	13.67
12:30	496	52.5	17.03	0.52	8.8556	12.62
13:00	668	50.8	14.72	0.44	6.4768	12.6
13:30	502	51.9	16.9	0.42	7.098	12.75
14:00	518	51	15.85	0.32	5.072	12.82
14:30	495	50.2	15.95	0.51	8.1345	13.15
15:00	584	48.7	15.95	0.47	7.4965	13.02
15:30	623	46.5	16.99	0.38	6.4562	12.95
16:00	782	43.2	16.74	0.36	6.0264	12.87
16:30	513	39.3	16.94	0.41	6.9454	12.72
17:00	543	39.1	18.14	0.47	8.5258	12.61
17:30	736	37	14.82	0.32	4.7424	12.54
18:00	662	36.4	13.17	0.35	4.6095	12.44
Rata - rata			15.63285714	0.356190476	5.697752381	13.09952381

Percobaan 4.  
Jumat, 09-08-2019

No.	Jam	Intensitas Cahaya (Lux)	Suhu (°C)	Panel surya		Tegangan baterai (Volt)
				Tegangan V (Volt)	Arus I (Ampere)	
1	7:30	-	-	-	-	-
2	8:00	1120	34.5	12.21	0.11	11.98
3	8:30	881	35.8	13.54	0.2	12.04
4	9:00	657	36.6	15.32	0.26	12.13
5	9:30	741	39.2	16.73	0.23	12.19
6	10:00	405	40.5	15.76	0.38	12.32
7	10:30	949	38.8	15.76	0.17	12.34
8	11:00	663	41.6	16.14	0.21	12.4
9	11:30	759	45.5	16.46	0.2	12.45
10	12:00	547	48.2	16.64	0.36	12.56
11	12:30	496	51.9	17.12	0.41	12.64
12	13:00	466	46.2	16.02	0.45	12.71
13	13:30	572	48	16.07	0.34	12.8
14	14:00	618	40.2	15.34	0.34	12.97
15	14:30	695	54.3	15.34	0.3	12.97
16	15:00	484	50	16.05	0.46	13.12
17	15:30	523	47.5	16.78	0.4	13.28
18	16:00	675	45.2	15.51	0.37	13.09
19	16:30	745	45.6	13.87	0.25	12.78
20	17:00	543	44.3	16.32	0.35	12.65
21	17:30	867	32.5	13.74	0.24	12.5
22	18:00	923	31.1	12.53	0.21	12.46
Rata - rata				15.39285714	0.297142857	12.58952381

Percobaan 5.  
Sabtu, 10-09-2019

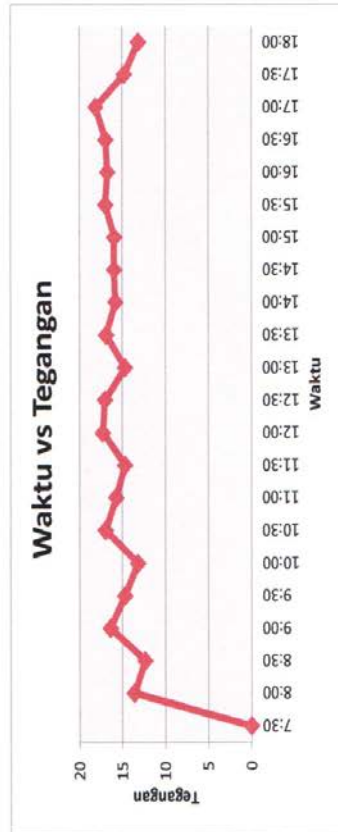
No.	Jam	Intensitas Cahaya (Lux)	Suhu (°C)	Panel surya			Tegangan baterai (Volt)
				Tegangan V (Volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (Watt)	
1	7:30	-	-	-	-	-	-
2	8:00	928	33.1	13.52	0.12	1.6224	12.45
3	8:30	981	34.2	14.08	0.12	1.6896	12.5
4	9:00	857	35.7	13.65	0.16	2.184	12.62
5	9:30	654	36.2	12.62	0.24	3.0288	12.69
6	10:00	781	39.3	13.78	0.2	2.756	12.71
7	10:30	997	38.5	12.73	0.17	2.1641	12.68
8	11:00	867	42.3	13.55	0.19	2.5745	12.7
9	11:30	733	46.4	13.96	0.27	3.7692	12.74
10	12:00	625	50.7	14.32	0.32	4.5824	12.78
11	12:30	591	51.3	15.65	0.44	6.886	12.85
12	13:00	421	54.2	16.45	0.49	8.0605	12.96
13	13:30	652	54.5	13.41	0.37	4.9617	13.15
14	14:00	645	52.2	13.66	0.38	5.1908	13.05
15	14:30	576	48.2	15.67	0.42	6.5814	12.97
16	15:00	465	51.2	16.34	0.5	8.17	12.87
17	15:30	623	47.7	12.45	0.31	3.8595	12.83
18	16:00	782	43.3	13.21	0.31	4.0951	12.88
19	16:30	513	45.1	14.45	0.45	6.5025	12.92
20	17:00	992	38.2	12.34	0.18	2.2212	12.84
21	17:30	876	35.2	13.74	0.23	3.1602	12.76
22	18:00	956	35.4	12.33	0.16	1.9728	12.7
Rata - rata				13.90047619	0.287142857	4.096795238	12.79285714



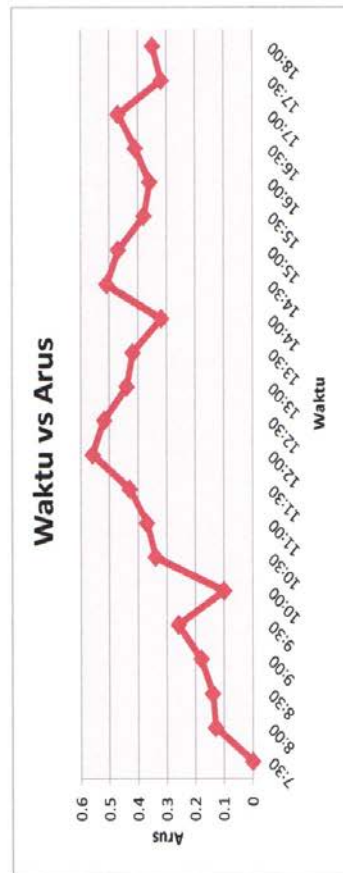
Percobaan 6.  
Minggu, 11-09-2019

No.	Jam	Intensitas Cahaya (Lux)	Suhu (°C)	Panel surya		Arus I (Ampere)	Daya P (Watt)	Tegangan baterai (Volt)
				Tegangan V (Volt)				
1	7:30	-	-	-	-	-	-	-
2	8:00	976	34	12.23	0.17	2.0791	11.94	
3	8:30	994	34.6	12.1	0.19	2.299	12.05	
4	9:00	857	35.8	13.21	0.24	3.1704	12.19	
5	9:30	898	36.2	13.62	0.26	3.5412	12.24	
6	10:00	905	37.3	12.5	0.28	3.5	12.27	
7	10:30	745	38.7	14.32	0.3	4.296	12.33	
8	11:00	677	39.1	14.98	0.31	4.6438	12.36	
9	11:30	532	40.2	15.56	0.33	5.1348	12.6	
10	12:00	432	46.2	16.45	0.36	5.922	12.78	
11	12:30	453	50.4	16.22	0.42	6.8124	12.88	
12	13:00	564	52.3	15.48	0.44	6.8112	12.94	
13	13:30	588	54.2	15.41	0.5	7.705	13.11	
14	14:00	411	55.6	16.45	0.52	8.554	13.24	
15	14:30	678	52.2	13.77	0.51	7.0227	12.95	
16	15:00	723	50.1	13.28	0.48	6.3744	12.91	
17	15:30	993	45.4	12.17	0.48	5.8416	12.83	
18	16:00	856	46.3	12.86	0.46	5.9156	12.78	
19	16:30	745	47.1	13.11	0.41	5.3751	12.8	
20	17:00	669	36.9	13.32	0.37	4.9284	12.83	
21	17:30	544	41.2	14.65	0.32	4.688	12.9	
22	18:00	871	36.4	12.94	0.3	3.882	12.77	
		Rata - rata		14.03	0.364285714	5.166509524	12.65238095	

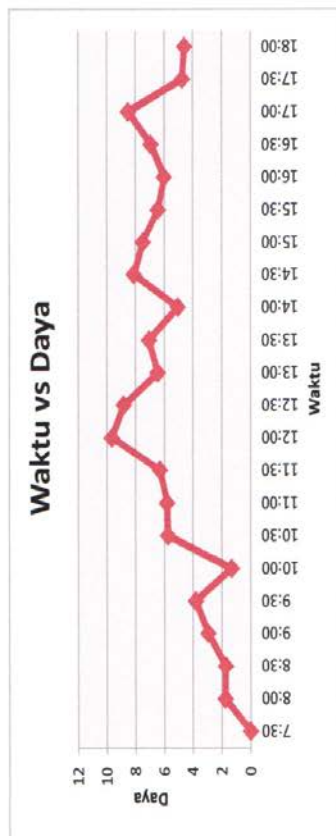
Waktu	Tegangan
7:30	0
8:00	13.61
8:30	12.41
9:00	16.43
9:30	14.72
10:00	13.2
10:30	16.97
11:00	15.75
11:30	14.73
12:00	17.27
12:30	17.03
13:00	14.72
13:30	16.9
14:00	15.85
14:30	15.95
15:00	15.95
15:30	16.99
16:00	16.74
16:30	16.94
17:00	18.14
17:30	14.82
18:00	13.17



Waktu	Arus
7:30	0
8:00	0.13
8:30	0.14
9:00	0.18
9:30	0.26
10:00	0.1
10:30	0.34
11:00	0.37
11:30	0.43
12:00	0.56
12:30	0.52
13:00	0.44
13:30	0.42
14:00	0.32
14:30	0.51
15:00	0.47
15:30	0.38
16:00	0.36
16:30	0.41
17:00	0.47
17:30	0.32
18:00	0.35

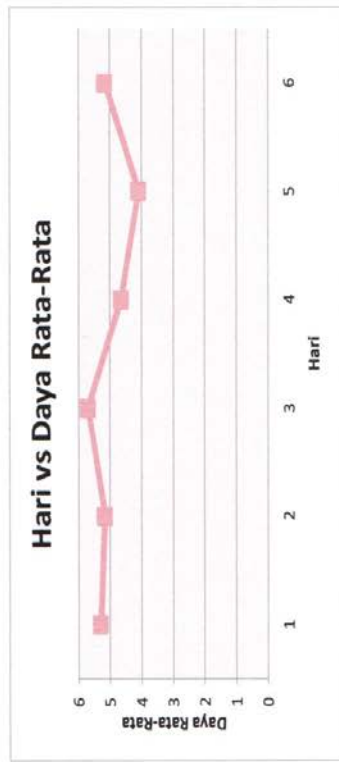


Waktu	Daya
7:30	0
8:00	1.7693
8:30	1.7374
9:00	2.9574
9:30	3.8272
10:00	1.32
10:30	5.7698
11:00	5.8275
11:30	6.3339
12:00	9.6712
12:30	8.8556
13:00	6.4768
13:30	7.098
14:00	5.072
14:30	8.1345
15:00	7.4965
15:30	6.4562
16:00	6.0264
16:30	6.9454
17:00	8.5258
17:30	4.7424
18:00	4.6095

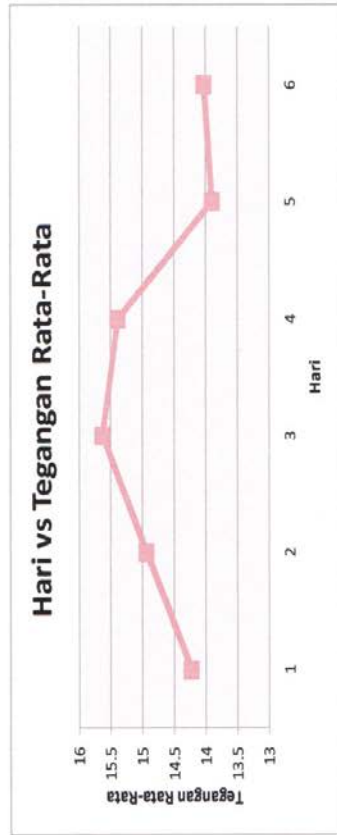




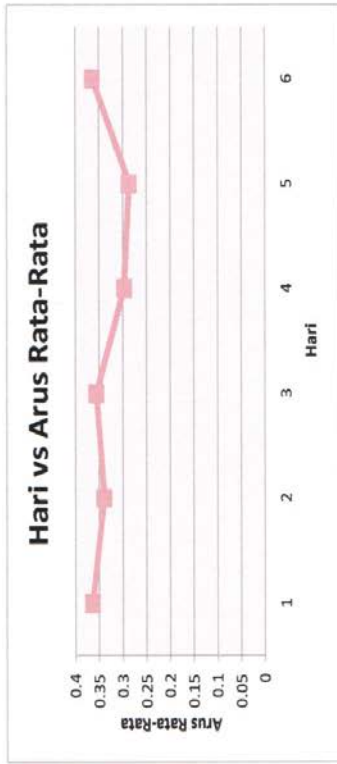
Hari	Rata - Rata Daya
1	5.3003
2	5.16443
3	5.697752
4	4.65113
5	4.096795238
6	5.166509524



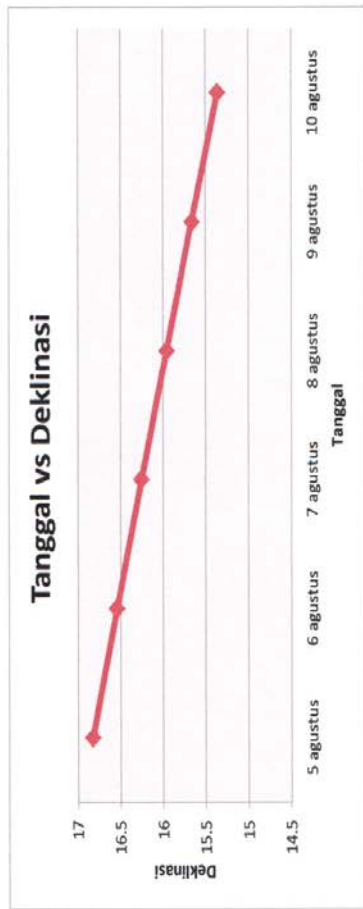
Hari	Rata - rata tegangan
1	14.23285714
2	14.94047619
3	15.63285714
4	15.39285714
5	13.90047619
6	14.03



Hari	Rata - rata arus
1	0.364285714
2	0.33952381
3	0.356190476
4	0.297142857
5	0.287142857
6	0.364285714

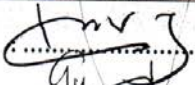

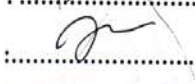
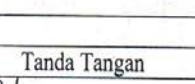


tgl bulan	deklinasi
5 agustus	16.82952363
6 agustus	16.54593566
7 agustus	16.25744477
8 agustus	15.96413645
9 agustus	15.66609762
10 agustus	15.36341658



**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar  
 Nama : Fahkrul Rozi  
 NPM : 1507230137  
 Judul Tugas Akhir : Penerapan Sistem Otomasi Pada Panel Surya Mengikuti Arah Gerak Matahari Untuk Memaksimalkan Kinerja - Panel Surya.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Munawar A Siregar.S.T.M.T	
Pembimbing – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T	
Pembanding – I : H.Muharnif.S.T.M.Sc	
Pembanding – II : Bakti Suroso.S.T.M.Eng	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	<del>1507230137</del>	BAYU ANGGARA	
2	1507230194	LOHA PRADITA	
3	1507230182	RIZKI FADHILAH	
4	1507230116	BAYU DARMAWAN	
5	1507230026	ARIF MUHAMMAD	
6	1507230256	FATMA AULIA PACHMAN	
7	1507230175	Maulana Satrio	
8	1507230019	JERRY RAMADANI SUPUTRA	
9	1409230193	MUHAMMAD SYAFI'UZAL	
10	150723004	Fahri Zahari	

Medan, 17 Muharram 1440 H  
17 September 2019 M



Kerta Perodi. T.Mesin

Fahkrul Rozi.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

NAMA : Fahkrul Rozi  
NPM : 1507230137  
Judul T.Akhir : Penerapan Sistem Otomasi Pada Panel Surya Mengikuti Arah Gerak Matahari Untuk Memaksimalkan Kinerja Panel Surya .

Dosen Pembimbing – I : Munawar A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc  
Dosen Pemanding - II : Bekti Suroso.S.T.M.Eng

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....  
*Lihat buku skripsi*  
.....  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

.....  
.....  
.....  
.....

Medan 17 Muharram 1440H  
17 September 2019 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pemanding- I

H.Muharnif.S.T.M.Sc

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

NAMA : Fahkrul Rozi  
NPM : 1507230137  
Judul T.Akhir : Penerapan Sistem Otomasi Pada Panel Surya Mengikuti Arah Gerak Matahari Untuk Memaksimalkan Kinerja Panel Surya .

Dosen Pembimbing – I : Munawar A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc  
Dosen Pembanding - II : Bekti Suroso.S.T.M.Eng

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)  
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :  
*lihat pada masalah tugas Akhir !*  
.....  
.....  
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

Medan 17 Muharram 1440H  
17 September 2019 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembanding- II

*[Signature]*  
Bekti Suroso.S.T.M.Eng





**UMSU**  
Pegawai Cerdas Terpercaya

Untuk surat ini agar disebutkan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12  
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN**  
**DOSEN PEMBIMBING**

**Nomor 201/3AU/UMSU-07/F/2019**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 13 Februari 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : **FAKHRUL ROZI**  
Npm : 1507230137  
Program Study : **TEHNIK MESIN**  
Semester : **V111 ( Delapan )**  
Judul Tugas Akhir : **PENERAPAN SISTEM OTOMASI PADA PANEL SURYA MENGIKUTI ARAH GERAK MATAHARI**

Pembimbing 1 : **MUNAWAR ALFANSURY SIREGAR ST .MT**  
Pembimbing 11 : **CHANDRA A SIREGAR ST .MT**

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.  
Medan 08 Jumadil Akhir 1440 H  
13 Februari 2019 M



Dekan

**Munawar Alfansury Siregar, ST..MT**  
NIDN: 0101017202

Cc. File

### LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Penerapan Sistem Otomasi Pada Panel Surya Mengikuti Arah Gerak Matahari Untuk Memaksimalkan Kinerja Panel Surya

Nama : Fahkrul Rozi  
NPM : 1507230137

Dosen Pembimbing 1 : Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T  
Dosen Pembimbing 2 : Chandra A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	23/2-2019	Perbaiki bab I Lanjut bab II	
1.	8/7-2019	Delan Lantar belakang tunjukkan permasalahan A.	
2.	11/7-2019	Perbaiki Basis masalah A.	
3.	30/7-2019	lanjutan ke tujua A.	
4.	2/8-2019	lanjutan ke pembimbing II A.	
5.	8/8-2019	Perbaiki bab IV	f
6.	16/8-2019	perbaiki bab IV	f
7.	20/8-2019	Tambahkan perhitungan Definisi	f
8.	27/8-2019	Acc seminar kembali ke pembimbing 1	f
Acc di seminar ke-6			f
			9-2019



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### **DATA PRIBADI**

Nama : FAHKRUL ROZI  
NPM : 1507230137  
Tempat/Tanggal Lahir : Sei Putih, 26-05-1997  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Agama : Islam  
Status : Belum menikah  
Alamat : Jln Sei Putih, Desa Suka Muliya  
Kecamatan : Galang  
Kabupaten : Deli Serdang  
Provinsi : Sumatera Utara  
Nomor Hp : 082370022266  
E-mail : fahkrulrozy@gmail.com  
Nama Orang Tua  
Ayah : Bambang Hariadi  
Ibu : Indriani

### **PENDIDIKAN FORMAL**

2003-2009 : SD 101975 Sei Putih  
2009-2012 : SMP Ypak PTPN 3 Sei Karang  
2012-2015 : SMK Negeri 01 Lubuk Pakam  
2015-2019 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara