



**RANCANG BANGUN SISTEM PENGGERAK
PANEL SURYA MENGGUNAKAN SENSOR
LDR DAN MOTOR SERVO BERBASIS
MIKROKONTROLER**

**Disusun dan Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains dan
Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi**

SKRIPSI

OLEH

NAMA : PASRAH HATI DUHA
NPM : 1514210221
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI**

MEDAN

2019

RANCANG BANGUN SISTEM PENGGERAK PANEL SURYA MENGGUNAKAN SENSOR LDR DAN MOTOR SERVO BERBASIS MIKROKONTROLER

Pasrah Hati Duha *

Hamdani, S.T.,M.T **

Amani Darma Tarigan, S.T.,M.T **

Universitas Pembangunan Panca Budi

ABSTRAK

Umumnya solar cell yang dipasang hanya menghadap satu arah tertentu saja. Gerak semu harian matahari menyebabkan perubahan posisi matahari dari timur ke barat setiap harinya. Perubahan posisi matahari tersebut membuat modul solar cell tidak selalu mendapatkan intensitas cahaya matahari yang maksimal sepanjang hari. Salah satu cara yang dapat dilakukan supaya solar cell mendapatkan intensitas cahaya matahari yang maksimal sepanjang hari adalah dengan menempatkan modul solar cell tegak lurus mengikuti cahaya matahari. Hal tersebut yang melatarbelakangi pembuatan alat penggerak panel menggunakan komponen Light Dependent Resistor (LDR) sebagai sensor dan motor servo sebagai penggerak posisi modul solar cell. Cahaya matahari yang mengenai sensor LDR membuat resistansinya berubah sehingga mempengaruhi nilai tegangan yang akan diinformasikan ke analog input mikrokontroller. Mikrokontroller mengolah informasi yang diterima dari sensor LDR dan memberi perintah untuk menggerakkan motor servo yang mana akan menggerakkan posisi permukaan modul solar cell dengan dua arah yaitu mengikuti orientasi gerak semu harian matahari dari arah timur ke arah barat dan terkadang ke arah utara dan selatan tergantung arah gerak cahaya matahari.

Kata Kunci : Solar cell, Sensor Light Dependent Resistor, Motor Servo

* Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro : pashaduha17@gmail.com

** Dosen Program Studi Teknik Elektro

DESIGN OF SOLAR PANEL MOVEMENT SYSTEM USING LDR SENSOR AND SERVO MOTOR BASED ON MICROCONTROLLER

Pasrah Hati Duha *

Hamdani, S.T.,M.T **

Amani Darma Tarigan, S.T.,M.T **

Universitas Pembangunan Panca Budi

ABSTRACT

Generally, solar cells installed only face one particular direction. The daily apparent motion of the sun causes changes in the position of the sun from east to west every day. Changes in the position of the sun makes the solar cell module does not always get maximum sunlight intensity throughout the day. One way that can be done so that solar cells get maximum sunlight intensity throughout the day is by placing the solar cell module perpendicular to the sun. This is the background of the manufacture of the panel drive using the components of the Light Dependent Resistor (LDR) as a sensor and the servo motor as the driving position of the solar cell module. Sunlight on the LDR sensor makes the resistance change so that it affects the voltage value which will be informed to the analog input of the microcontroller. The microcontroller processes the information received from the LDR sensor and gives a command to drive the servo motor which will move the position the surface of the solar cell module in two directions follows the orientation of the daily pseudo-motion of the sun from east to west and sometimes to the north and south depending on the direction of movement of sunlight.

Keywords : Solar cell, Light Dependent Resistor Sensor, Servo Motor

* Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro : pashaduha17@gmail.com

** Dosen Program Studi Teknik Elektro

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penulisan.....	4
1.5 Manfaat Penulisan.....	4
1.6 Metode Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2 LANDASAN TEORI	
2.1 Sel Surya / <i>Sel Cell</i>	7
2.1.1 Pengertian Sel surya	7
2.1.2 Prinsip Kerja Panel Surya	11
2.1.3 Pemanfaatan Panel surya.....	12
2.1.4 Prinsip Dasar Teknologi <i>Solar Cell (photovoltaic)</i>	13
2.1.5 Semikonduktor dan Sel Surya	13
2.1.6 Proses Konversi Sel surya	15
2.1.7 Radiasi Harian Matahari Pada Permukaan Bumi	18
2.1.8 Pengaruh Sudut Datang Terhadap Radiasi yang diterima .	18
2.1.9 Jenis Panel Surya	19
2.2 <i>Solar Charge Controller</i>	22
2.2.1 Fungsi dan Fitur <i>Solar Charge controller</i>	23
2.3 Baterai	24
2.4 Mikrokontroler	26
2.4.1 Mikrokontroler Arduino.....	26
2.4.2 Pemanfaatan Mikrokontroler	27
2.4.3 Jenis-jenis Mikrokontroler	27
2.5 Mikrokontroler Arduino.....	31
2.6 Arduino IDE	32
2.7 Liquid Crystal Display (LCD)	39
2.8 Sensor Light Dependent Resistor (LDR)	40
2.9 Motor Servo	42
2.10 Adaptor	45

2.10.1 Pengertian Adaptor	45
2.10.2 Bagian-bagian Adaptor	45
2.10.3 Macam-macam Adaptor	51
2.10.4 Rangkaian Adaptor	54
2.10.5 Pemeliharaan dan Pengecekan	56
2.10.6 Kerusakan pada Adaptor dan Cara Memperbaikinya	58
 BAB 3 METODOTOLOGI PENELITIAN	
3.1 waktu dan Tempat Penelitian	60
3.2 Metode Pengumpulan Data	60
3.3 Blok Diagram Sistem	62
3.4 Skema Keseluruhan.....	63
3.5 Proses Pembuatan.....	64
3.5.1 Alat dan Bahan	64
3.6 Flowchart.....	66
 BAB 4 IMPLEMENTASI DAN HASIL PENGUJIAN	
4.1 Implementasi	67
4.1.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras.....	67
4.2 Hasil Pengujian sistem	70
4.2.1 Hasil Pengujian Secara Keseluruhan	71
4.2.2 Hasil Pengujian Setiap Modul	72
4.2.3 Analisis Hasil Pengujian	78
4.2.4 Analisis Kelemahan Sistem	78
 BAB 5 PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	79
5.2 Saran.....	79
 DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Panel Surya Bagian Atas	10
Gambar 2.2 Panel Surya Bagian bawah	10
Gambar 2.3 Cara Kerja Sel Surya	11
Gambar 2.4 Pengaruh Radiasi Matahari Pada Kurva I-V	12
Gambar 2.5 Sel Surya <i>Mono Crystalline</i>	19
Gambar 2.6 Sel Surya <i>Poly Crystalline</i>	20
Gambar 2.7 Sel Surya <i>Thin Film</i>	21
Gambar 2.8 <i>Solar Charge Controller</i>	23
Gambar 2.9 Baterai	25
Gambar 2.10 Diagram Blok <i>Mikrokontroler MCS51 atmel</i>	28
Gambar 2.11 Blok Diagram Mikrokontroler AVR	29
Gambar 2.12 Mikrokontroler PIC	29
Gambar 2.13 Arduino Nano	30
Gambar 2.14 ARM Cortex-M0	31
Gambar 2.15 Tampilan Software Arduino IDE.....	33
Gambar 2.16 Skema LCD 16 x 2	40
Gambar 2.17 Tampilan LCD 16 x2	40
Gambar 2.18 Simbol dan Bentuk Fisik	41
Gambar 2.19 Grafik Hubungan Antara Resistansi dan Intensitas Cahaya	41
Gambar 2.20 Konstruksi Motor Servo	43
Gambar 2.21 Motor Servo X dan Servo Y	43
Gambar 2.22 Cara Pengendalian Motor Servo.....	44
Gambar 2.23 Bagian Adaptor.....	45
Gambar 2.24 Half Wave Rectifier.....	47
Gambar 2.25 Full Wave Rectifier	47
Gambar 2.26 Full Wave Bridge Rectifier	47
Gambar 2.27 Filter C.....	48

Gambar 2.28 Filter CLC	49
Gambar 2.29 Filter CRC Bertransistor	49
Gambar 2.30 Bagian Stabilizer.....	50
Gambar 2.31 Bagian Regulator	50
Gambar 2.32 Adaptor DC Converter	51
Gambar 2.33 Adaptor Step Up	52
Gambar 2.34 Adaptor Step Down	52
Gambar 2.35 Adaptor Inverter	53
Gambar 2.36 Adaptor Power Supply	53
Gambar 2.37 Rangkaian Adaptor	54
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem	62
Gambar 3.2 Skema Keseluruhan	64
Gambar 3.3 Flowchart	66
Gambar 4.1 Hasil Rancangan Alat Keseluruhan	67
Gambar 4.2 Bentuk Fisik Dari Rangkaian Arduino pada Kotak Kontrol	68
Gambar 4.3 Gambar Tampilan LCD	69
Gambar 4.4 Rangkaian Sensor LDR	69
Gambar 4.5 Bagan Teknik Pengujian Sistem.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Penentuan waktu menurut sudut.....	72
Tabel 4.2 Pengujian sensor LDR pada pergerakan servo.....	73
Tabel 4.3 Pengujian Pada Output LCD	74
Tabel 4.4 Hasil pengukuran nilai dan tegangan LDR	75
Tabel 4.5 Daya rata-rata penyerapan panel surya setiap sudut	76
Tabel 4.6 Daya penyerapan panel surya pada posisi diam.....	76
Tabel 4.7 pengujian daya pada perangkat elektronik	77

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi yang semakin canggih memungkinkan kita untuk mampu merealisasikan suatu ide atau gagasan mengenai perkembangan suatu alat yang sudah ada, serta diharapkan dapat memaksimalkan kinerja alat tersebut. memudahkan kita untuk mencari informasi dari sumber yang terpercaya.

Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi alternatif bagi pemenuhan kebutuhan listrik di indonesia sangatlah tepat mengingat letak geografis yang berada didaerh tropis dengan panas matahari tersedia sepanjang tahun. Keadaan alam indonesiayang relatif sulit dijangkau oleh jaringan listrik terpusat menyebabkan pilihan terhadap energi surya merupakan suatu keharusan (Septiadi dkk 2009).

Pemanfaatan energi matahari dapat dilakukan salah satunya dengan menggunakan panel surya. Panel surya mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik, semakin besar cahaya yang mengenai permukaan dari panel surya maka energi listrik yang didapat akan semakin besar. Namun pada saat ini kebanyakan dari pemasangan panel surya masih diletakkan hanya menghadap ke satu arah, ini mengakibatkan proses penyerapan energi yang dilakukan oleh panel surya hanya berlangsung saat matahari tepat berada di posisi panel surya diletakkan. Agar pemanfaatan dari panel surya dapat dimaksimalkan, maka dibuatlah sebuah sistem yang mampu untuk mendapatkan energi matahari secara penuh, yaitu dengan membuat panel surya dapat terus menghadap kearah

matahari. Kemudian menggunakan motor servo sebagai penggerak utama dalam mendapatkan posisi panel surya sesuai yang diinginkan. Dari hasil pengujian yang dilakukan, maka energi listrik yang mampu dihasilkan oleh panel surya dengan menggunakan sistem penggerak otomatis ini adalah 70,45Wh, sedangkan energi yang dihasilkan ketika panel surya dihadapkan hanya ke satu arah adalah 46,35Wh.

Kebanyakan panel surya dipasang permanen dengan sudut elevasi yang tetap (fixed elevating angles). Hal ini menyebabkan panel surya tersebut tidak dapat menyerap radiasi matahari secara optimal karena matahari selalu bergerak, yaitu dalam arah timur-barat (disebut gerak semu harian matahari) dan utara-selatan (disebut gerak semu tahunan matahari). Penyerapan radiasi matahari akan optimal jika arah radiasi matahari tegak lurus terhadap permukaan bidang panel surya. Oleh sebab itu, diperlukan upaya untuk mengarahkan permukaan panel surya agar selalu tegak lurus terhadap cahaya matahari. Metode untuk mengarahkan panel surya agar selalu mengikuti arah gerak matahari itu dikenal sebagai metode penjejakan arah gerak matahari (the method of tracking the sun) (Huang dkk, 2009)

Pembangkit listrik tenaga surya terdiri dari beberapa subsistem yaitu modul *photovoltaic*, *charger controller*, dan baterai. Pembangkit listrik yang berbasis kepada efek sel *photovoltaic* ini merupakan pilihan yang tepat untuk memanfaatkan sumber daya alternatif dari matahari. Namun kenyataannya, kemampuan sel surya cahaya sangat mempengaruhi banyaknya penyerapan intensitas cahaya, sehingga menghasilkan energi listrik yang besar pula. Untuk itu

di perlukannya sebuah sistem pengontrol sudut kemiringan panel agar tegak lurus dengan arah datangnya cahaya.

Sel *photovoltaic* akan memperoleh energi maksimal apabila posisi panel surya tegak lurus dengan arah datangnya cahaya. Dengan demikian, sistem yang akan dirancang bertujuan untuk menjaga posisi panel agar tetap tegak lurus dengan sumber cahaya sehingga memaksimalkan penyerapan energi matahari per satuan waktunya. Sistem yang dirancang menggunakan pengaplikasian mikrokontroler sebagai pusat pengaturan sistem.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka diperlukan perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana rancangan sistem penggerak panel surya menggunakan sensor LDR dan motor servo yang menghasilkan energi listrik?
2. Bagaimana cara kerja sensor LDR dan motor servo?
3. Bagaimana membuat panel surya bisa bergerak tegak lurus mengikuti gerak harian dan gerak semu matahari dan sensor LDR (Light Dependent Resistor)?

1.3 Batasan masalah

Agar masalah yang dibahas pada penelitian ini tidak terlalu luas, maka masalah dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Sensor yang di gunakan adalah sensor LDR (Light Dependent Resistor).
2. Sistem penggerak menggunakan motor servo dengan ukuran Mg996R
3. Sistem kontrol menggunakan mikrokontroler *arduino nano*
4. Sistem ini menggunakan LCD (Liquid Crystal Display)

1.4 Tujuan Penulisan

Penulisan laporan ini bertujuan untuk :

1. Untuk menghasilkan perancangan sistem penggerak panel surya sebagai sumber energi listrik.
2. Untuk mengetahui cara kerja sensor LDR dan motor servo yang berbasis mikrokontroler.
3. Untuk mengetahui sistem penggerak panel surya lebih efisien mengkonversi energi listrik.

1.5 Manfaat Penulisan

1. Dapat menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan sumber energi tenaga surya.
2. Dapat merancang sistem penggerak panel surya secara otomatis dengan menggunakan mikrokontroler *arduino nano*.

1.6 Metode Penelitian

Teknik pengumpulan data yang akan dilakukan ada beberapa tahap antara lain :

1. Studi literatur

Studi ini digunakan untuk mendapatkan informasi tentang teori-teori dasar dengan masalah ini di peroleh dari literatur, penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, internet, datasheet, dan buku-buku yang berhubungan dengan tugas akhir ini.

2. Perancangan sistem

Perancangan sistem merupakan tahap awal untuk mencoba memahami, menerapkan, dan menggabungkan semua literatur yang diperoleh maupun yang telah dipelajari.

3. Uji sistem

Uji sistem ini berkaitan tentang pengujian sistem.

4. Metode analisis

Metode ini merupakan pengamatan terhadap data yang diperoleh dari alat ini. Setelah itu dilakukan analisis sehingga dapat didapat kesimpulan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman maka penulis membuat skematika pembahasan bagaimana sebenarnya prinsip dari perancangan sistem penggerak panel surya, maka penulis menulis laporan ini dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, serta sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Dalam bab ini dijelaskan tentang teori dasar yang berhubungan untuk pembahasan dan peralatan yang akan dibuat, serta hal-hal yang berhubungan dengan aplikasi alat.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini membahas tentang waktu dan lokasi pengerjaan dan pembahasan tentang perancangan sistem penggerak sistem panel surya menggunakan sensor LDR dan motor servo berbasis mikrokontroler.

BAB 4 HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini memuat analisis tentang hasil penelitian yang dibahas di bab sebelumnya.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini membahas kesimpulan dari pembahasan sistem perancangan alat untuk meningkatkan hasil akhir yang lebih baik diberikan saran-saran terhadap hasil pembuatan skripsi.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Sel Surya/Solar Cell

2.1.1 Pengertian Sel Surya

Sel surya adalah kumpulan sel *photovoltaic* yang dapat mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Ketika memproduksi panel surya, produsen harus memastikan bahwa sel-sel surya saling terhubung secara elektrik antar satu dengan yang lain pada sistem tersebut. Sel surya juga perlu dilindungi dari kelembaban dan kerusakan mekanis karena hal ini dapat merusak efisiensi panel surya secara signifikan, dan menurunkan masa pakai dari yang diharapkan (Zahaedi.A.1998).

Sel surya sangat mudah dalam hal pemeliharaan karena tidak ada bagian yang bergerak. Satu-satunya hal yang harus di khawatirkan adalah memastikan untuk menyingkirkan segala hal yang dapat menghalangi sinar matahari ke panel surya tersebut (Septiadi, 2009).

Para ahli menyadari bahwa panas dan cahaya yang di pancarkan oleh matahari dapat dijadikan sumber energi untuk mempermudah kehidupan manusia. Pemanfaatan energi matahari yang paling sederhana adalah dengan cara langsung, yaitu panasnya digunakan untuk mengeringkan sesuatu, seperti menjemur pakain, bahan makanan (ikan dan kerupuk), dan mengeringkan air laut dalam proses pembuatan garam. Pemanfaatan energi surya yang amat melimpah akan semakin efektif bila pancaran energi itu tidak hanya digunakan secara langsung, namun juga disimpan

untuk digunakan pada saat matahari tidak bersinar. Termasuk bila memungkinkan, digunakan sebagai sumber energi pada peralatan-peralatan yang bertujuan mempermudah hidup manusia. Untuk dapat melakukan hal ini, di perlukan suatu materi atau bahan yang dapat menyerap panas dan cahaya matahari (*photovoltaic effect*), yang selanjutnya terubung dengan peralatan penyimpanan. Prinsip inilah yang mendasari terciptanya sel surya sederhana oleh ilmuwan Prancis Edmond Becquerel. Selanjutnya temuan ini di sempurnakan menjadi sel surya yang sangat efisien oleh Daryl Chapin., Calvin Souther Fuller dan Gerald Pearson pada tahun 1954 (Mediastika, 2013: 16).

Dalam artian yang luas, sumber energi surya atau tenaga matahari bukan hanya terdiri atas pancaran matahari langsung kebumi, melainkan juga meliputi efek-efek matahari tidak langsung, seperti tenaga angin, tenaga air, panas laut, dan bahkan termasuk biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi (Kadir, 1995: 15). Berap besar jumlah energi yang dikeluarkan oleh matahari sukar dibayangkan. Menurut salah satu perkiraan, inti sang surya yang merupakan suatu tungku termonuklir bersuhu 100 juta derajat celsius tiap detik mengkonversi 5 ton materi menjadi energi yang dipancarkan ke angkasa luas sebanyak $6,41 \cdot 10^{27} \text{ W/m}^2$. Sang surya memang merupakan suatu bintang yang istimewa. Ia mempunyai radius sebesar $6,96 \cdot 10^5 \text{ km}$ dan terletak rata-rata sejauh $1,496 \cdot 10^8 \text{ km}$ dari bumi (Kadir, 1995: 15).

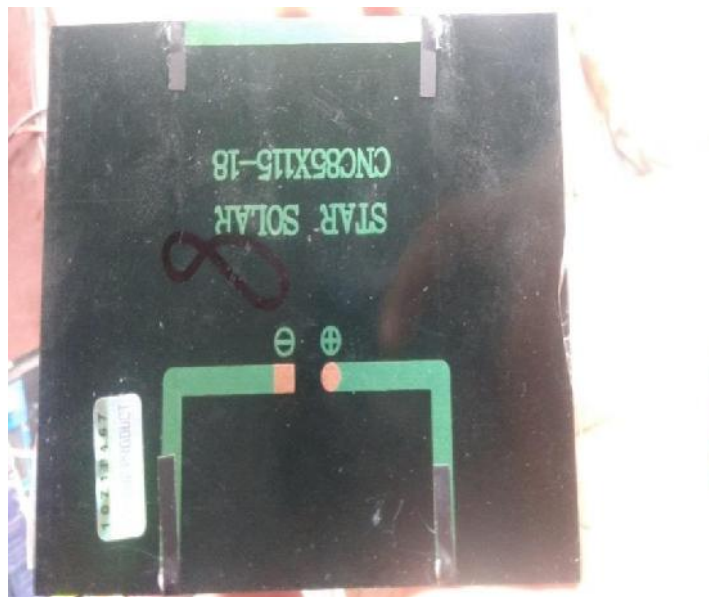
Secara sederhana, proses pembentukan energi listrik pada sebuah sel surya adalah sebagai berikut:

1. Foton dari cahaya matahari menyinari panel surya kemudian di serap oleh material semikonduktor seperti silikon.
2. Elektron (muatan negatif) terlempar keluar dari atomnya, sehingga mengalir melalui material semikonduktor untuk menghasilkan listrik. Mengalir dengan arah yang berlawanan dengan elektron pada panel surya silikon.
3. Susunan beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik DC, yang nantinya akan disimpan dalam suatu tempat yang dinamakan baterai.
4. Daya listrik DC tidak dapat langsung digunakan pada rangkain listrik rumah atau bangunan sehingga harus mengubah daya listriknya menjadi daya listrik AC. Dengan menggunakan konverter maka daya listrik DC dapat berubah menjadi daya listrik AC sehingga dapat dimanfaatkan untuk memenuhi keperluan listrik.

Jenis panel surya yang banyak di gunakan adalah panel surya *poly crytalline silicon* atau biasa dikenal polysilicon, terbuat dari kristal silicon yang di cairkan, kemudian di tuangkan kedalam cetakan berbentuk persegi. Jenis panel surya ini berbentuk persegi yang terdiri dari beberapa sel surya yang disusun secara rapat dan tidak ada ruangan kosong yang. Bentuk fisik dari panel surya terdiri bagian atas dan bagian bawah . bagian atas dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1. Panel Surya bagian atas
(Sumber : Penulis, 2020)

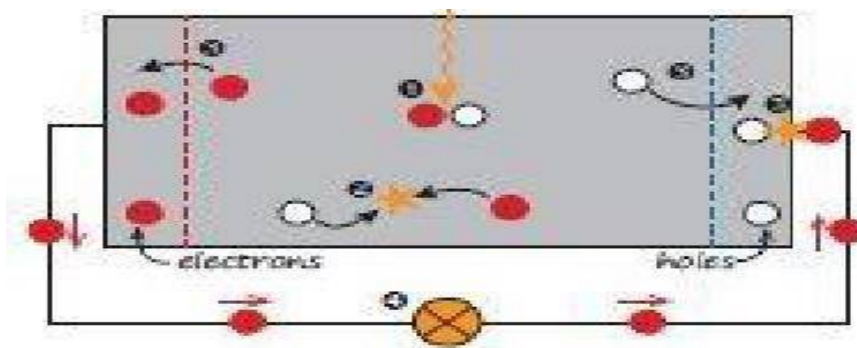


Gambar 2.2. Panel Surya bagian bawah
(Sumber : Penulis, 2019)

2.1.2 Prinsip Kerja Panel Surya

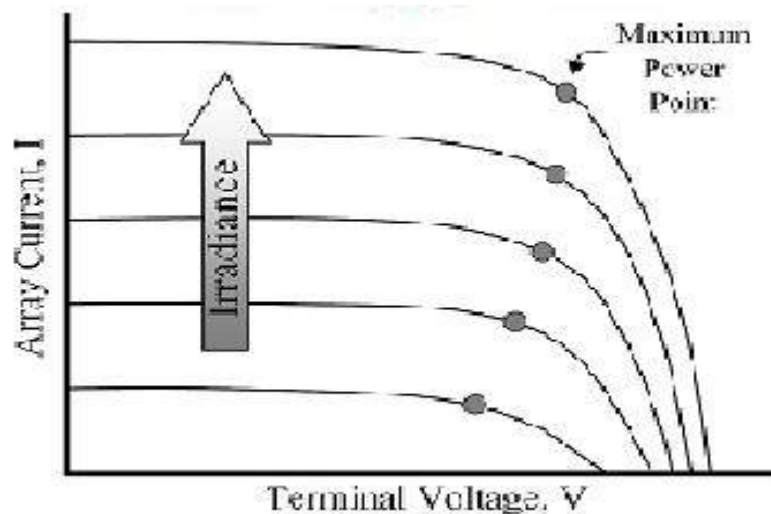
Pada perubahan atau konversi cahaya matahari terjadi saat cahaya matahari mengenai permukaan sel surya yang di sebut *photoelectric*. Proses *photoelectric* terjadi karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semi konduktor yang terdiri dari dua jenis semikonduktor yaitu lapisan tipe *negative* (n) dan latihan *positive* (p) yang tereksitasi dan menimbulkan aliran listrik karena foton yang terkandung dalam energi matahari pada permukaan sel surya.

Klaus Jager, dkk. (2014) menambahkan bahwa biasanya pasangan elektron lubang akan berkombinasi ulang. Energi kemudian akan dilepaskan baik sebagai *photon* atau berpindah ke elektron lain atau lubang atau getaran kisi. Jika suatu energi yang tersimpan pada pasangan elektron-lubang ingin digunakan untuk melakukan pekerjaan pada sebuah sirkuit eksternal, membran semipear-meable harus hadir pada kedua sisi dari penyerap, sehingga elektron hanya dapat mengalir melalui satu membran dan lubang hanya dapat mengalir membran yang lainnya. Membran ini terbentuk oleh tegangan *n-type* material.



Gambar 2.3 Cara kerja sel surya
(Sumber : Jager, 2014)

Gunawan, dkk (2015) menjelaskan bahwa radiasi matahari akan mempengaruhi arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sel surya. Semakin tinggi radiasi matahari maka semakin tinggi pula arus dan tegangan yang dihasilkan. Hubungan antara radiasi matahari dan *output* sel surya yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.4 Pengaruh radiasi matahari pada kurva I-V
(Sumber : Gunawan, 2015)

2.1.3 Pemanfaatan Panel Surya

Gelombang yang timbul akibat medan listrik dan medan magnet disebut gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik yang terlihat oleh pancaindera manusia adalah cahaya dengan panjang gelombang berkisar pada 300-700 nm (nanometer). Gelombang diatas panjang gelombang 700 nm adalah inframerah dan dibawah 300 nm adalah ultraviolet. Manusia telah banyak memanfaatkan energi yang terdapat pada gelombang elektromagnetik sejak dahulu kala. Tapi pemahaman tentang gelombang ini sendiri baru dapat di analisis oleh kita sekitar abad 10.

Seiring perkembangan zaman, pemanfaatan gelombang elektromagnetik oleh manusia semakin banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari sesuai dengan perkembangan pemahaman tentang gelombang ini sendiri. Nama –nama seperti Isaac Newton dengan Hypothesis of Light, Christian Huygens dengan teori rambat gelombang. Faraday dengan teori elektromagnetik, James Clerk Maxwell yang berhasil memperbaiki teori kuantum, Albert Einstein dan Louis de Broglie yang menyatakan bahwa cahaya adalah bentuk partikel dan gelombang dengan teori dualitas partikel-gelombang telah memberikan kontribusi yang besar dalam memanfaatkan gelombang elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari. Dan dengan melihat dari segi pemanfaatannya maka dapat dilihat bahwa sel surya memiliki banyak aplikasi. Mereka terutama cocok untuk digunakan bila tenaga listrik dari grid tidak tersedia, seperti di wilayah terpencil, satelit pengorbit, kalkulator genggam, pompa air, dll. Sel surya (dalam bentuk modul atau panel surya) dapat dipasang di atap gedung dimana mereka berhubungan dengan inverter ke grid listrik dalam sebuah pengaturan net metering.

2.1.4 Prinsip dasar teknologi *solar cell* (*photovoltaic*) dari bahan silicon

Solar cell merupakan suatu perangkat semikonduktor yang menghasilkan listrik jika diberikan sejumlah energi listrik cahaya. Proses penghasilan energi listrik terjadi jika pemutusan ikatan elektron pada atom-atom yang tersusun dalam Kristal semikonduktor ketika di berikan sejumlah energi.

2.1.5 Semikonduktor dan Sel Surya

Semikonduktor adalah sebuah elemen yang memiliki kemampuan listrik diantara sebuah konduktor dan isolator Sel surya adalah suatu perangkat yang

memiliki kemampuan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan mengikuti prinsip photovoltaic, adanya energi dari cahaya (foton) pada panjang gelombang tertentu akan mengeksitasi sebagian elektron pada suatu material ke pita energi yang ditemukan oleh Alexandre Edmond Becquerel (Belgia) pada 1839. Efek ini dapat timbul terutama pada semikonduktor listrik yang memiliki konduktivitas menengah dikarenakan sifat elektron di dalam material yang terpisah dalam pita-pita energi tertentu yang disebut pita konduksi dan pita valensi. Kedua pita energi tersebut berturut-turut dari yang berenergi lebih rendah adalah pita valensi dan pita konduksi, sedangkan keadaan tanpa elektron disebut dengan celah pita. Celah pita ini besarnya berbeda-beda untuk setiap material semikonduktor, tapi disyaratkan tidak melebihi 3 atau 4 eV ($1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$).

Berdasarkan teori Maxwell tentang radiasi elektromagnetik, cahaya dapat dianggap sebagai spektrum gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda. Pendekatan yang berbeda dijabarkan oleh Einstein bahwa efek *photovoltaic* mengindikasikan cahaya merupakan partikel diskrit atau quanta energi. Dualitas cahaya sebagai partikel dan gelombang dirumuskan dengan persamaan :

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \dots\dots\dots (\text{Rumus 2.1 Dualitas cahaya})$$

$$\begin{aligned} h \cdot c &= (6,6256 \times 10^{-34} \text{ Js}) (2,9979 \times 10^8 \text{ m/s}) \\ &= 1,9863 \times 10^{-26} \text{ Jm} \end{aligned}$$

2.1.6 Proses Konversi Sel Surya

Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor, yakni jenis n dan jenis p. Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, (n = negatif). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p (p = positif) karena kelebihan muatan positif.

Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Di dalam semikonduktor alami ini, electron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau hole dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor. Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda p-n. Istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi (metallurgical junction) yang dapat digambarkan sebagai berikut.

1. Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung.
2. Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor n menuju semikonduktor p, dan perpindahan hole dari semikonduktor p menuju semikonduktor n. Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan hole pada semikonduktor p yang mengakibatkan jumlah hole pada semikonduktor p akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan negatif. Pada

saat yang sama. hole dari semikonduktor p bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor n yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.

3. Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (depletionregion) ditandai dengan huruf W.
4. Baik elektron maupun hole yang ada pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (minority charge carriers) Karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeda.
5. Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal E dari sisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali hole ke semikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n. Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi.
6. Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan pn berada pada titik setimbang, yakni saat di mana jumlah hole yang berpindah dari semikonduktor p ke n dikompensasi dengan jumlah hole yang tertarik kembali kearah semikonduktor p akibat medan listrik E. Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor n ke p, dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke semikonduktor n akibat tarikan medan listrik E.

Pada sambungan p-n inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Untuk keperluan sel surya, semikonduktor n berada pada

lapisan atas sambungan p yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor p, sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor p.

Cahaya matahari dan panjang gelombang (dilambangkan dengan symbol "lambda" sebagian di gambar atas) yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan pn berada pada bagian sambungan pn yang berbeda pula. Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor p yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor n. Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan pn terdapat medan listrik E, elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor n, begitu pula dengan hole yang tertarik ke arah semikonduktor p.

Apabila rangkaian kabel dihubungkan ke dua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.

Untuk mengetahui daya yang dihasilkan dari solar cell pada saat pengisian baterai langsung digunakan rumus Daya :

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan : P = daya (dalam watt ,W)
V = ggl (dalam volt, V)
I = arus (dalam Ampere, A)

2.1.7 Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi

Konstanta radiasi matahari sebesar 1353 W/m² dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang-gelombang pendek (ultraviolet) sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau pancaran oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipancarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yang disebut sebagai radiasi sebaran.

2.1.8 Pengaruh Sudut Datang terhadap Radiasi yang diterima

Besarnya radiasi yang diterima *solar cell* / panel surya dipengaruhi oleh sudut datang (angle of incidence) yaitu sudut antara arah sinar datang dengan komponen tegak lurus bidang panel. Panel surya akan mendapat radiasi matahari maksimum pada saat matahari tegak lurus dengan bidang panel. Pada saat arah matahari tidak tegak lurus dengan bidang panel atau membentuk sudut Θ maka panel akan menerima radiasi lebih kecil dengan faktor $\cos \Theta$, dengan rumus sudut terhadap radiasi

r

$$I_r = I_{r0} \cos \Theta \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana : I_r = Radiasi yang diserap panel

I_{r0} = Radiasi yang mengenai panel

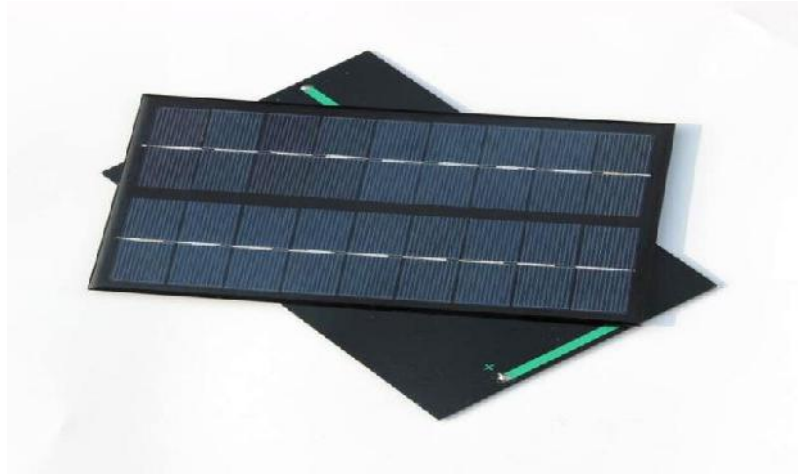
θ = Sudut antara sinar datang

2.1.9 Jenis Panel Surya

Ada beberapa jenis panel surya yang dijual dipasaran

1. *Mono Crystalline*

Jenis panel surya ini terbuat dari batangan kristal silikon murni yaitu di iris tipis-tipis, sehingga dapat menghasilkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain dan berkinerja lebih tinggi. Panel surya ini adalah suatu jenis yang paling efisien dibandingkan dengan jenis panel surya yang lainnya, efisiensinya sekitar 15%- 20%. Mahalnya harga kristal silikon murni dan teknologi yang digunakan, menyebabkan mahalnya harga jenis panel surya ini dibandingkan jenis panel surya yang lain di pasaran. Kelemahannya, panel surya jenis ini jika di susun membentuk *solar modul* (panel surya) akan menyisakan banyak ruangan yang kosong karena sel surya seperti ini umumnya berbentuk segi enam atau bulat, tergantung dari bentuk batangan kristal silikonnya.



Gambar 2.5 Sel Surya *Mono crystalline*
(Sumber : Penulis, 2020)

2. *Poly crystalline*

Jenis panel surya ini terbuat di beberapa batang kristal silikon yang dilebur/dicairkan kemudian di tuangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak sempurna pada panel surya *monocrystalline*, karenanya panel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama lain dan efisiensinya lebih rendah, sekitar 13% - 16%. Tampilannya berbentuk seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya. Bentuknya yang persegi, jika disusun membentuk panel surya, akan rapat dan tidak akan ada ruangan kosong yang sia-sia seperti susunan panel surya *monocrystalline*. Proses pembuatannya lebih mudah dibandingkan *monocrystalline*, karena memiliki harga yang murah sehingga banyak orang meminatinya.



Gambar 2.6 Sel Surya *poly crystalinne*
(Sumber: Penulis, 2019)

3. *Thin Film*

Jenis panel surya ini di produksi dengan menambahkan satu atau beberapa lapisan material panel surya yang tipis kedalam lapisan dasar. Panel surya jenis ini sangat tipis karenanya sangat ringan dan fleksibel. Jenis panel surya ini dikenal dengan nama TFPV (*Thin Film Photovoltaic*)



Gambar 2.7 Sel Surya *Thin Film*
(Sumber: Nur Fitryah, 2015)

Berdasarkan materialnya, panel surya *Thin Film* ini di golongkan menjadi :

a. *Amorphous silicon (a-Si) solar cells*

Panel surya dengan bahan *Amorphous silicon* ini, awalnya banyak di terapkan pada kalkulator dan jam tangan. Namun sejalan dengan perkembangan teknologi pembuatannya penerapannya menjadi semakin meluas. Dengan teknik produksi yang disebut “stackin” (susun lapis), dimana beberapa lapis *Amorphous silicon* ditumpuk membentuk Panel surya, akan memberikan efisiensi yang lebih baik antara 6% - 8%.

b. *Cadmine telluride (CdTe) solar cells*

Panel surya jenis ini mengandung bahan *Cadmine telluride* yang memiliki efisiensi lebih tinggi dari sel surya *Amorphous silicon*, yaitu sekitar 9% -11%.

c. *cooper indium gallium silinide (CIGS) solar cells*

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

2.2 *Solar Charge Controller*

Solar charge controller adalah sebuah komponen yang didalam sistem PLTS berfungsi sebagai pengatur arus listrik (*current Regulator*) baik terhadap arus yang masuk dari panel PV maupun arus beban keluar / digunakan. Bekerja untuk menjaga

baterai dari pengisian yang berlebihan (*Over Charge*), ini mengatur tegangan dan arus panel surya ke baterai.

Sebagian besar solar PV 12 Volt menghasilkan tegangan keluar (V-Out) sekitar DC, jadi jika tidak ada peraturan, baterai akan rusak dari pengisian tegangan yang berlebihan yang umumnya baterai 12 volt membutuhkan tegangan pengisian (sekitar 13-14,8 volt tergantung tipe baterai).



Gambar 2.8 Solar Charge Controller
(Sumber : Penulis, 2020)

2.2.1 Fungsi dan fitur Solar charge Controller

1. Pada saat tegangan pengisian di baterai telah mencapai keadaan penuh, maka *solar charge controller* akan menghentikan arus listrik yang masuk kedalam baterai untuk mencegah over charge, dengan demikian ketahanan baterai akan jauh lebih tahan lama. Didalam kondisi ini, listrik

yang sudah tersupply dari panel surya akan langsung terdistribusi ke beban / peralatan listrik dalam jumlah tertentu sesuai dengan konsumsi daya peralatan listrik.

2. Saat voltase di baterai dalam keadaan hampir kosong, maka *solar charge controller* berfungsi menghentikan pengambilan arus listrik dari baterai oleh beban / peralatan listrik. Dalam kondisi voltase tertentu (umumnya sekitar 10% sisa voltase di baterai), maka pemutusan arus beban dilakukan oleh *solar charge controller*. Hal ini menjaga baterai dan mencegah kerusakan pada sel-sel baterai. Pada kebanyakan model controller, indikator lampu akan menyala dengan warna tertentu (umumnya berwarna merah atau kuning) yang menunjukkan bahwa baterai dalam proses charging. Dalam kondisi ini, bila sisa arus dibawah baterai kosong (dibawah 10%), maka pengambilan arus listrik dari baterai akan di putus oleh controller, maka peralatan listrik / beban tidak dapat beroperasi.
3. Pada *solar charge controller* tipe-tipe tertentu dilengkapi dengan digital meter dengan indikator yang lebih lengkap, untuk memonitor berbagai macam kondisi yang terjadi pada sistem PLTS dapat terdeteksi dengan baik.

Dalam charging mode, umumnya baterai diisi dengan metode three stage charging :

- a. Fase bulk : baterai akan di charge sesuai dengan tegangan setup (bulk- antara 13,4 – 14,8 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel

surya. Pada saat baterai sudah pada tegangan setup (bulk) dimulailah fase absorption.

- b. Fase absorption : pada fase ini tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan bulk, sampai solar *solar charge controller* timer (umumnya satu jam) tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.
- c. Fase float : baterai akan di jaga pada tegangan float settings (umumny 13,4 – 13,7 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya / solar cell pada stage ini.

2.3 Baterai

Baterai (*Battery*) adalah sebuah alat yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi Listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat Elektronik. Hampir semua perangkat elektronik yang portabel seperti Handphone, Laptop, Senter, ataupun Remote Control menggunakan Baterai sebagai sumber listriknya. Dengan adanya Baterai, kita tidak perlu menyambungkan kabel listrik untuk dapat mengaktifkan perangkat elektronik kita sehingga dapat dengan mudah dibawa kemana-mana. Dalam menjalani kehidupan kita sehari-hari, kita dapat menemukan dua jenis Baterai yaitu Baterai yang hanya dapat dipakai sekali saja (Single Use) dan Baterai yang dapat di isi ulang (Rechargeable).



Gambar 2.9 baterai
(Sumber : Penulis, 2020)

2.4 Mikrokontroler

2.4.1 Pengertian Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Didalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input-output. Mikrokontroler adalah salah satu dari bagian dasar dari suatu sistem komputer. Meskipun mempunyai bentuk yang jauh lebih kecil dari suatu komputer pribadi dan komputer mainframe, mikrokontroler dibangun dari elemen-elemen dasar yang sama. Secara sederhana, komputer akan menghasilkan output spesifik berdasarkan inputan yang diterima dan program yang dikerjakan.

Seperti pada umumnya komputer, mikrokontroler adalah alat yang mengerjakan instruksi/perintah yang diberikan kepadanya. Artinya, bagian terpenting dan utama dari suatu sistem komputerisasi adalah program itu sendiri yang dibuat oleh seorang

programmer. Program ini memerintahkan komputer untuk melakukan jalinan yang panjang dari aksi-aksi yang sederhana untuk melakukan tugas yang lebih kompleks yang diinginkan oleh programmer.

Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta dapat dikendali dengan program-program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data.

2.4.2 Pemanfaatan Mikrokontroler

Mikrokontroler ada pada perangkat elektronik disekeliling kita, Misalnya : handphone, MP3 player, DVD, televisi, AC, dll. Mikrokontroler ini juga dapat digunakan untuk keperluan mengendalikan robot, baik robot mainan maupun robot industri. Mikrokontroler juga digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, remote control, mesin kantor, peralatan rumahtangga, alat berat dan mainan. Dengan penggunaan mikrokontroler ini, maka

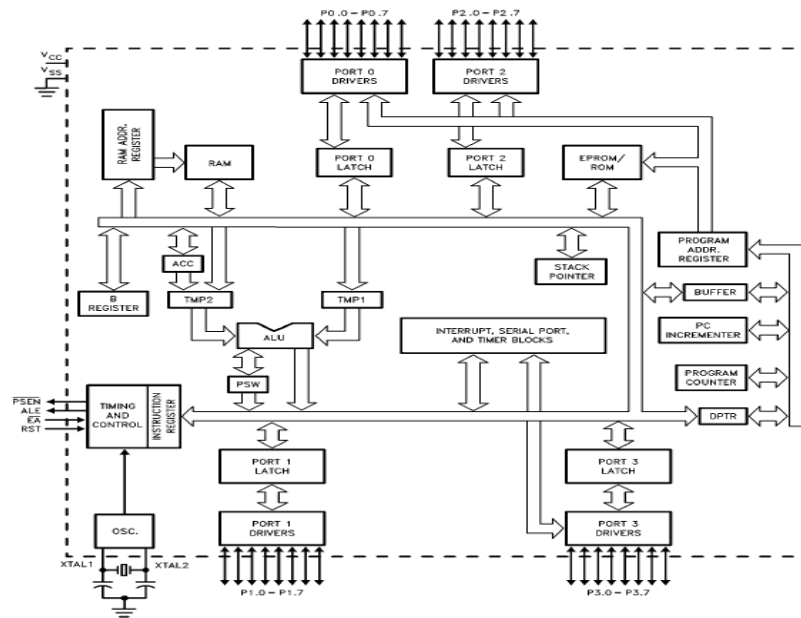
1. Sistem elektronik akan lebih ringkas
2. Rancang bangun sistem elektronik akan lebih cepat karena sebagian besar dari sistem adalah perangkat lunak yang mudah dimodifikasi
3. Pencarian gangguan lebih mudah ditelusuri karena sistemnya yang kompak.
4. Untuk merancang sebuah sistem berbasis mikrokontroler, kita memerlukan perangkat keras dan perangkat lunak, yaitu:
 - a) Prosesor, yaitu mikrokontroler itu sendiri.

- b) Rangkaian reset agar mikrokontroler dapat menjalankan program mulai dari awal.
- c) Rangkaian clock, yang digunakan untuk memberi detak pada CPU.
- d) Rangkaian catu daya, yang digunakan, untuk memberi sumber daya.

2.4.3 Jenis-jenis mikrokontroler

1. Keluarga

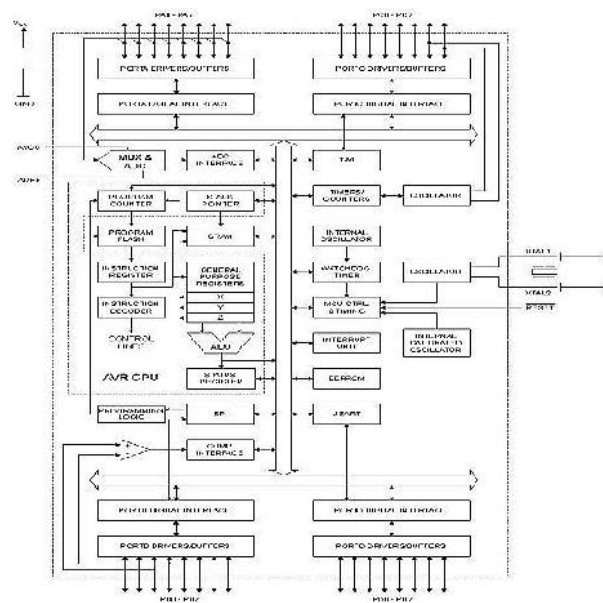
Mikrokontroler ini termasuk dalam keluarga mikrokontroler CISC. Salah satu kemampuan dari mikrokontroler ini adalah pemasangan sebuah mesin pemroses boolean yang mengizinkan operasi logika boolean tingkatan bit dapat dilakukan secara langsung dan secara efisien dalam register internal dan RAM.



Gambar 2.10 *Diagram blok Mikrokontroler MCS51 Atmel*
(Sumber : Gabriel Wambrauw, 2014)

2. AVR

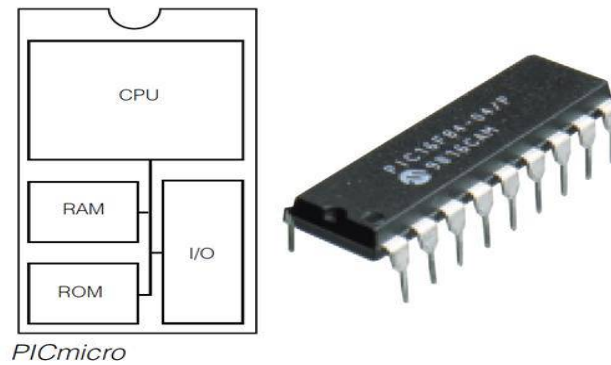
Mikrokontroler Alv and Vegard's Risc processor atau sering di singkat AVR merupakan mikrokontroler RISC 8 bit. Secara umum, AVR dapat dikelompokan dalam 4 kelas yaitu ATTiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx.



Gambar 2.11 Blok Diagram Mikrokontroler AVR
(Sumber : Gabriel Wambrauw, 2014)

3. PIC

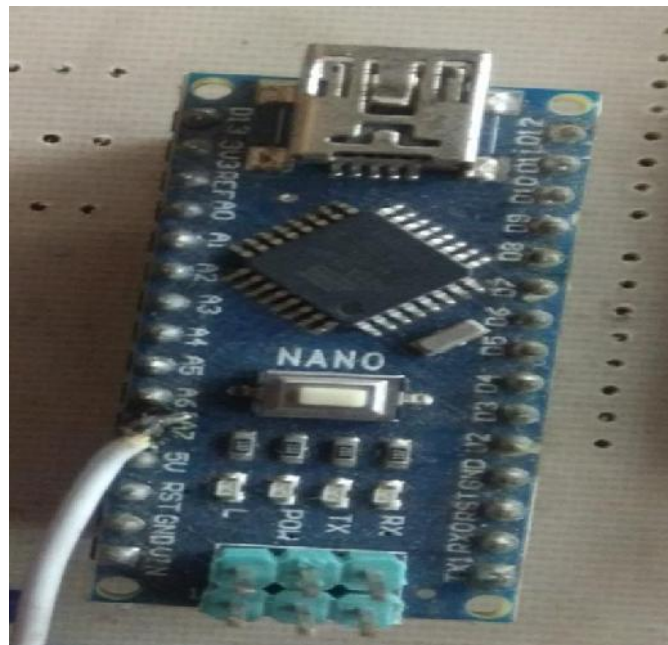
PIC termasuk keluarga mikrokontroler berarsitektur Harvard yang dibuat oleh Microchip Technology. PIC ini juga memiliki biaya rendah, ketersediaan dan penggunaannya yang luas, database aplikasi yang besar, serta pemrograman (dan pemrograman ulang) melalui hubungan serial pada komputer.



Gambar 2.12 Mikrokontroler PIC
(Sumber : Gabriel Wambrauw, 2014)

4. Arduino Nano

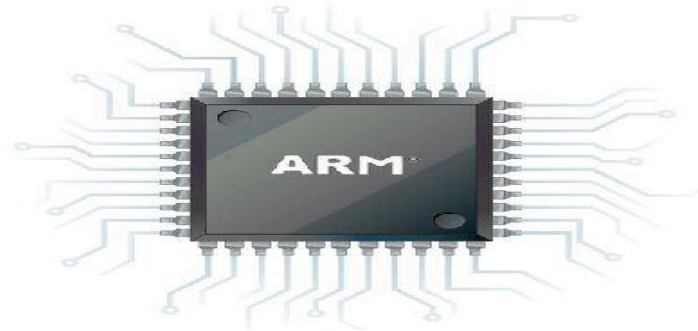
Arduino adalah bit elektronik atau papan rangkain elektronik *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu, sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel.



Gambar 2.13 Arduino nano
(Sumber : Penulis, 2020)

5. ARM Cortex-M0

ARM adalah prosesor dengan arsitektur set intruksi 32bit RISC (Reduced Instruction Set Computer) yang dikembangkan oleh ARM Holdings. ARM merupakan singkatan dari advanced RISC Machine (sebelumnya lebih kenal dengan kepanjangan Acorn RISC Machine).



Gambar 2.14 ARM Cortex-M0
(Sumber : Gabriel Wambrauw, 2014)

2.5 Mikrokontroler Arduino

2.5.1 Pengertian Arduino

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* didalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (Integrated Circuit) yang bisa diprogram menggunakan komputer.

Secara umum, Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu :

1. Hardware berupa papan input/output (I/O) yang *open source*.
2. Software arduino yang juga *open source*, meliputi software arduino IDE untuk menulis program dan *driver* untuk koneksi dengan komputer.

2.5.2 Kelebihan Arduino

Kelebihan yang dimiliki arduino adalah sebagai berikut :

1. Murah
2. Sederhana dan mudah pemrogramannya
3. Perangkat lunaknya *open house*
4. Perangkat kerasnya *open source*
5. Tidak perlu perangkat chip programmer
6. Sudah memiliki sarana komunikasi *USB*
7. Bahasa pemrograman relatif mudah
8. Memiliki modul siap pakai (shield) yang bisa ditancapkan pada board Arduino.

2.6 Arduino IDE

IDE itu merupakan kependekan dari *Integrated Development Environment*, atau secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui software inilah Arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dibenamkan melalui sintaks pemrograman.

Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino (*Sketch*) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program

bernama *Bootlader* yang berfungsi sebagai penengah antara *compiler* Arduino dengan mikrokontroler.

Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE juga dilengkapi dengan library C/C++ yang biasa disebut *Wiring* yang membuat operasi input dan output menjadi lebih mudah. Arduino IDE ini dikembangkan dari software Processing yang dirombak menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman dengan Arduino.

Program yang ditulis dengan menggunakan Arduino Software (IDE) disebut sebagai *sketch*. Sketch ditulis dalam suatu editor teks dan disimpan dalam file dengan ekstensi *.ino*. Teks editor pada Arduino Software memiliki fitur seperti *cutting/paste* dan *seraching/replacing* sehingga memudahkan kamu dalam menulis kode program.

Pada Software Arduino IDE, terdapat semacam *message box* berwarna hitam yang berfungsi menampilkan status, seperti pesan *error*, *compile*, dan *upload* program. Di bagian bawah paling kanan Software Arduino IDE, menunjukkan board yang terkonfigurasi beserta COM Ports yang digunakan.



Gambar 2.15 Tampilan Software Arduino IDE

(Sumber: Penulis, 2020)

Ada beberapa fungsi dari *icon* pada tampilan Software Arduino IDE, dimulai dari kiri atas hingga kanan atas adalah sebagai berikut:

1. *Verify* berfungsi untuk melakukan checking kode yang kamu buat apakah sudah sesuai dengan kaidah pemrograman yang ada atau belum.
2. *Upload* berfungsi untuk melakukan kompilasi program atau kode yang kamu buat menjadi bahasa yang dapat dimengerti oleh mesin alias si Arduino.
3. *New* berfungsi untuk membuat *Sketch* baru
4. *Open* Berfungsi untuk membuka *sketch* yang pernah dibuat dan membuka kembali untuk dilakukan editing atau sekedar upload ulang ke Arduino.
5. *Save* Berfungsi untuk menyimpan *Sketch* yang telah dibuat.
6. *Serial Monitor* Berfungsi untuk membuka serial monitor. Serial monitor disini merupakan jendela yang menampilkan data apa saja yang dikirimkan

atau dipertukarkan antara arduino dengan sketch pada port serialnya. Serial Monitor ini sangat berguna sekali ketika kamu ingin membuat program atau melakukan *debugging* tanpa menggunakan LCD pada Arduino. Serial monitor ini dapat digunakan untuk menampilkan nilai proses, nilai pembacaan, bahkan pesan error.

Ada beberapa Menu- Menu serta fungsi yang ada pada Jendela Tampilan Arduino IDE. Adapun fungsi – fungsi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menu *File* terdiri dari beberapa menu didalamnya. Menu ini memiliki fungsi masing-masing sebagai berikut:
 - a. *New*, berfungsi untuk membuat membuat sketch baru dengan bare minimum yang terdiri void setup() dan void loop().
 - b. *Open*, berfungsi membuka sketch yang pernah dibuat di dalam drive.
 - c. *Open Recent*, merupakan menu yang berfungsi mempersingkat waktu pembukaan file atau sketch yang baru-baru ini sudah dibuat.
 - d. *Sketchbook*, berfungsi menunjukkan hirarki *sketch* yang kamu buat termasuk struktur foldernya.
 - e. *Example*, berisi contoh-contoh pemrograman yang disediakan pengembang Arduino, sehingga kamu dapat mempelajari program-program dari contoh yang diberikan.
 - f. *Close*, berfungsi menutup jendela Arduino IDE dan menghentikan aplikasi.
 - g. *Save*, berfungsi menyimpan *sketch* yang dibuat atau perubahan yang dilakukan pada *sketch*

- h. *Save as*, berfungsi menyimpan *sketch* yang sedang dikerjakan atau *sketch* yang sudah disimpan dengan nama yang berbeda.
- i. *Page Setup*, berfungsi mengatur tampilan page pada proses pencetakan.
- j. *Print*, berfungsi mengirimkan file *sketch* ke mesin cetak untuk dicetak.
- k. *Preferences*, disini kam dapat merubah tampilan *interface* IDE Arduino.
- l. *Quit*, berfungsi menutup semua jendela Arduino IDE. *Sketch* yang masih terbuka pada saat tombol *Quit* ditekan, secara otomatis akan terbuka pada saat Arduino IDE dijalankan.
- m. Menu *Edit* terdiri dari beberapa menu didalamnya. Adapun fungsi dari menu- menu tersebut adalah sebagai berikut.
- n. *Undo/Redo*, berfungsi untuk mengembalikan perubahan yang sudah dilakukan pada *Sketch* beberapa langkah mundur dengan *Undo* atau maju dengan *Redo*.
- o. *Cut*, berfungsi untuk *remove* teks yang terpilih pada editor dan menempatkan teks tersebut pada *clipboard*.
- p. *Copy*, berfungsi menduplikasi teks yang terpilih kedalam editor dan menempatkan teks tersebut pada *clipboard*.
- q. *Copy for Forum*, berfungsi melakukan *copy* kode dari editor dan melakukan *formatting* agar sesuai untuk ditampilkan dalam forum,

sehingga kode tersebut bisa digunakan sebagai bahan diskusi dalam forum.

- r. *Copy as HTML*, berfungsi menduplikasi teks yang terpilih kedalam editor dan menempatkan teks tersebut pada *clipboard* dalam bentuk atau format HTML. Biasanya ini digunakan agar code dapat *diembedddkan* pada halaman web.
- s. *Paste*, berfungsi menyalin data yang terdapat pada *clipboard*, kedalam editor.
- t. *Select All*, berfungsi untk melakukan pemilihan teks atau kode dalam halaman editor.
- u. *Comment/Uncomment*, berfungsi memberikan atau menghilangkan tanda // pada kode atau teks, dimana tanda tersebut menjadikan suatu baris kode sebagai komen dan tidak disertakan pada tahap kompilasi.
- v. *Increase/Decrease Indent*, berfungsi untuk mengurangi atau menambahkan indetntasi pada baris kode tertentu. Indentasi adalah “tab”.
- w. *Find*, berfungsi memanggil jendela window *find and replace*, dimana kamu dapat menggunakannya untuk menemukan variabel atau kata tertentu dalam program atau menemukan serta menggantikan kata tersebut dengan kata lain.
- x. *Find Next*, berfungsi menemukan kata setelahnya dari kata pertama yang berhasil ditemukan.

- y. *Find Previous*, berfungsi menemukan kata sebelumnya dari kata pertama yang berhasil ditemukan.
- z. Menu *Sketch* terdiri dari beberapa menu didalamnya. Adapun fungsi dari menu- menu tersebut adalah sebagai berikut.
 - 1). *Verify/Compile*, berfungsi untuk mengecek apakah *sketch* yang kamu buat ada kekeliruan dari segi sintaks atau tidak. Jika tidak ada kesalahan, maka sintaks yang kamu buat akan dikompilasi kedalam bahasa mesin.
 - 2). *Upload*, berfungsi mengirimkan program yang sudah dikompilasi ke Arduino Board.
 - 3). *Uplad Using Programmer*, menu ini berfungsi untuk menuliskan *bootloader* kedalam IC Mikrokontroler Arduino. Pada kasus ini kamu membutuhkan perangkat tambahan seperti *USBAsp* untuk menjembatani penulisan program *bootloader* ke IC Mikrokontroler.
 - 4). *Export Compiled Binary*, berfungsi untuk menyimpan file dengan ekstensi *.hex*, dimana file ini dapat disimpan sebagai arsip untuk di upload ke board lain menggunakan tools yang berbeda.
 - 5). *Show Sketch Folder*, berfungsi membuka folder *sketch* yang saat ini dikerjakan.
 - 6). *Include Library*, berfungsi menambahkan library/pustaka kedalam *sketch* yang dibuat dengan menyertakan sintaks

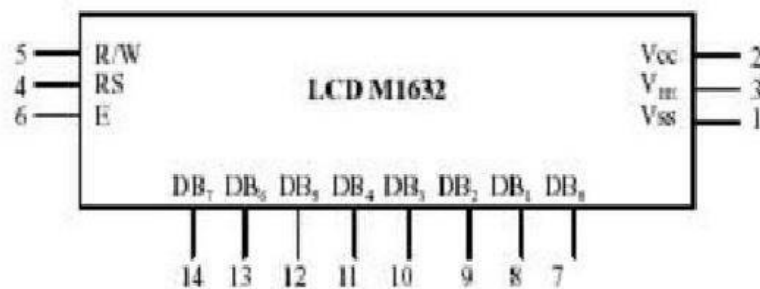
#include di awal kode. Selain itu kamu juga bisa menambahkan library eksternal dari file zip kedalam Arduino IDE.

- 7) *Add File*, berfungsi untuk menambahkan file kedalam *sketch* arduino (file akan dikopikan dari drive asal). File akan muncul sebagai tab baru dalam jendela *sketch*.
- 8) Menu *Tools*, berfungsi sebagai perangkat yang membantu dalam mengolah data.
- 9) *Auto Format*, berfungsi melakukan pengatran format kode pada jendela editor
- 10) *Archive Sketch*, berfungsi menyimpan sketch kedalam file zip
- 11) *Fix Encoding & Reload*, berfungsi memperbaiki kemungkinan perbedaan antara pengkodean peta karakter editor dan peta karakter sistem operasi yang lain.
- 12) *Serial Monitor*, berfungsi membuka jendela serial monitor untuk melihat pertukaran data.
- 13) *Board*, berfungsi memilih dan melakukan konfigurasi board yang digunakan.
- 14) *Port*, memilih port sebagai kanal komunikasi antara software dengan hardware.
- 15) *Programmer*, menu ini digunakan ketika kamu hendak melakukan pemrograman chip mikrokontroler tanpa menggunakan koneksi Onboard USB-Serial. Biasanya digunakan pada proses *burning bootloader*.

- 16) *Burn Bootloader*, memungkinkan kamu untuk mengkopikan program bootloader kedalam IC mikrokontroler
- 17) Menu *Help* berguna untuk mendapatkan bantuan terhadap kegalauanmu mengenai pemrograman. Menu help berisikan file-file dokumentasi yang berkaitan dengan masalah yang sering muncul, serta penyelesaiannya. Selain itu pada menu help juga diberikan link untuk menuju Arduino Forum guna menanyakan serta mendiskusikan berbagai masalah yang ditemukan.

2.7 Liquid Crystal Display (LCD)

LCD berfungsi untuk menampilkan hasil eksekusi algoritma, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. LCD yang digunakan adalah jenis LCD M1632. LCD M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 16 x 2 baris dengan konsumsi daya yang rendah dengan menggunakan mikrokontroler. Konfigurasi pin LCD 16 x 2 ditunjukkan pada gambar 2.3 .



Gambar 2.16 Skema LCD 16 x 2
(Penulis : Rudi Hartono, 2013)



Gambar 2.17 Tampilan LCD 16 x 2
(Penulis : Penulis, 2020)

2.8 Sensor Light Dependent Resistor (LDR)

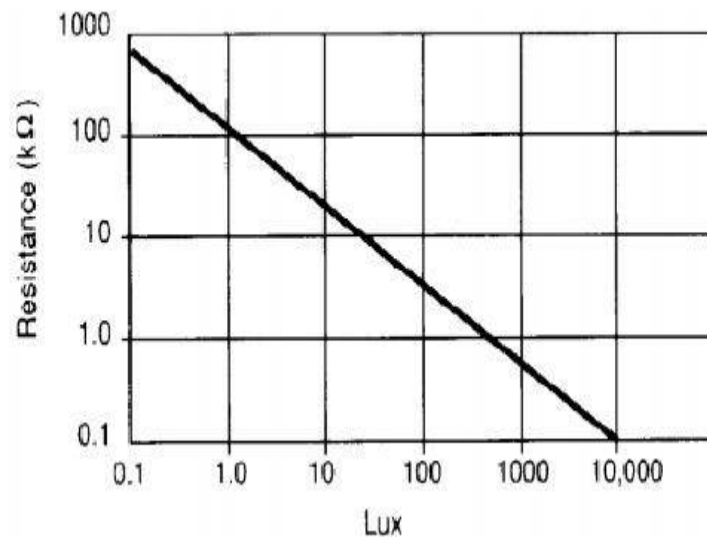
Ichsan Sukma Nursandi (2017) menjelaskan *Light Dependent Resistor (LDR)* merupakan suatu jenis resistor yang nilai resistansinya berubah-ubah tergantung pada intensitas cahaya yang di serap. *LDR* dibentuk dari *Cadium Sulfide (CDS)* yang mana dibentuk dari serbuk keramik. *Prinsip* kerja *LDR* adalah saat mendapatkan cahaya maka nilai resistansi nya akan turun, sehingga pada saat *LDR* mendapatkan intensitas cahaya yang tinggi maka memiliki sifat konduktor yang baik, sehingga mampu melewatkan arus listrik dengan baik.

Pada saat intensitas cahaya rendah, bahan dari cakram pada *LDR* menghasilkan elektron bebas dengan jumlah yang relatif kecil, sehingga hanya ada sedikit elektron untuk mengangkut muatan listrik. Pada saat intensitas cahaya rendah *LDR* menjadi penghantar arus listrik yang buruk atau bisa disebut juga *LDR* memiliki resistansi yang besar pada saat intensitas cahaya rendah. Pada saat intensitas cahaya tinggi ada lebih banyak elektron bebas yang lepas dari bahan semikonduktor tersebut, sehingga lebih

banyak elektron yang mengangkut muatan elektrik. Pada saat intensitas cahaya tinggi *LDR* menjadi penghantar arus listrik yang baik (konduktor) atau bisa disebut juga *LDR* mempunyai resistansi yang kecil pada saat intensitas cahaya tinggi. Simbol dan bentuk fisik *LDR* ditunjukkan pada gambar 2.4 sedangkan gambar menunjukkan grafik hubungan antara resistansi dan intensitas cahaya.



Gambar 2.18 Simbol dan bentuk fisik
(Sumber : Penulis, 2020)



Gambar 2.19 Grafik hubungan antara resistansi dan intensitas cahaya
(Penulis : Nursandi, 2017)

Sensor Cahaya LDR dapat digunakan sebagai :

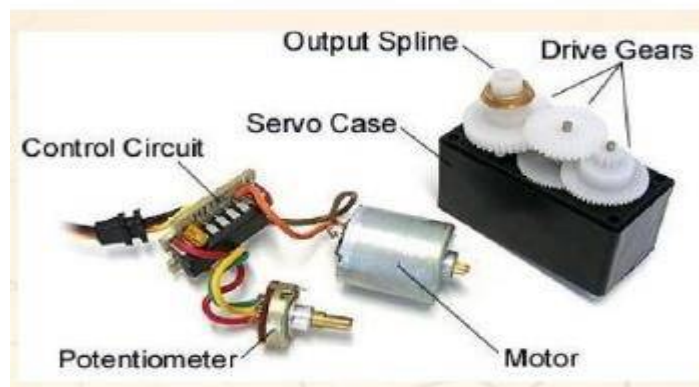
1. Sensor pada rangkaian saklar cahaya
2. Sensor pada lampu otomatis
3. Sensor pada alarm brankas
4. Sensor pada tracker cahaya matahari
5. Sensor pada kontrol arah solar cell
6. Sensor pada robot line follower

Prinsip Kerja Sensor LDR (Light Dependent Resistor) yaitu Resistansi sensor LDR akan berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya atau yang ada disekitarnya. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti kadmium sulfida. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat. Artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan. (Agus Purnama, 2012).

2.9 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output. Motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkain kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo.

Widodo budiharto (2010) menjelaskan motor servo merupakan motor DC yang mempunyai kualitas tinggi, sudah dilengkapi dengan sistem kontrol didalamnya. Dalam aplikasi motor servo sering digunakan sebagai kontrol loop tertutup untuk menangani perubahan posisi secara tepat dan akurat. Begitu juga dengan pengaturan kecepatan dan percepatan. Konstruksi dari motor servo di tunjukkan pada gambar dibawah ini.



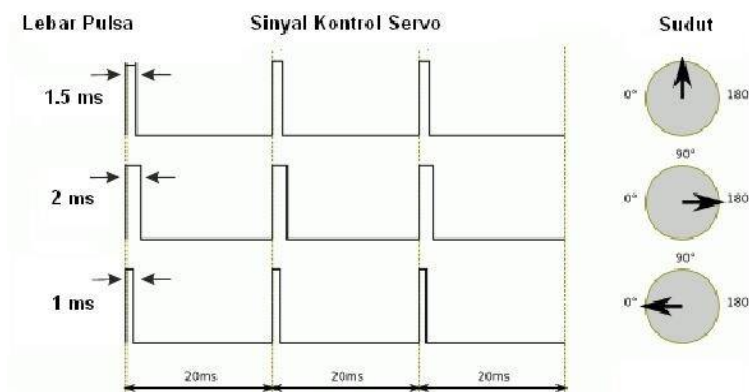
Gambar 2.20 Konstruksi motor servo
(Penulis : Budiharto, 2010)



Gambar 2.21 Motor servo X dan servo Y
(Penulis : Penulis, 2020)

Sistem pengkabelan motor servo terdiri tiga bagian yaitu Vcc, Gnd dan kontrol (PWM). Pengaturan PWM pada motor servo berbeda dengan pengaturan PWM pada motor DC. Pada motor servo, pemberian nilai pada PWM akan membuat motor servo bergerak pada posisi tertentu dan kemudian berhenti (kontrol posisi). Pengaturan dapat dilakukan dengan menggunakan delay pada setiap perpindahan dari posisi awal menuju ke posisi akhir.

Motor servo dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *continuous servo motor* dan *uncontinuous servo motor*. Motor servo *continuous* dapat berputar penuh 360° sehingga memungkinkan untuk membuat gerakan rotasi. Sedangkan motor servo *uncontinuous* (standar) hanya dapat berputar 180° . Prinsip utama pengendalian motor servo adalah memberikan nilai PWM pada pin kontrolnya. Pengendalian motor dapat ditunjukkan digambar dibawah ini.



Gambar 2.22 Cara pengendalian motor servo
(Penulis : Budiharto, 2010)

Frekuensi PWM yang digunakan dalam pengendalian motor servo adalah 50 Hz dengan periode 20 ms. Lebar pulsa kendali menentukan posisi servo yang dikehendaki. Sebagai contoh, lebar pulsa 1,5 ms akan memutar horn servo ke posisi

90° sedangkan lebar pulsa 2 ms akan memutar horn servo ke posisi 180°. Motor servo merupakan solusi yang baik dan sederhana untuk dunia kendali dan robotika. Namun motor servo memiliki kekurangan, yaitu tidak dapat memberitahu umpan balik keluar. Ketika memberikan sinyal PWM pada sebuah motor servo, kita tidak tahu kapan motor servo akan mencapai posisi yang dikehendaki.

2.10 Adaptor

2.10.1 Pengertian Adaptor

Adaptor adalah sebuah perangkat elektronik yang dapat merubah tegangan listrik (AC) yang tinggi menjadi tegangan listrik (DC) yang rendah, tetapi ada juga adaptor yang dapat merubah tegangan listrik yang rendah menjadi tegangan listrik yang tinggi. Adaptor, accumulator (aki), dan baterai merupakan salah satu contoh penyuplai daya (Power supply). Keuntungan dari adaptor dibanding dengan baterai maupun accumulator adalah sangat praktis berhubungan dengan ketersediaan tegangan, karena adaptor dapat di ambil dari sumber tegangan AC yang ada di rumah, dimana pada zaman sekarang ini setiap rumah sudah menggunakan listrik. Selain itu, adaptor mempunyai jangka waktu yang tidak terbatas jika ada tegangan AC, tegangan AC ini sudah merupakan kebutuhan primer dalam kehidupan manusia.

2.10.2 Bagian - Bagian Adaptor

Adaptor memiliki bagian bagian yaitu :



Gambar 2.23 Bagian adaptor
(Sumber : Bagas Kawarasan, 2012)

Keterangan :

1. Bagian Input Tegangan

Input tegangan pada power supply adalah berupa tegangan arus bolak balik (AC) 220v.

Komponen-komponen yang terdapat pada bagian input adalah :

- a. Steker
- b. Sikring
- c. Lampu Indikator

2. Bagian Step down

Pada bagian ini berfungsi menurunkan tegangan AC 220v dari bagian input menjadi tegangan AC yang lebih rendah misalnya : 6v, 9v, atau 12v.

Komponen yang terdapat pada rangkaian ini adalah :

- a. Trafo Step up
- b. Trafo Step down

3. Bagian Rectifier

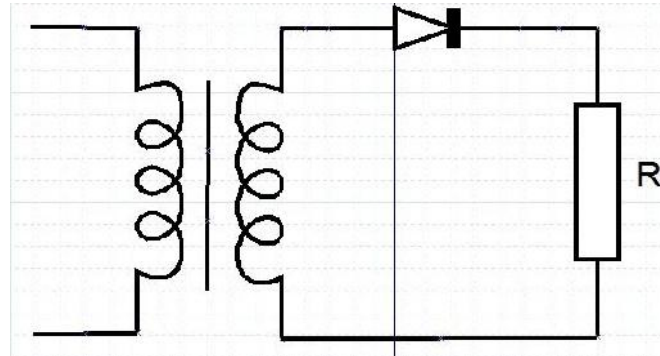
Pada bagian ini berfungsi menyearahkan arus, dari arus bolak balik (AC) menjadi arus searah (DC).

Komponen-komponen yang terdapat pada bagian ini adalah Silikon

Ada 3 macam rectifier yaitu :

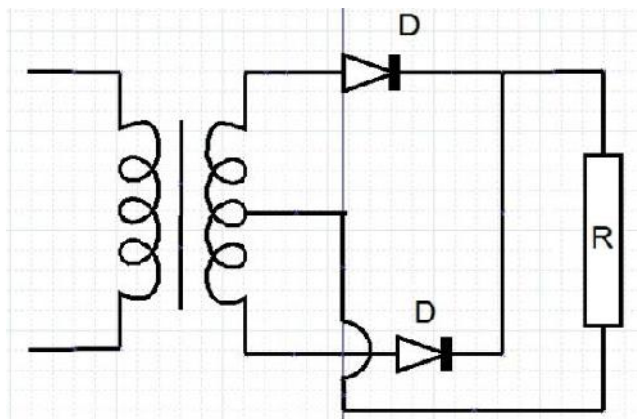
- a) Half wave rectifier (penyearah setengah gelombang),
- b) Full wave Rectifier (penyearah gelombang penuh dengan center tetap),

- c) Full wave Rectifier (penyearah gelombang penuh dengan jembatan dioda).



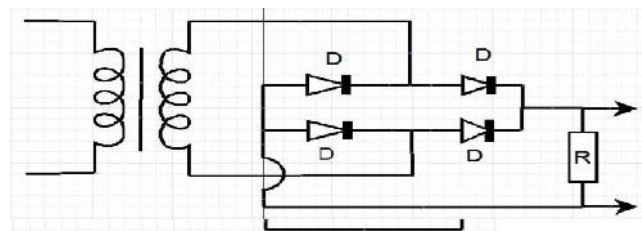
Gambar 2.24 Half Wave Rectifier

(Sumber : Bagas Kawarasan, 2012)



Gambar 2.25 Full Wave Rectifier

(Sumber : Bagas Kawarasan, 2012)



Gambar 2.26 Full Wave Bridge Rectifier

(Sumber : Bagas Kawarasan, 2012)

4. Bagian Filter

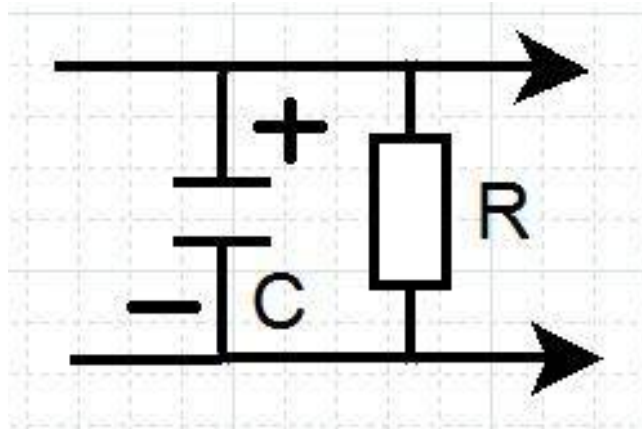
Pada bagian ini berfungsi menyaring arus DC yang masih berdenyut (atau yang masih mengandung arus AC) sehingga menjadi rata.

Komponen-komponen yang terdapat pada bagian ini adalah

- a. Elco
- b. Transistor
- c. Resistor

Ada 3 macam filter yaitu:

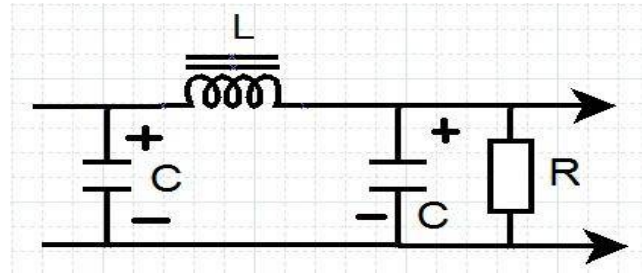
- 1) Filter C



Gambar 2.27 filter C
(Sumber : Bagas Kawarasan, 2012)

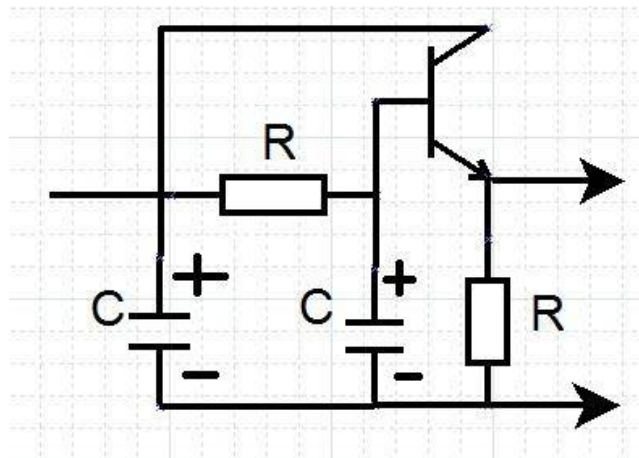
Filter ini menggunakan kondensator yang dipasang secara paralel dibagian output penyearah baik penyearah setengah gelombang maupun penyearah gelombang penuh.

2) Filter CLC



Gambar 2.28 filter CLC
(Sumber : Bagas Kawarasan, 2012)

3) Filter CRC bertransistor



Gambar 2.29 filter CRC bertransistor
(Sumber : Bagas Kawarasan, 2012)

Keunggulan filter ini adalah tegangan outputnya mendekati rata .
Namun karena resistor bernilai cukup besar , maka arus outputnya
semakin kecil , sehingga filter ini hanya cocok untuk arus yang
kecil.

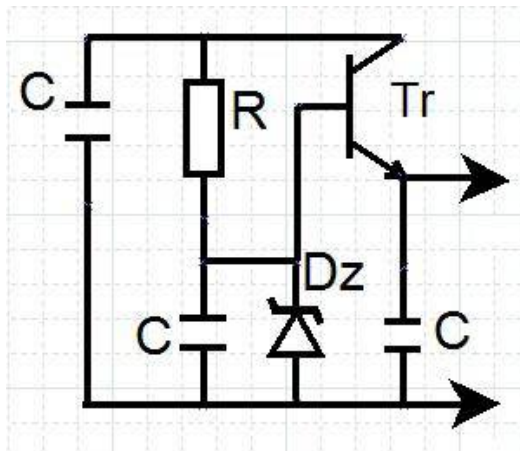
5. Bagian Stabilizer

Pada bagian ini berfungsi untuk menstabilkan tegangan DC

komponen yang terdapat pada bagian ini adalah

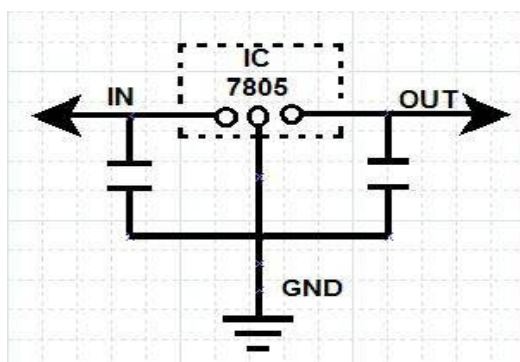
- a. Diode zener
- b. IC yang didalamnya berisi rangkaian regulator atau IC

Regulator



Gambar 2.30 bagian stabilizer
(Sumber : Bagas Kawarasan, 2012)

6. Bagian Regulator



Gambar 2.31 bagian regulator
(Sumber : Bagas Kawarasan, 2012)

Pada bagian ini berfungsi untuk mengatur kestabilan arus

Komponen-komponen yang terdapat pada bagian ini adalah :

- a. Transistor
- b. Resistor
- c. Kondensator
- d. IC

2.10.3 Macam-macam Adaptor

Pada umumnya adaptor adalah alat elektronika yang dapat menyesuaikan atau merubah tegangan listrik, yaitu merubah sumber tegangan listrik utama yaitu dari PLN menjadi tegangan listrik yang dapat digunakan untuk disesuaikan dengan perangkat elektronik yang akan dipakai, misalnya seperti Televisi, Radio, gadget dan lain lain. Ada beberapa jenis atau macam macam adaptor antara lain :

1. Adaptor DC Converter

Adaptor DC Converter adalah adaptor yang dapat merubah tegangan DC yang besar menjadi tegangan DC yang kecil. Misalnya : Dari tegangan 12v menjadi tegangan 6v.



Gambar 2.32 Adaptor DC Converter
(Sumber : Bagas Kawarasan, 2012)

2. Adaptor Step Up dan Step Down

Adaptor Step Up adalah adaptor yang dapat merubah tegangan AC yang kecil menjadi tegangan AC yang besar. Misalnya : Dari Tegangan 110v menjadi tegangan 220v.



Gambar 2.33 Adaptor Step Up
(Sumber : Bagas Kawarasan, 2012)

Adaptor Step Down adalah adaptor yang dapat merubah tegangan AC yang besar menjadi tegangan AC yang kecil. Misalnya : Dari tegangan 220v menjadi tegangan 110v.



Gambar 2.34 Adaptor Step Down
(Sumber : Bagas Kawarasan, 2012)

Adaptor Step Up maupun adaptor Step Down alatnya sama, tinggal bagaimana cara kita menggunakannya.

3. Adaptor Inverter

Adaptor Inverter adalah adaptor yang dapat merubah tegangan DC yang kecil menjadi tegangan AC yang besar. Misalnya : Dari tegangan 12v DC menjadi 220v AC.



Gambar 2.35 Adaptor Inverter
(Sumber : Bagas Kawarasan, 2012)

4. Adaptor Power Supply

Adaptor Power Supply Adaptor yang dapat merubah tegangan listrik AC yang besar menjadi tegangan DC yang kecil. Misalnya : Dari tegangan 220v AC menjadi tegangan 6v, 9v, atau 12v DC.

Adaptor power supply dibuat untuk menggantikan fungsi baterai atau accu agar lebih ekonomis. Adaptor power supply ada yang dibuat sendiri, tetapi ada yang dibuat dijadikan satu dengan rangkaian lain. Misalnya dengan rangkaian Radio Tape, Televisi, dll.



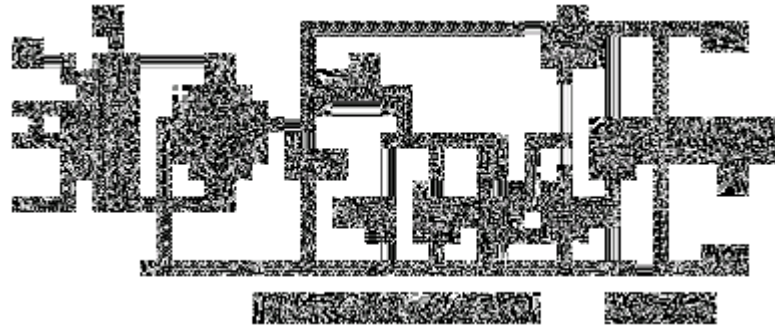
Gambar 2.36 Adaptor Power Supply
(Sumber : Bagas Kawarasan, 2012)

2.10.4 Rangkaian Adaptor

Rangkaian Adaptor adalah rangkaian yang berfungsi untuk mengubah arus AC menjadi arus DC. Kelebihan dari rangkaian ini adalah arus yang dihasilkan cukup stabil dan besarnya tegangan yang dihasilkan bisa kita atur dengan cara menyesuaikan komponen yang digunakan dengan output tegangan yang kita kehendaki. Adaptor banyak digunakan dalam berbagai alat sebagai catu daya, seperti Amplifier, TV mini, radio, tape dan lain-lain.

Jika dilihat dari peralatannya alat-alat tersebut tidak terlalu besar dan juga bisa dibbilang praktis karena dapat dengan mudah digunakan oleh semua orang. Untuk rangkaian yang satu ini selalu memerlukan tenaga listrik DC untuk reparasi maupun untuk percobaan-percobaan, maka kita menggunakan catu daya yang lebih hemat dan stabil di bandingkan dengan batu baterai, karena batu baterai daya tahannya sangat terbatas dan mudah terjadi perubahan tegangan.

Sebenarnya pada rangkaian adaptor memiliki bermacam variasi, namun umumnya kurang stabil dan ada pula yang stabil seperti catu daya yang variabel. Seperti halnya pesawat elektronika pada umumnya, maka rangkaian adaptor ini juga merupakan suatu rangkaian elektronika yang terdiri dari beberapa blok dan bagian yang mempunyai peran dan fungsi yang berbeda-beda.



Gambar 2.37 Rangkaian Adaptor
(Sumber : Bagas Kawarasan, 2012)

Daftar komponen-komponen rangkaian adaptor sebagai berikut :

1. D1-D4 = 6 A
2. D5 = 1 A
3. C1 = 4700u/50V
4. C2 = 220u/25V
5. C3 = 100u/25V
6. R1 = 1k
7. R2 = 0.2Ohm/5Watt
8. F1 = Fuse (skring) 2 A
9. F2 = Fuse (skring) 6 A

10. IC1 = 7812

11. TR1 = 2N3055

12. T1 = Trafo 15Volt/5A

Rangkaian Adaptor pada umumnya juga memiliki kerusakan yang sering di temui akibat hubungan singkat dari arus listrik oleh karena itu harus perhatikan masukannya, dari pernyataan tersebut biasanya berpengaruh buruk pada IC. Sistematis kerja pembuatan adaptor adalah mencari rangkaian yang sudah di tentukan, menggambar rangkaian dan mencari layout dengan menggunakan PROTEL, gambarlah rangkaian di acc terlebih dahulu, setelah itu kita pasang komponen satu persatu.

Alat yang digunakan dalam membuat rangkaian adaptor antara lain adalah solder, bor, tang dan obeng. Sedangkan bahan yang di gunakan antara lain dioda, kapasitor, IC, papan PCB, kabel, tinol dan trafo.

2.10.5 Pemeliharaan, Pengecekan Serta Cara Memperbaiki Adaptor

Di dalam penggunaan adaptor, ada yang memakai trafo CT biasanya digunakan untuk rangkaian catu daya amplifier atau speaker aktif. Dan ada pula yang memakai trafo switching biasanya digunakan untuk adaptor charger handphone. Di dalam penggunaan adaptor kita juga harus memperhatikan kondisi adaptor ,apakah adaptor itu berfungsi dengan baik atau tidak. Adaptor dengan kondisi yang baik dapat mengoptimalkan kinerja adaptor serta mengurangi dampak konsleting pada adaptor. Adaptor yang sering dibersihkan dan dirawat memiliki ketahanan dan kemampuan yang maksimal. Karena itu kita harus tahu cara pemeliharaan adaptor yang baik dan

benar karena adaptor yang sering dirawat akan lebih tahan lama dalam penggunaannya.

Berikut adalah cara pemeliharaan adaptor :

1. Membersihkan adaptor dari debu

Upaya yang dapat dilakukan untuk membersihkan adaptor dari debu adalah dengan menggunakan kain basah serta jangan lupa untuk mencabut body adaptor dari rangkaian, lalu lap secara merata sampai ke ujung-ujung body adaptor. dan untuk membersihkan jack(pelatuk) adaptor gunakan kain kering.

2. Membersihkan rangkaian adaptor

Untuk membersihkan rangkaian adaptor kita harus ekstra hati-hati karena kalau tidak berhati-hati dapat menimbulkan kerusakan serta kelecetan pada rangkaian maka itu gunakan kain kering atau tisu kering untuk membersihkan rangkaian dari debu dan bersihkan secara merata dengan menggosokkan secara perlahan-lahan.

3. Hindari adaptor dari tempat yang lembab dan berair

Menghindari adaptor dari tempat yang lembab dan berair adalah cara yang tepat dalam pemeliharaan adaptor karena apabila adaptor ditaruh di tempat yang lembab dan berair dapat menyebabkan komponen-komponen adaptor rusak serta dapat menyebabkan konsleting jika suatu saat adaptor dipakai. Disamping perawatan dan pemeliharaan adaptor, kita harus tahu juga apakah adaptor yang kita pakai berkondisi baik atau tidak.

4. Cek tegangan output adaptor dengan menggunakan AVOMeter (Multitester)

Mengecek tegangan output adaptor berarti meyakini apakah adaptor berkondisi baik atau tidak apabila setelah di cek adaptor tidak memiliki tegangan output maka adaptor dalam kondisi rusak.

5. Cek suhu trafo pada adaptor

Bila saat pengecekan suhu pada adaptor memiliki panas yang berlebih berarti adaptor dalam kondisi rusak. Setelah pengecekan adaptor selesai muncul permasalahan yang timbul mengenai adaptor .Berikut adalah permasalahan-permasalahan yang kita jumpai pada adaptor :

- a. Output tegangan pada adaptor tidak ada
- b. Output tegangan pada adaptor tidak sesuai dengan nilai tegangan pada Output IC (tidak normal)
- c. Output tegangan pada adaptor tidak stabil (Tegangan naik turun)
- d. Adaptor mengeluarkan hawa panas yang berlebihan sehingga casing meleleh.

2.10.6 Kerusakan pada adaptor dan cara memperbaikinya

Dalam pemakai adaptor terdapat kerusakan-kerusakan yang timbul. Apabila adaptor berfungsi dengan tidak normal selayaknya adaptor atau adaptor mati total kemungkinan kerusakan pada bagian kabel jack input. Trafo dan rangkaian maka itu lakukan pengecekan pada bagian tersebut .Berikut dibawah ini adalah cara untuk melakukan pengecekan pada bagian tersebut dan solusi untuk menanganinya.

1. Kabel jack input

Lihat dan cek jack input adaptor apakah kabelnya terhubung dengan baik pada adaptor dan sumber tegangan, kalau tidak terhubung dengan baik maka kabel jack atau pelatuk jack rusak/putus maka solusinya ganti kabel jack atau pelatuk jack.

2. Transformator

Trafo adalah bagian terpenting pada adaptor apabila trafo rusak dapat menyebabkan adaptor mati total, maka itu Cek output trafo apakah ada tegangan keluar atau tidak , kalau tidak ada berarti trafonya rusak dan trafo harus diganti.

3. Rangkaian

Jika output trafo ada tegangan tetapi output adaptor tidak ada tegangan berarti tidak diragukan lagi yaitu rangkaian catu dayanya rusak.

Solusinya :

- a. Mengecek dioda apakah berfungsi dengan baik yaitu dengan menggunakan AVOMeter.
- b. mengecek apakah elco bekerja dengan normal yaitu dengan mencabut elco dari rangkaian lalu tes dengan AVOMeter jika elco rusak ganti dengan elco yang baru.
- c. mengecek output tegangan IC (IC7805, IC 7812 dan IC lainnya) Jika tidak ada tegangan berarti IC rusak maka itu harus diganti.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini meliputi tiga tahap, tahap pertama yang dilakukan adalah melakukan studi pustaka, didalam studi pustaka dipelajari berbagai teori secara analisis dari buku yang diperoleh dari catatan buku kuliah, buku-buku perpustakaan dan mempelajari media internet yang berhubungan dengan penelitian ini, serta menganalisa referensi-referensi penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan tugas akhir ini. Tahap pada kedua adalah melakukan studi laboratorium dilakukan penelitian dan pengujian beberapa komponen elektronika maupun komponen pendukung lainnya yang akan dilibatkan kedalam tugas akhir berdasarkan data spesifikasinya. Selanjutnya dilakukan pengambilan data pada alat tersebut dan membandingkan dengan hasil teoritis. Tahap terakhir adalah melakukan metode diskusi dengan dosen pembimbing serta memberi pertanyaan kepada rekan-rekan mahasiswa teknik elektro yang berkaitan dengan tugas akhir ini.

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di jln. Perintis baru, gang sederhana no.07 Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli serdang, Provinsi Sumatera utara.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data merupakan salah satu cara untuk memperoleh/mendapatkan data keterangan suatu kenyataan yang benar sehingga dapat dipertanggung jawabkan.

Metode Penelitian data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Lapangan

Dalam studi lapangan ini dilakukan dengan perancangan sistem penggerak panel surya menggunakan sensor LDR dan Motor berbasis mikrokontroler.

2. Desain Sistem

Tahap ini meliputi perancangan sistem dengan menggunakan studi literatur dan mempelajari konsep teknologi dari komponen yang ada. Tahap ini merupakan tahap yang paling penting karena hal tersebut merupakan bentuk awal rangkaian yang akan dirancang. Pada tahap ini dilakukan desain sistem dan desain proses-proses yang ada.

3. Implementasi

Pada tahap ini dilakukan implementasi rancangan alat yang telah dibuat. Tahap ini mewujudkan apa yang terjadi pada tahapan sebelumnya menjadi sebuah masukan yang sesuai dengan apa yang direncanakan.

4. Uji Coba dan Evaluasi

Pada tahap ini, dilakukan uji coba terhadap rangkaian dan efektifitas kinerja untuk kemudian dapat dilakukan perbaikan apabila terdapat kesalahan sehingga dapat dilakukan evaluasi terhadap hasil uji coba tersebut.

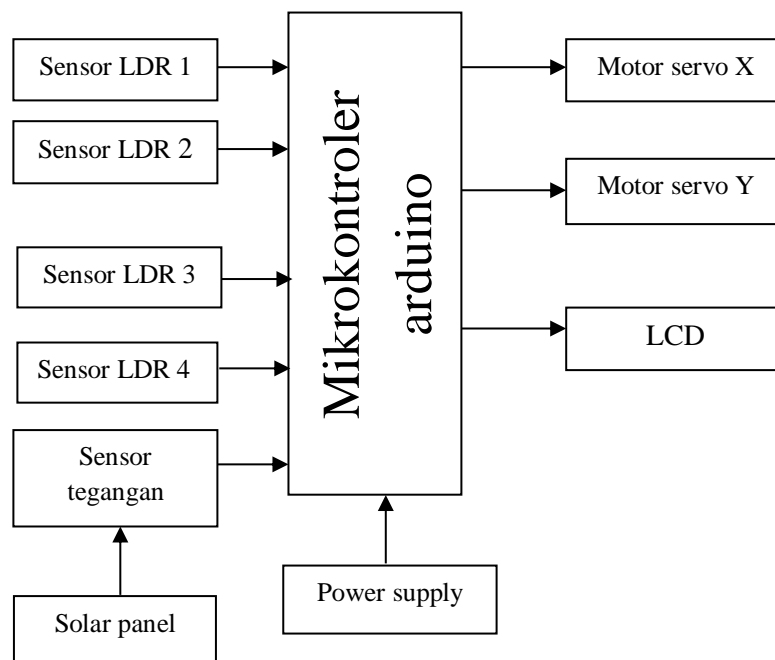
5. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data, mempelajari berkas-berkas yang berkaitan dengan alat, dokumen dan arsip yang ada di perpustakaan serta buku-buku penunjang tentang alat yang

dirancang. Selanjutnya data- data tersebut menjadi referensi dan sekaligus mencoba mengaplikasikan teori-teori yang ada.

3.3 Blok Diagram sistem

Untuk mempermudah perancangan sistem digunakan diagram blok sebagai langkah awal dalam pembuatan sistem. Diagram blok adalah penyederhanaan dari sebuah rangkaian yang menyatakan hubungan berurutan dari satu atau lebih komponen yang memiliki kesatuan kerja tersendiri. Dengan diagram blok kita dapat menganalisa cara kerja rangkaian serta merancang bentuk fisik dari sistem tersebut. Adanya diagram blok akan mempermudah pembuatan dan pemahaman suatu sistem.



Gambar 3.1 Blok Diagram sistem

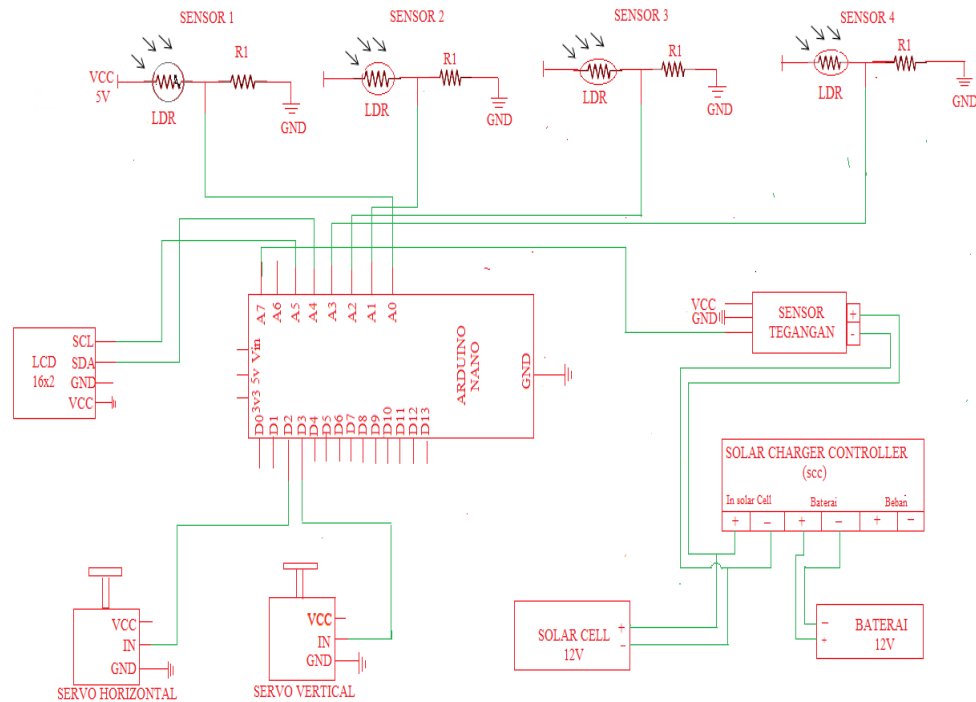
(Sumber : Penulis, 2019)

Adapun masing-masing fungsi dari setiap blok tersebut, yaitu :

1. **Power Supply** berfungsi mengubah tegangan masukan AC menjadi tegangan keluaran DC (220 V menjadi 12 Volt)
2. **Mikrokontroler arduino** berfungsi untuk mengendalikan semua sistem
3. **Sensor Light Dependent Resistor (LDR)** adalah sensor cahaya yang berguna untuk mendeteksi arah sinar cahaya yang datang.
4. **Sensor tegangan** berfungsi membaca nilai tegangan suatu rangkaian.
5. **Panel surya / solar cell** berfungsi sebagai perangkat listrik yang merubah energi listrik cahaya menjadi energi listrik melalui fotovoltaiik.
6. **Motor servo MG996R** adalah motor yang berguna untuk menggerakkan kerangka utama setelah mendapat perintah dari mikrokontroler.
7. **Liquid Crystal Display (LCD)** berfungsi untuk menampilkan hasil dari setiap nilai yg dihasilkan.
8. **Kabel Jumper** merupakan kabel yang khusus yang digunakan untuk perangkat mikrokontroler dan *bread board*, sehingga lebih mudah dalam melakukan perangkaian.

3.4 Skema Keseluruhan

Berikut ini merupakan skema keseluruhan



Gambar 3.2 Skema Keseluruhan
(Sumber: Penulis, 2019)

3.5 Proses Pembuatan

Proses pembuatan sistem penggerak panel surya menggunakan sensor LDR dan motor servo berbasis mikrokontroler dilakukan dengan urutan yang telah dirancang. Pembuatan sistem penggerak panel surya menggunakan sensor LDR dan motor servo berbasis mikrokontroler ini dikelompokkan menjadi beberapa bagian yaitu sebagai berikut.

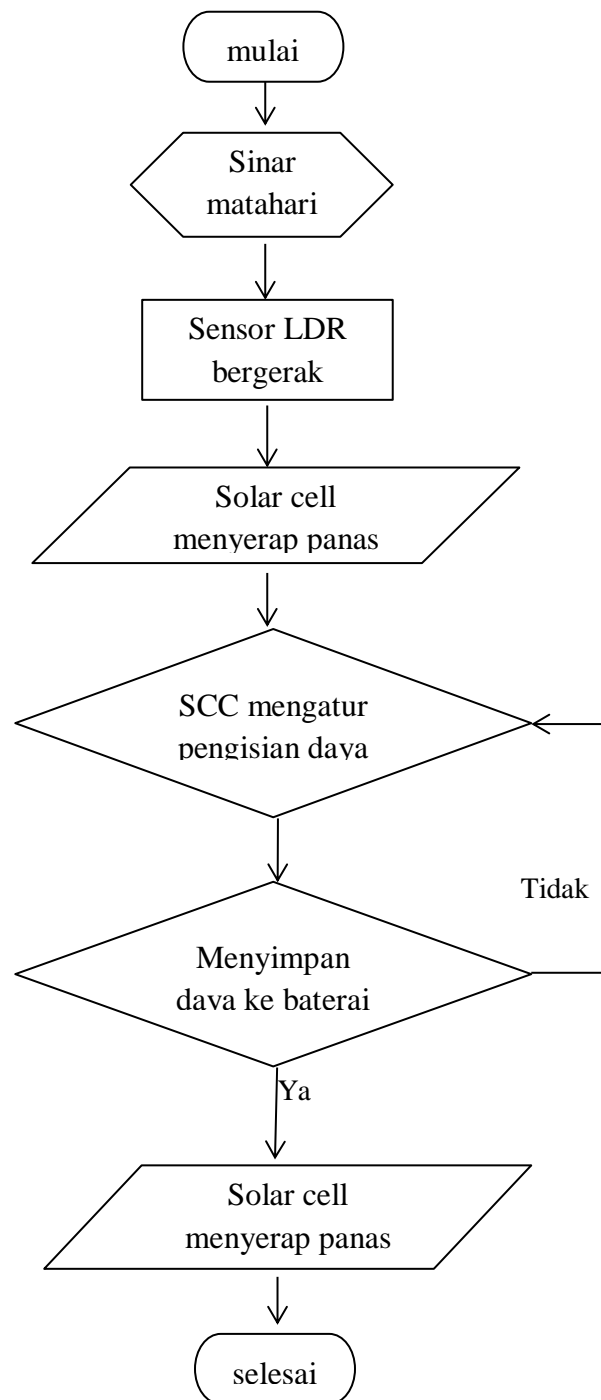
3.5.1 Alat dan Bahan

Adapun dalam proses pembuatan sistem penggerak panel surya menggunakan sensor LDR dan motor servo berbasis mikrokontroler diperlukan alat dan bahan yaitu sebagai berikut.

1. Alat yang digunakan:
 - a. Tang potong
 - b. Tang jepit
 - c. Mesin bor
 - d. Multimeter
 - e. Tespen

2. Bahan yang digunakan
 - a. Solar cell 8 buah @ 1.5 wp
 - b. Motor servo Mg996R
 - c. Terminal 2 pin 3 pin
 - d. Sensor LDR 4 buah
 - e. Resistor 10k 4 buah
 - f. Papan pcb
 - g. Kabel USB
 - h. Power supplay 12V
 - i. Stop Kontak
 - j. Kabel listrik /NYA
 - k. Kabel *Jumper*
 - l. Baterai
 - m. Beban (Lampu)
 - n. Stop Kontak
 - o. Laptop/ PC
 - p. Software Arduino I

3.6 Flowchart



Gambar 3.3 Flowchart
(Sumber : Penulis, 2020)

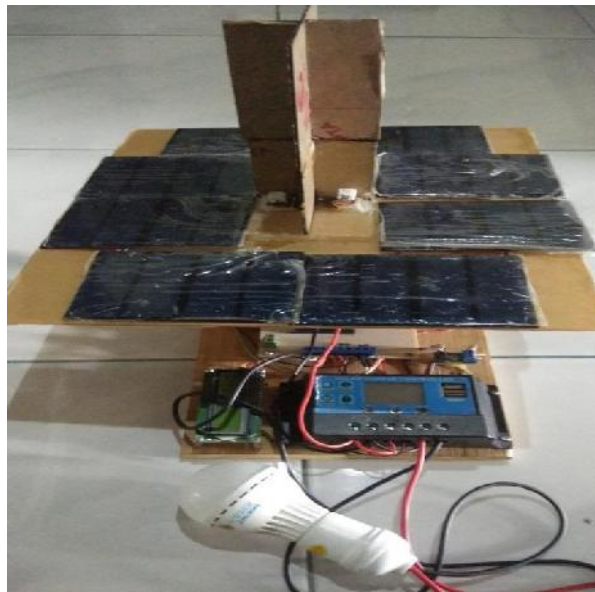
BAB 4

IMPLEMENTASI DAN HASIL PENGUJIAN

4.1 Implementasi

4.1.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras

Berikut di tampilkan hasil rancangan pada perangkat keras *prototipe solar tracking system* berbasis Arduino NANO.



Gambar 4.1 Hasil rancangan alat keseluruhan
(Sumber : Penulis, 2020)

Dari gambar 4.1 terlihat bentuk fisik hasil rancangan dari sistem. Peneliti menggunakan 1 buah papan Arduino NANO, 8 buah modul panel surya yang di paralelkan, 2 buah motor servo, 4 buah LDR dan baterai di hubungkan melalui kabel *jumper* ke Arduino NANO dalam kotak kontrol.

Pada penelitian ini rangkaian keras terdiri dari dua bagian yaitu, bagian pertama rangkaian Arduino NANO, Baterai, LCD yang akan dihubungkan melalui kabel jumper, ketiga perangkat tersebut memiliki masukan sebesar 5 volt, sedangkan rangkaian kedua berupa rangkaian perangkat solar tracking terdiri, 2 buah motor servo, 8 buah modul panel surya yang telah di pararelkan dan 4 buah LDR serta rangkaian penyangga.



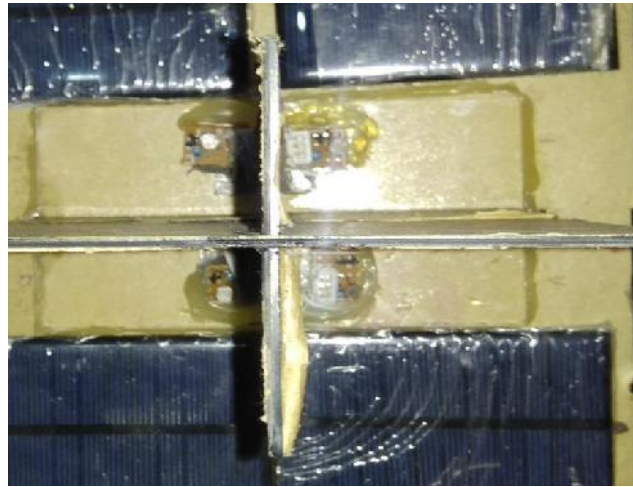
Gambar 4.2 bentuk fisik dari rangkaian arduino pada kotak kontrol
(Sumber : Penulis, 2020)

juga rangkaian LCD pada papan kontrol untuk menampilkan output dari energi yang diserap panel surya, kapasitas baterai yang diterima serta output dari energi yang digunakan seperti tampak pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Gambar tampilan LCD
(Sumber : Penulis, 2020)

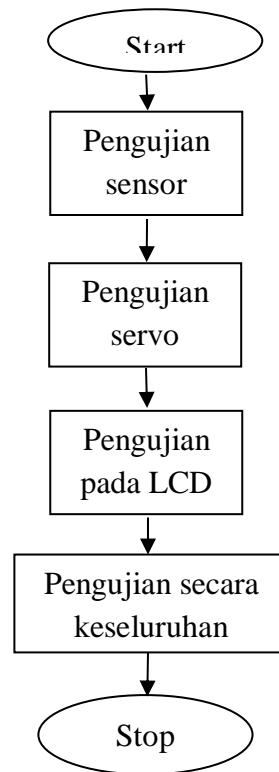
Pada rangkaian mekanik LDR dirangkai sehingga mampu mendeteksi cahaya matahari dari gambar di bawah terdapat 4 buah LDR yang di pasang pada sensor board, diantara sensor dipasang sekat pemisah atau *opaque shet*. *Opaque shet* berfungsi sebagai pengidentifikasian ada atau tidak adanya area bayangan pada keempat sisi sensor.



Gambar 4.4 rangkaian sensor LDR
(Sumber : Penulis, 2020)

4.2 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat berfungsi sesuai dengan fungsinya dapat menghasilkan keluaran sebagaimana yang diharapkan. Pengujian sistem dilakukan dengan dimulai dari pengujian komponen secara terpisah dan berurutan. Pengujian yang pertama kali dilakukan pada pengujian sensor dimana data yang dikirim sensor dikirim ke servo untuk menguji tiap-tiap pergerakan servo apakah sudah bergerak sesuai prosedur ketika dijalankan. Selanjutnya dengan menguji input dan output perangkat dan melihat semua komponen atau modul bekerja sesuai fungsi yang diharapkan. Dengan menguji panel surya dan baterai sebagai inputan berupa energi dapat menghidupkan atau mematikan perangkat listrik. Teknik pengujian sistem dilakukan seperti gambar 4.5



Gambar 4.5 Bagan teknik pengujian sistem
(Sumber : Penulis, 2020)

Dalam penelitian ini pengujian yang dilakukan terhadap sistem yaitu pengujian secara fungsional. Metode yang digunakan dalam pengujian adalah pengujian blackbox yang berfokus pada persyaratan fungsional dari sistem yang dibangun.

4.2.1 Hasil Pengujian Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan pada saat sistem dan perangkat aktif secara keseluruhan terhadap rangkaian alat dengan menguji tiap-tiap fungsi modul pertama menguji pergerakan servo pada perangkat.

Apabila dilihat dari sudut pandang waktu, maka sudut 30 derajat tersebut kira-kira berada pada pukul 08.00. Seperti yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Penentuan waktu menurut sudut

Waktu	Sudut(derajat)
08.00	30
09.00	45
10.00	60
11.00	75
12.00	90
13.00	105
14.00	120
15.00	135
16.00	150

(Sumber : Penulis, 2020)

Kemudian pengujian selanjutnya dilakukan terhadap rangkaian alat dengan menguji tiap-tiap fungsi modul pertama menguji *pengiriman data dari sensor LDR* pada servo apabila servo bergerak sesuai sumbunya, artinya alat berfungsi sebagaimana biasanya. Selanjutnya pengujian terhadap LCD apabila data yang dikirim tampil pada LCD, berupa energi yang diterima. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.1


4.2.2 Hasil Pengujian Setiap Modul

Berikut adalah beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap perangkat

1. Pengujian sensor LDR pada pergerakan servo

Tabel 4.2 Pengujian sensor LDR pada pergerakan servo

Pengujian	Hasil Pengujian	Gambar
PAGI HARI, 24 Oktober 2019	Panel surya berada pada posisi 45 derajat dari terbitnya matahari maka LDR 1 aktif servo bergerak horinzontal dan melakukan kalibrasi untuk mencari intensitas cahaya tertinggi	
SIANG HARI, 24 Oktober 2019	Pada siang hari panel surya berada pada posisi 90 derajat maka sensor LDR 1, LDR 2, LDR 3 dan LDR 4 aktif memiliki nilai yang sama sehingga tepat berada di bawah matahari	

<p>SORE HARI, 24 Oktober 2019</p>	<p>Panel surya berada pada posisi 135 derajat dari terbitnya matahari maka LDR 2 aktif servo bergerak horizontal dan melakukan scanning, dan LDR 3 dan LDR 4 aktif sesekali melakukan kalibrasi untuk mencari intensitas cahaya tertinggi</p>	
---	---	---

(Sumber : Penulis, 2020)

Berdasarkan tabel 4.1 pengujian dilakukan dari respon sensor dapat dilihat dari pergerakan panel surya secara otomatis.

2. Pengujian pada LCD

Tabel 4.3 Pengujian pada output LCD

No	Data yang ditampilkan LCD	Status
1	Energi yang diterima panel surya	Tampil
2	Energi yang tersimpan dibaterai	Tampil
3	Energi yang terpakai	Tampil

(Sumber : Penulis, 2020)

Berdasarkan tabel 4.2 pengujian dilakukan dari pengiriman data modul panel surya dan baterai ke LCD untuk menampilkan keluaran berupa tampilan tegangan yang diterima panel surya dan energi yang disimpan baterai.

3. Pengukuran Nilai LDR Terhadap Matahari

Pada pengukuran nilai LDR ini dilakukan pada sinar matahari langsung. maka dari hasil pengukuran yang telah diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut

Tabel 4.4 Hasil pengukuran nilai dan tegangan LDR

Posisi LDR	Nilai (ADC)	Tegangan (VDC)
Timur	999	4.88
Barat	998	4.88
Tengah	1000	4.89
Selatan	997	4.87
Utara	998	4.88

(Sumber : Penulis, 2020)

Dari tabel di peroleh kesimpulan bahwa jika nilai ADC besar maka tegangan akan naik, begitu juga sebaliknya.

4. Pengujian daya rata-rata penyerapan panel surya setiap sudut

Dibawah ini adalah tabel nilai arus, tegangan, dan daya hasil penyerapan yang dilakukan oleh panel surya setelah menggunakan sistem penggerak berbasis mikrokontroler.

Tabel 4.5 Daya rata-rata penyerapan panel surya setiap sudut

Jam	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)
08.00	0,44	18,57	7,95
09.20	0,50	18,12	9,06
10.40	0,47	17,89	8,40
12.00	0,5	18,32	9,16
13.20	0,48.	18,27	8,76
14.40	0,45	18,13	8,15
16.00	0,40	18,10	7,24

(Penulis : Penulis, 2020)

Sementara nilai daya yang didapat dari panel surya yang hanya diletakkan pada posisi diam

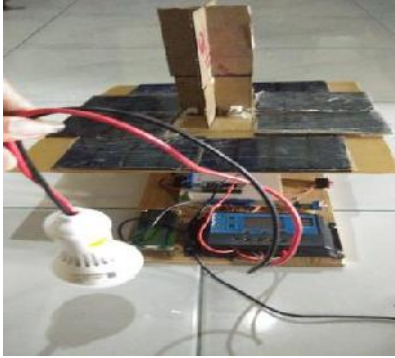
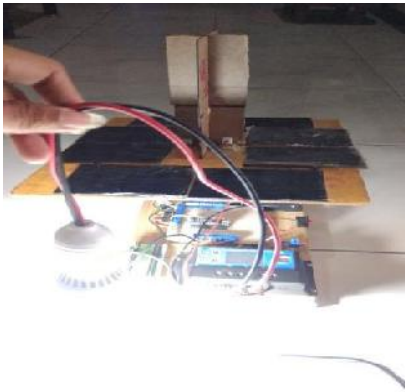
Tabel 4.6 Daya penyerapan panel surya pada posisi diam

Jam	Daya (Wh)
08.00	6,67
09.20	7,30
10.40	8,18
12.00	11,02
13.20	7,11
14.40	3,30
16.00	2,77

(Penulis : Penulis, 2020)

5. Pengujian perangkat Elektronik

Tabel 4.7 pengujian daya pada perangkat elektronik

No	Status	Gambar	Keterangan
1	daya yang ditampung belum terpakai		Lampu Padam
2	daya dalam keadaan terpakai		Lampu menyala

Sumber : Penulis, 2020)

Berdasarkan tabel 4.7 pengujian dilakukan untuk menunjukkan pemanfaatan solar tracking sistem untuk menyalakan lampu, dimana energi listrik yang diperoleh dari sinar matahari yang di serap oleh panel surya, kemudian daya akan ditampung, oleh baterai dan diubah menjadi energi listrik yang dapat di gunakan untuk menyalakan atau memberikan daya pada sebuah bola lampu, dimana energi yang disimpan oleh baterai

serta persentase persegi yang diserap oleh panel surya akan ditampilkan pada LCD.

4.2.3 Analisis Hasil Pengujian

Pada perancangan *prototype solar tracking system* berbasis arduino NANO, telah dilakukan pengujian komponen-komponen secara terpisah dan secara keseluruhan yang memberikan hasil sesuai dengan yang diharapkan ataupun apa yang telah di program.

Pada pembuatan sistem ini menggunakan arduino NANO yang merupakan mikrokontroler dengan sistem *open source* yang telah banyak dikembangkan oleh banyak orang untuk berbagai keperluan. Di harapkan dengan adanya sistem ini mampu menyelesaikan permasalahan pada kebutuhan energi dalam pengoptimalan penyerapan energi matahari pada panel surya menjadi lebih bermanfaat dan menjadi lebih mudah.

4.2.4 Analisis Kelemahan Sistem

Pada *prototype solar tracking system* berbasis Arduino NANO ini masih terdapat kelemahan. Dimana kelemahan nya adalah sistem belum dapat digunakan pada pemakaian alat *elektronik* dalam skala besar, mengingat *solar cell* yang dibuat masih dalam bentuk *prototype* yang daya tampung masih terbatas serta perlu adanya pengawasan secara berkala terhadap kelebihan tegangan pada Arduino NANO yang dapat menyebabkan kerusakan pada board Arduino NANO.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Sistem penggerak solar cell yang menggunakan sensor LDR dan motor servo lebih efisien dalam mengarahkan solar panel pada matahari dengan mengikuti orientasi matahari sepanjang hari. Dengan menggunakan solar cell mengikuti gerak arah cahaya matahari maka output daya yang dihasilkan solar panel lebih besar dari sonal panel yang diletakan dengan posisi tetap.

Adapun hasil pengujian sistem penggerak panel surya ini yaitu hasilnya panel surya dapat bergerak mengikuti sinar matahari dan menghasilkan energi yang maksimal. Sehingga dengan penelitian dapat membantu masyarakat dan pemerintah untuk dapat mengatasi masalah energi terutama pengoptimalan energi alternatif.

5.2 Saran

Untuk menciptakan sebuah perangkat yang baik, tentu perlu dilakukan pengembangan baik dari sisi manfaat dan mauoun dari sisi sistem kerja. Berikut ada beberapa saran yang mungkin dapat menambah nilai dari perangkat atau sistemnya.

1. Penambahan level monitoring pada aplikasi agar para pengguna atau user dapat memantau keadaan perangkat apakah dalam keadaan aktif atau tidak aktif.
2. Untuk pengaplikasian dalam dunia perindustrian sebaiknya daya solar panel di perbesar agar energi matahari dapat di serap lebih banyak.

3. Motor yang digunakan dalam sistem penggerak solar panel seharusnya dapat mengimbangi beban berat dari papan solar panel agar motor dapat bekerja tidak terlalu berat mengikuti arah pergerakan matahari.

DAFTAR PUSAKA

- Bagas Kawarasan. (2012). *Bagian-bagian Adaptor*
- Bahri, s. (2019). Optimasi cluster k-means dengan modifikasi metode elbow untuk menganalisis disrupsi pendidikan tinggi.
- Budiharto, Widodo.(2010). *Robotika teori dan implementasi*. Yogyakarta. Andi Publisher
- Diantoro, m., maftuha, d., suprayogi, t., iqbal, m. R., mufti, n., taufiq, a., ... & hidayat, r. (2019). Performance of pterocarpus indicus willd leaf extract as natural dye tio2-dye/ito dssc. *Materials today: proceedings*, 17, 1268-1276.
- Dwi Soltan Wicaksono. (2018). *Rancang bangun photovoltaic dual axis solar tracker untuk pengisian baterai mobile robot pembersih lapangan*. Jakarta. Universitas Budi Luhur
- Gabriel Wambrau. (2014). *Pengertian komputer terapan jaringan*. Jayapura. SMK sentani
- Hamdani, h., tharo, z., & anisah, s. (2019, may). Perbandingan performansi pembangkit listrik tenaga surya antara daerah pegunungan dengan daerah pesisir. In seminar nasional teknik (semnastek) uisu (vol. 2, no. 1, pp. 190-195).
- Hariyanto, e., iqbal, m., siahaan, a. P. U., saragih, k. S., & batubara, s. (2019, march). Comparative study of tiger identification using template matching approach based on edge patterns. In *journal of physics: conference series* (vol. 1196, no. 1, p. 012025). Iop publishing.
- I Made Astra, Satwiko Sidopekso. (2011). *Rancang bangun solar charge controller dengan indikator arus, tegangan dan suhu mikrokontroler Atmega 8535*, hal 12
- Jager, K.et al.(2014). *Solar Energy Fundamental,Technology and System*. Delft : Delft University of Technology.

Kadir Abdul. (1995). Energi sumber daya, inovasi, tenaga listrik dan potensi ekonomi. ; Universitas Indonesia. Jakarta

Khalid Fadhlullah.(2017). Solar tracking *system* berbasis arduino. Makassar. Uin-alauddin

Lubis, a., & batubara, s. (2019, december). Sistem informasi suluk berbasis cloud computing untuk meningkatkan efisiensi kinerja dewan mursyidin tarekat naqsyabandiyah al kholidiyah jalaliyah. In prosiding simantap: seminar nasional matematika dan terapan (vol. 1, pp. 717-723).

Mediastika, C.E. (2013). Hemat energi dan lestari lingkungan melalui bangunan. Yogyakarta: Andi Publisher

Nur Fitryah. (2015). Pembangkit listrik tenaga surya. Jakarta. Universitas Trisakti

Nursandi, Ichsan Sukma. (2017). Analisa penerapan solar tracker pada panel surya *Policrystalline* (20 wp). Jakarta. Universitas Mercu Buana

Putra, randi rian, et al. "decision support system in selecting additional employees using multi-factor evaluation process method." (2019).

Putra, randi rian. "sistem informasi web pariwisata hutan mangrove di kelurahan belawan sicanang kecamatan medan belawan sebagai media promosi." jurnal ilmiah core it: community research information technology 7.2 (2019).

Rahmaniar, r. (2019). Model flash-nr pada analisis sistem tenaga listrik (doctoral dissertation, universitas negeri padang).

Rudi Hartono.(2013). "perancangan sistem data logger baterai berbasis arduino duemilanove"hal 27

Sidik, a. P., efendi, s., & suherman, s. (2019, june). Improving one-time pad algorithm on shamir's three-pass protocol scheme by using rsa and elgamal algorithms. In journal of physics: conference series (vol. 1235, no. 1, p. 012007). Iop publishing.

Sulistianingsih, i., suherman, s., & pane, e. (2019). Aplikasi peringatan dini cuaca menggunakan running text berbasis android. It journal research and development, 3(2), 76-83.

Tasril, v., wijaya, r. F., & widya, r. (2019). Aplikasi pintar belajar bimbingan dan konseling untuk siswa sma berbasis macromedia flash. Jurnal informasi komputer logika, 1(3).

Wijaya, rian farta, et al. "aplikasi petani pintar dalam monitoring dan pembelajaran budidaya padi berbasis android." rang teknik journal 2.1 (2019).