

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka dilakukan dengan cara pengumpulan data dari jurnal-jurnal dan buku-buku yang sudah ada yang akan digunakan untuk acuan dalam membuat “Implementasi *Fuzzy Logic Control* Untuk *Tracking Sistem* Dalam Mengoptimalkan Panel Surya”. Berikut data-data yang digunakan :

- a. Gusti Bagus Ardina 2019 “*Rancang Bangun Dual Axis Solar Tracker Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno*”. Dalam penelitian ini merancang sebuah alat solar tracker menggunakan dual axis yang mempunyai tujuan utama yaitu memanfaatkan energi matahari agar bisa dimanfaatkan semaksimal mungkin. Hasil pengujian penelitian dual axis solar tracker rata-rata tegangan tanpa dan dengan tracking sistem yaitu 18, 10 Volt dan 20 Volt dengan rata-rata arus tanpa dan dengan tracking sistem 3,21 A dan 5,19 serta tegangan maksimal dan dengan sistem tracking yaitu 20,4 Volt dan 21 Volt ^[6].
- b. Sri Yatmani & Edwin Kamal & Tita Aisyah & Wahyu Widodo & Faizal A 2020 “*Sistem Kendali Solar Tracker Untuk Meningkatkan Efisiensi Daya*”. Dalam penelitian ini membuat solar tracker prototype dengan mengatur waktu pergerakan modul surya. Prototype ini menggunakan Arduino Mega 2560 pengendali dan 4 sensor LDR dan 3 motor stepper. Hasil penelitian ini bahwa daya optimum solar tracker diperoleh pada jam 11.00 sebesar 124380 Joule untuk sistem statis dan dinamis sebesar 174600 Joule. Tipe tracking menghasilkan energi total lebih besar dibandingkan tipe statis sebesar 12,9%. Efisiensi yang dihasilkan solar tracker dinamis terhadap modul solar cell adalah 61,27% ^[7].
- c. Angga Juliat Adi Saputra & Bayu Erfianto & Mas’ud Adhi Saputra & Sidik Prabowo & Novian Anggis Swastika 2019 “*Implementasi Fuzzy Logic Control Pada Pelacakan Panel Surya*”. Dalam penelitian ini menggunakan algoritma decision yaitu algoritma fuzzy logic yang memiliki kompleksitas rendah sehingga sehingga tidak membebani sistem, Algoritma Fuzzy Logic Control ini diimplementasikan pada mikrokontroler Arduino. Penelitian ini menghasilkan dengan sistem pelacakan, panel surya dinamis dapat menghasilkan nilai tegangan

panel surya 19% lebih optimal daripada panel surya statis. Panel surya dinamis menghasilkan nilai arus 16% lebih optimal daripada sistem statis. Dan lama waktu pengisian baterai accu panel surya dinamis 1 jam lebih cepat daripada pengisian panel surya statis^[8].

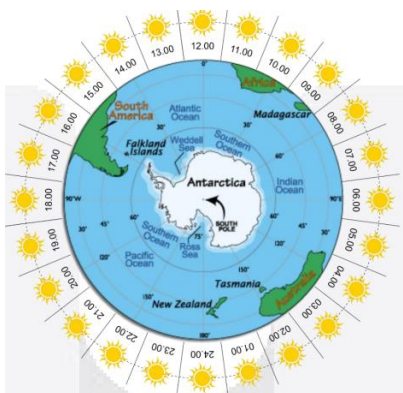
- d. Goro Sutarso Putra & Wakhyu Dwiono 2020 “*Rancang Bangun Penjejak Matahari 2 Sumbu Menggunakan RTC (Real Time Clock) Untuk Panel Surya*”. Dalam penelitian ini menggunakan data RTC untuk panel surya dengan dilengkapi sensor angin untuk menghindari hembasan angin kencang. Panel solar tracker akan bergerak tiap 30 menit yang bekerja dimulai pukul 08.00 WIB dan berakhir 16.30 WIB, oleh karena itu terbentuklah 16 langkah setiap harinya dimana tiap langkah sebesar $3,60^\circ$. Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa tegangan V_{oc} pada solar tracker 4,83% lebih besar dibandingkan pada panel surya statis, tetapi I_{sc} pada solar tracker 11,11% lebih kecil dibandingkan pada panel surya statis^[9].
- e. Lutfi Aziz & Deden Wahidin & Santi Arum Puspita Lestari 2021. “*Penerapan Dual Axis Solar Tracking dengan Fuzzy Logic Controller Untuk Optimalisasi Pada Solar Cell*”. Dalam penelitian ini membuat sistem *dual axis solar tracking* pada *solar cell* yang dikombinasikan dengan *Fuzzy Logic Controller*. Mikrokontroler yang digunakan Arduino Nano. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan rata-rata output yang dihasilkan *solar cell* pada sistem *dual axis solar tracking* dengan *Fuzzy Logic Controller* yakni sebesar 777.06 mW, sedangkan rata-rata output daya yang dihasilkan *solar cell statis* sebesar 671. mW. Dengan demikian *solar cell sistem dual axis solar tracking* dengan *Fuzzy Logic Controller* mampu menghasilkan output daya yang lebih optimal dibandingkan dengan *solar cell statis* dengan presentasi optimasi sebesar 15.76^[10].

Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa pembuatan *solar tracking* hanya menggunakan sistem seperti pemanfaatan RTC, *Dual Axis*, *Fuzzy Logic Control*, maka penelitian ini penulis bermaksud untuk membuat *solar tracking* menggunakan sistem kendali *Fuzzy Logic Control Dual Axis* dilengkapi dengan alternatif lain jika terjadi mendung dengan menggunakan RTC dan SD Card untuk mengoperasikan aktuator motor servo dalam mengoptimalkan panel surya dalam menghasilkan listrik.

2.2 Landasan Teori

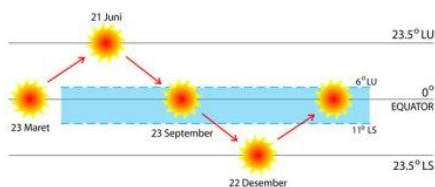
2.2.1 Gerak Semu Matahari

Gerak semu matahari terbagi menjadi dua yaitu gerak semu harian matahari dan gerak semu tahunan matahari. Gerak semu matahari disebabkan oleh rotasi bumi pada porosnya dimana bumi berputar dari arah barat ke timur sehingga seolah-olah matahari bergerak dari timur ke barat. Gerak bumi berotasi tersebut membutuhkan waktu selama 23 jam 56 menit 4.091 detik. Gambar 2.1 menjelaskan posisi matahari menyinari bumi dalam 1 hari dimana matahari bergerak sebesar 360° selama 24 jam.^[11]



Gambar 2. 1 Gerak Semu Harian Matahari ^[11]

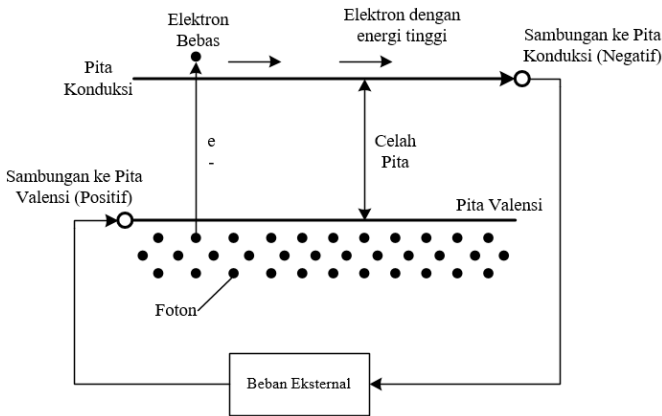
Gerak semu tahunan matahari disebabkan oleh revolusi bumi dimana bumi mengelilingi matahari selama 365,25 hari sehingga seolah-olah matahari bergerak dari garis khatulistiwa, ke garis balik utara ($23,5^\circ$ LU), ke khatulistiwa lagi ke garis balik selatan ($23,5^\circ$ LS) seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Gerak Semu Tahunan Matahari ^[11]

2.2.2 Sel Surya

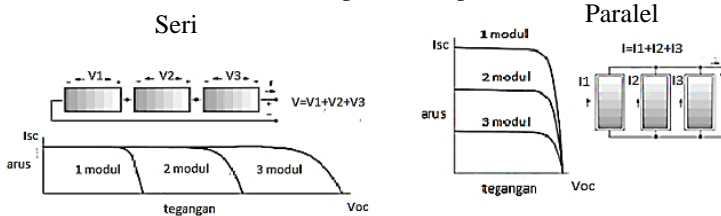
Photovoltaic merupakan sebuah alat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan efek fotoelektrik. Panel surya dibuat dengan bahan semikonduktor berbahan silikon yang memiliki tingkatan energi yang disebut dengan pita energi. Dua bagian yang terbagi dari pita energi, pita valensi dan pita konduksi. Pita valensi terisi penuh dengan muatan *electron* sedangkan pita konduksi tidak memiliki *electron*. *Bandgap* merupakan pemisah antar dua celah pita tersebut. Semikonduktor bisa mengalirkan listrik jika terdapat aliran elektron, dengan cara memberi *impurity* (pengotor) pada material semikonduktor yang dapat disebut dengan *doping*. Pemberian *doping* terbagi menjadi dua jenis, yaitu jenis phosphor dan jenis boron. Semikonduktor yang diberi jenis phosphor akan memiliki kelebihan elektron (*n-type*), sedangkan yang diberi jenis boron menjadi penerima *electron* (*hole*) sebab daerah ini memiliki kekurangan elektron.^[4]



Gambar 2. 3 Skematik Panel Surya Mengubah Listrik^[4]

Gambar 2.3 adalah proses pada sel surya yang mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Prinsip kerja sel surya berdasarkan hubungan p dengan n (*p-n junction*). Jika energi foton yang terdapat pada cahaya matahari masuk ke dalam bahan semikonduktor pada sel surya dan sel surya menerima radiasi matahari, hal ini akan mengakibatkan elektron dari daerah *n-type* menyebar ke daerah *p-type* dan *hole* di daerah *p-type* juga menyebar ke sisi *n-type*.

Panel surya merupakan penggabungan dari sel surya, sedangkan panel surya yang digabungkan akan membentuk larik sel surya (*array*). Sel surya yang dihubungkan secara seri antar sel nya akan membuat nilai tegangan *open circuit* (V_{OC}) naik sedangkan nilai arus *short circuit* (I_{SC}) akan tetap. Sel surya yang dihubungkan secara paralel antar sel nya akan membuat nilai tegangan *open circuit* (V_{OC}) sama sedangkan nilai arus *short circuit* (I_{SC}) akan naik.^[4] Dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Susunan Panel Surya^[4]

Jenis-jenis panel surya:

1. Monokristal (*Mono-Crystalline*)

Jenis ini terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris-iris tipis-tipis. Berbeda dengan Kristal silikon murni yang membutuhkan teknologi khusus untuk mengirisnya menjadi kepingan-kepingan kristal silikon yang tipis. Dengan ini akan menghasilkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain dan berkinerja tinggi. Sehingga menjadi sel surya paling efisien dibandingkan jenis sel surya lainnya sekitar 15% -20%. Sel-sel surya *monocrystalline* juga dikenal sebagai sel-sel Kristal tunggal. Sel *monocrystalline* terbuat dari bentuk silikon yang sangat murni, membuatnya menjadi bahan paling efisien untuk konversi sinar matahari menjadi energi

2. Polikristal (*Poly-Crystalline*)

Jenis ini terbuat dari beberapa batang Kristal silikon yang dilebur atau dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian Kristal silikonnya tidak sempurna pada sel surya *monocrystalline*, Karena sel surya yang dihasilkan tidak identic satu sama lain dan efisiensinya lebih rendah sekitar 13% -16%.

3. Thin-Film Photovoltaic

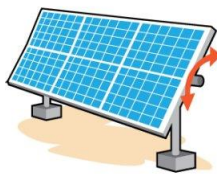
Jenis sel surya ini diproduksi dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan material sel surya tipis ke dalam lapisan dasar. Sel surya jenis ini sangat tipis karenanya sangat ringan dan fleksibel. Jenis ini dikenal dengan nama TFPV (*Thin Film Photovoltaic*).

2.2.3 Sistem Penggerak Sel Surya

Sistem penggerak sel surya merupakan sebuah penggerak yang dipasang pada sel surya untuk mengatur posisi sel surya agar dapat terarah sesuai arah datangnya sinar matahari. Posisi sistem penggerak sel surya yang paling besar menerima cahaya matahari adalah saat tegak lurus dengan arah datang cahaya matahari tersebut. Dalam sistem penggerak sel surya ini harus dapat menyesuaikan posisinya terhadap arah datang cahaya matahari agar mendapatkan intensitas cahaya yang maksimum. Saat intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sel surya menurun, maka sistem penggerak ini akan memposisikan diri secara otomatis menyesuaikan arah datang cahaya matahari tersebut (tegak lurus dengan arah datang cahaya matahari). Keuntungan dari sistem ini adalah dapat memaksimalkan efisiensi daya output dari cahaya matahari yang diterima oleh sel surya. Untuk sistem penggerak sel surya berdasarkan jumlah pergerakannya dibagi menjadi dua yaitu *single axis* dan *dual axis*^[12].

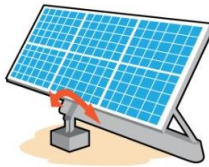
a. Sistem Penggerak Sel Surya *Single Axis*

Sistem penggerak sel surya otomatis *single axis* hanya mempunyai satu derajat kebebasan yang dapat bergerak pada sumbu horizontal atau vertikal. Untuk pemilihan sumbu gerak pada sistem ini disesuaikan dari letak pemasangan sel surya. Jika sel surya dipasang pada wilayah khatulistiwa dimana lintasan gerak matahari tepat melewati wilayah tersebut maka disarankan untuk memasang sistem penggerak sel surya otomatis dengan sumbu horizontal.



Gambar 2. 5 Sistem Gerak Panel Surya Horizontal

Jika sel surya dipasang pada wilayah yang jauh dari garis khatulistiwa dimana matahari tidak tepat melintas diatas wilayah tersebut maka disarankan untuk memasang sistem penggerak sel surya otomatis dengan sumbu vertikal. Untuk sistem penggerak sel surya otomatis dengan sumbu vertikal dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Panel Surya Sumbu Vertikal

b. Sistem Penggerak Sel Surya *Dual Axis*

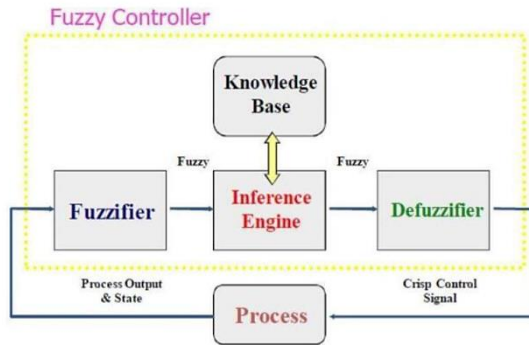
Sistem penggerak sel surya otomatis dual axis mempunyai dua derajat kebebasan atau *Degree of Freedom (DOF)* yang dapat bergerak pada sumbu horizontal dan vertikal. Sumbu horizontal memutar sel surya dan bergerak dari utara ke selatan atau sebaliknya, sementara sumbu vertikal memutar sel surya untuk melakukan gerak rotasi dari timur ke barat atau sebaliknya. Dibandingkan dengan sistem penggerak sel surya otomatis single axis, sistem penggerak panel surya otomatis *dual axis* ini secara natural dapat memberikan akurasi dan kinerja yang lebih baik. Untuk sistem penggerak panel surya otomatis dual axis dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Panel Surya Dual Axis

2.2.4 Metode Kendali Fuzzy Logic

Metode kendali Fuzzy Logic dipilih karena memiliki logika pemrograman yang mengikuti logika berpikir manusia. *Fuzzy Logic Controller (FLC)* merupakan suatu metode kendali yang pada dasarnya menyerupai pola pikir manusia dalam mengambil suatu keputusan secara acak atau tidak pasti (samar) yaitu nilai yang terletak antara 0 dan 1. Sistem kendali ini memiliki himpunan tersendiri yaitu himpunan fuzzy yang memiliki derajat keanggotaan tertentu. Pada FLC terdapat tiga proses utama yang dapat dilihat pada Gambar 2.8.^[12]



Gambar 2. 8 Blok Diagram Fuzzy Logic Control ^[20]

1. **Fuzzifier**
Fuzzifier merupakan suatu proses yang dapat mengubah nilai-nilai numerik menjadi kelas keanggotaan set fuzzy. Untuk memutuskan pergantian kondisi setiap aturan sesuai dengan input, blok fuzzifikasi harus sesuai dengan kondisi aturan dan data input. Nilai dari fungsi keanggotaan fuzzy dapat diatur tergantung pada penggunaannya. Jumlah himpunan fuzzy meningkat ketika ada banyak kemungkinan yang terjadi seperti contoh mengenai pergerakan matahari.
2. **Inference Engine**
Inference Engine atau *Fuzzy Inference* merupakan proses pemetaan dari input dalam bentuk himpunan fuzzy ke output dengan menggunakan *fuzzy logic*. Proses ini dibagi menjadi dua bagian yaitu data base dan rule base. Data base berisi parameter-parameter fuzzy dan rule base berisi aturan-aturan fuzzy logic. Untuk satu aturan fuzzy ditulis *IF antecedent THEN consequent*.
3. **Defuzzifier**
Defuzzifier atau defuzzifikasi merupakan proses computing dengan berbagai metode untuk mengubah nilai fuzzy menjadi nilai crisp.

2.2.5 Solar Charge Controller

Solar charger controller adalah sebuah alat untuk mengatur tegangan yang masuk ke baterai. *Solar charge controller* memiliki fungsi yaitu untuk mengatur agar tidak terjadi *over charger* atau kelebihan

pengisian^[9]. Sebagian besar panel surya menghasilkan tegangan keluaran sekitar 16 sampai 20 Volt DC, jadi jika tidak ada pengaturan, baterai akan rusak dari pengisian tegangan yang berlebihan. Pada umumnya baterai 12 Volt membutuhkan tegangan pengisian sekitar 13-14,8 Volt (tergantung tipe baterai) untuk dapat terisi penuh. Dengan demikian ketahanan baterai akan jauh lebih tahan lama. Di dalam kondisi ini, listrik yang tersuplai akan langsung terdistribusi ke beban/peralatan listrik dalam jumlah tertentu sesuai dengan konsumsi daya peralatan listrik. Kondisi kedua adalah saat tegangan di baterai dalam keadaan hampir kosong, maka controller berfungsi menghentikan pengambilan arus listrik oleh beban/peralatan listrik. Dalam kondisi tegangan tertentu (umumnya sekitar 10% sisa tegangan di baterai), maka pemutusan arus beban dilakukan oleh 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 pengisian. Pada controller tipe – tipe tertentu dilengkapi dengan digital meter dengan indikator yang lebih lengkap, untuk memonitor berbagai macam kondisi yang terjadi pada sistem pembangkit listrik tenaga surya tersebut. ^[10] Dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2. 9 Solar Charge Controller ^[13]

Adapun spesifikasi dari solar charge controller tersebut seperti pada Tabel 2.1 yang berguna untuk mengetahui kuat arus maksimal pengecasan.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Solar Charge Controller^[13]

Batt Voltage	12Vdc / 24 Vdc
Charge Current	20 Ampere
Discharge Current	20 Ampere
Max Solar Input	< 50Vdc
Float Charge	13.7 V (default, adjustable)

Discharge Stop	10.7 V (default, adjustable)
Discharge reconnect	12.6 V (default, adjustable)
USB Output	5V/3V
Self-consume	< 10 Ma
Operating Temperature	-35 ~+ 60°C

2.2.6 Baterai

Baterai sebagai perangkat elektrokimia merupakan sumber kelistrikan utama bagi kendaraan. Baterai memberikan beda potensial (tegangan) melalui proses elektrokimia. Baterai tidak menyimpan energi listrik, melainkan energi kimia yang diubah menjadi energi listrik melalui proses pengosongan muatan (*discharge*). Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau *accumulator* adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi *elektrokimia reversibel* adalah didalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda - elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewatkan arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel. Baterai terdiri dari dua jenis, yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer merupakan baterai yang hanya dapat dipergunakan sekali pemakaian saja dan tidak dapat diisi ulang. Hal ini terjadi karena reaksi kimia material aktifnya tidak dapat dikembalikan. Sedangkan baterai sekunder dapat diisi ulang, karena material aktifnya didalam dapat diputar kembali. Kelebihan dari pada baterai sekunder adalah harganya lebih efisien untuk penggunaan jangka waktu yang panjang.^[14]



Gambar 2. 10 Baterai Kering 12 V 7,2 Ah^[14]

2.2.7 Arduino Mega 2560

Arduino adalah sebuah papan elektronik yang dilengkapi dengan software open source yang merupakan mikrokontroler ATmega dan berfungsi sebagai pengendali mikro *single-board* yang dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik. Arduino mega 2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (Port serial Hardware), selain itu arduino mega juga memiliki 16 MHz kristal osilator, tombol reset, header ICSP, koneksi USB dan jack power. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler dalam berbagai pekerjaan.^[15] Dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 11 Arduino Mega 2560 ^[15]

Adapun spesifikasi dari Arduino Mega 2560 tersebut seperti pada Tabel 2.2 yang berguna untuk mengetahui spesifikasi dan tegangan untuk operasi.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino Mega 2560^[15]

Microcontroller	ATmega 2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM Output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 Ma
DC Current for 3.3 V Pin	50 Ma
Flash Memory	256 KB, 8 KB used by bootleader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

2.2.8 Motor Servo

Motor Servo merupakan sebuah motor DC yang dilengkapi rangkaian kontrol dengan sistem *closed feedback* yang saling terintegrasi dengan motor tersebut. Posisi sumbu putar pada servo akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo disusun dari sebuah motor DC, *gearbox*, variable resistor (V_R) atau potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas maksimum putaran sumbu (axis) motor servo. Sedangkan sudut dari sumbu servo akan diatur menurut lebar pulsa pada pin kontrol motor servo. Motor servo akan mampu bekerja secara dua arah (CW dan CCW) dimana arah serta sudut pergerakan motornya dapat dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM yang terletak pada bagian pin kontrolnya.^[16] Dapat dilihat pada Gambar 2.13.

Jenis Motor Servo:

- a. Motor Servo Standar 180°
Pada servo jenis ini, motor hanya dapat bergerak dalam dua arah (CW dan CCW) dengan penyimpangan masing-masing sudut mencapai 90°. Berdasarkan penyimpangan sudut tersebut, maka jumlah penyimpangan dari kanan ke tengah ke kiri sebesar 180°.
- b. Motor Servo *Continuous*
Motor servo jenis ini mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa ada Batasan penyimpangan sudut putar. Artinya motor servo jenis ini dapat berputar secara terus-menerus.



Gambar 2. 12 Motor Servo MG996R^[16]

Adapun data dari Motor Servo tersebut seperti pada Tabel 2.3 yang berguna untuk mengetahui detail spesifikasi motor servo MG996R.

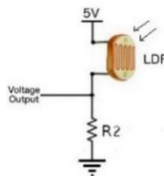
Tabel 2. 3 Spesifikasi Motor Servo MG966R^[16]

Stall Torque	9.4 kgf.cm (4.8 V), 11 kgf.cm (6 V)
Operating Speed	0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60°(6V)
Operating Voltage	4.8 V a 7.2 V
Running Current	500 mA – 900 mA (6V)
Stall Current	2.5 A (6V)
Dead Band width	5 μ s
Temperature range	0°C - 55°C

2.2.9 LDR (*Light Dependent Resistant*)

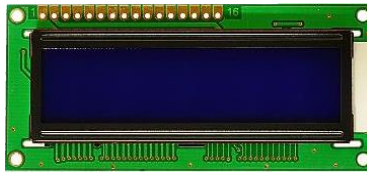
LDR adalah suatu komponen elektronika yang memiliki hambatan yang dapat berubah sesuai perubahan intensitas cahaya. LDR singkatan dari *Light Dependent Resistor* atau resistor yang terpengaruh cahaya. Prinsip kerja dari LDR adalah ketika ada cahaya mengenai LDR maka hambatan dari LDR akan menurun sehingga arus akan meningkat. Ketika gelap hambatan dari LDR akan meningkat dan arus akan menurun. Fenomena inilah yang dimanfaatkan sebagai sensor cahaya. Adanya perbedaan nilai arus dari sensor digunakan sebagai masukan analog pada Arduino.

Besarnya hambatan LDR sendiri berbeda-beda tergantung ukuran dan bentuknya. Semakin rapat pola garis di permukaannya biasanya perubahan hambatannya akan semakin besar (lebih sensitive terhadap cahaya). Naik turunnya nilai hambatan akan sebanding dengan jumlah cahaya yang diterima. Nilai hambatan LDR akan mencapai 200 K Ω pada kondisi gelap, dan akan menurun 500 Ω pada kondisi terang. Sebelum dimasukkan ke mikrokontroler, LDR akan dimasukkan dalam sebuah rangkaian *voltage divider*. Hal ini dikarenakan untuk mengubah resistansi dari LDR menjadi tegangan sesuai dengan kebutuhan input mikrokontroler.^[6] Dapat dilihat pada Gambar 2.15

Gambar 2. 13 Sensor LDR ^[6]

2.2.10 LCD (Liquid Crystal Display)

Liquid Crystal Display merupakan media yang digunakan untuk menampilkan hasil dari keluaran pada sebuah rangkaian elektronika.^[15] LCD sangat membantu dalam menampilkan hasil perhitungan, variable atau keperluan lainnya yang ditampilkan yang dapat ditampilkan untuk mengetahui proses sistem kerja alat yang dibuat. LCD juga bisa digunakan untuk menampilkan hasil pengambilan data dari sensor. Dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2. 14 LCD^[17]

Adapun spesifikasi dari LCD tersebut seperti pada Tabel 2.4 yang berguna untuk mengetahui spesifikasi dan tegangan untuk operasi.

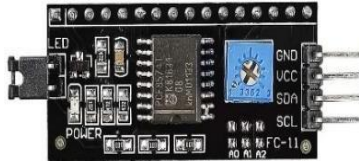
Tabel 2. 4 spesifikasi LCD^[17]

Nama Pin	Deskripsi
VCC	Tegangan 5V
GND	0V
VEE	Tegangan Kontras LCD
RS	<i>Register Select</i>
R/W	I = Read, 0 = Write
E	<i>Enable Clock LCD,</i>
D0-D7	Data Bus 0 – Data Bus 7

2.2.11 Modul I2C

Inter Integrated Circuit atau sering disebut IIC adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem IIC terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara IIC dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem IIC Bus dapat dioperasikan sebagai Master dan *Slave*. Master adalah piranti yang memulai transfer data pada IIC Bus dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri transfer data dengan

membentuk sinyal *stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamat master.^[18] Dapat dilihat pada Gambar 2.18



Gambar 2. 15 Modul I2C ^[17]

Adapun spesifikasi dari Modul I2C tersebut seperti pada Tabel 2.5 yang berguna untuk mengetahui spesifikasi.

Tabel 2. 5 Spesifikasi Module I2C ^[17]

<i>Supply Voltage</i>	85 : 264 V AC, 120 : 370 V DC
<i>Current consumption</i>	0.6 A
<i>Supply Power</i>	60 W Max
<i>Efficiency</i>	80 %
<i>Output voltage</i>	12V DC
<i>Output current tAMB<30°C</i>	5A
<i>Output current tAMB=40°C</i>	3.5 A
<i>Voltage adjustment range</i>	12 V : 15 V DC

2.2.12 RTC (*Real Time Clock*)

RTC merupakan jam elektronik berupa chip yang dapat menghitung waktu mulai hitungan detik hingga tahun dengan sangat akurat dan dapat menyimpan data waktu tersebut secara real time. Karena jam tersebut bekerja secara real time, maka setelah proses hitung waktu dilakukan output datanya langsung disimpan atau dikirim ke *device* lain melalui antarmuka.^[9] Dapat dilihat pada Gambar 2.19.



Gambar 2. 16 Modul RTC^[9]

2.2.13 Module SD Card

SD Card adalah perangkat penyimpanan data. SD Card banyak digunakan karena bentuknya yang simple dan kecil sehingga mudah digunakan di semua perangkat. Untuk mengakses sd card diperlukan modul sd card yang nantinya akan terhubung dengan Arduino. Sd card berfungsi untuk menyimpan data pembacaan LDR dan gerakan motor servo. Data yang telah disimpan dapat diambil kembali apabila cuaca mendung dan RTC akan melakukan pengambilan data sd card diwaktu yang sama dengan hari kemarin.^[6] Dapat dilihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2. 17 Modul SD Card^[6]