

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

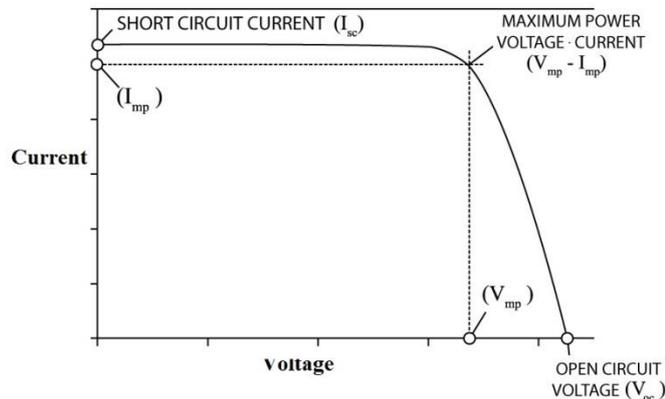
#### **2.1 Solar Cell**

Solar cell atau energi Photovoltaic adalah teknologi yang menghasilkan arus searah (DC) listrik diukur dalam watt (W) atau kilowatt (kW) dari semikonduktor ketika mereka diterangi oleh foton. Selama cahaya menyinari sel surya (nama untuk unsur PV individu), itu menghasilkan tenaga listrik. (Luque dan Hegedus, 2011:4)

Satuan dari panel surya adalah Wp, singkatan dari Watt/peak. Adalah istilah yang memang biasa digunakan dalam dunia *solar energy*. WP menggambarkan besarnya nominal Watt tertinggi yang dapat dihasilkan dari sebuah sistem solar. Ini dikarenakan karena energi dan sinar matahari yang bisa berubah-ubah dalam satu hari. Yang bila digambarkan dalam sebuah grafik dan hasil pengukuran laboratorium tentang ukuran kekuatan daya listriknya per satuan waktu, akan tampak seperti gelombang. Ada puncak (Peak) dan ada lembahnya, berdasarkan data-data yang diperoleh dari pengukuran dalam jangka waktu tertentu (Luque dan Hegedus, 2011:4).

##### **2.1.1 Karakteristik Solar cell**

Total pengeluaran listrik (Watt) dari solar cell sama dengan tegangan (V) operasi dikalikan dengan arus (I) operasi. Tegangan serta arus keluran yang dihasilkan ketika solar cell memperoleh penyinaran merupakan karakteristik yang disajikan dalam bentuk kurva pada gambar 2.1 kurva ini menunjukkan bahwa pada saat arus dan tegangan berada pada titik kerja maksimal (Maximum Power Point) maka akan menghasilkan daya keluaran maksimum (PMPP). Tegangan di Maximum Power Point (MPP) VMPP, lebih kecil dari tegangan rangkaian terbuka (VOC) dan arus saat MPP IMPP, adalah lebih rendah dari arus short circuit (ISC) (Quaschnig, 2005:137).



Gambar 2.1 Kurva karakteristik keluaran solar cell

(Sumber: <http://electricityofdream.blogspot.com>)

- Short Circuit Current ( $I_{sc}$ ) : terjadi pada suatu titik dimana tegangannya adalah nol, sehingga pada saat ini, daya keluaran adalah nol.
- Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ ) : terjadi pada suatu titik dimana arusnya adalah nol, sehingga pada saat ini pun daya keluaran adalah nol.
- Maximum Power Point (MPP): adalah titik daya output maksimum.

Berikut adalah karakteristik solar cell yang digunakan:

- Max Power ( $P_m$ ) (W) : 50 Wp
- Max Power Voltage ( $V_m$ ) (V) : 17.6 V
- Max Power Current ( $I_m$ ) (A) : 2.86 A
- Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ ) (V) : 22.0 V
- Short Circuit Current ( $I_{sc}$ ) (A) : 3.03 A

### 2.1.2 Teknologi Crystalline Solar cell

Sistem fotovoltaik tersusun dari bahan semikonduktor. Semikonduktor tersebut memiliki empat elektron di kulit terluar, atau orbit, rata-rata. Elektron ini disebut elektron valensi. Semikonduktor SD adalah elemen kelompok IV dari tabel periodik unsur, misalnya silikon (Si), germanium (Ge) atau timah (Sn). Senyawa dari dua elemen yang mengandung salah satu unsur dari kelompok III dan satu dari kelompok V (disebut senyawa III-V) dan II-VI senyawa atau kombinasi dari berbagai elemen juga memiliki empat elektron valensi rata-rata (Quaschnig:2005).

**a. Crystalline Silikon (c-Si)**

Teknologi pertama yang berhasil dikembangkan oleh para peneliti adalah teknologi yang menggunakan bahan silikon kristal tunggal. Teknologi ini mampu menghasilkan sel surya dengan efisiensi yang sangat tinggi. Teknologi crystalline silikon (c-Si) dibagi menjadi dua yaitu mono-crystalline dan multi-crystalline (poly-crystalline) (Quaschnig:2005).

**1. Monocrystalline**

Untuk tipe monocrystalline, mempunyai ciri khas berwarna hitam (berasal dari silikon murni). Bentuk monocrystalline silicon seperti pada Gambar 2.2, bersumber dari silicon tunggal berbentuk silinder yang diiris tipis dengan ketebalan sekitar 200-250  $\mu\text{m}$ . Kekurangan bentuk mono ini adalah modulnya tidak rapat yang menjadi kerugian menyerap panas. Keuntungannya adalah untuk lahan yang sempit dengan intensitas matahari yang tinggi menjadikan sel surya monocrystalline sangat baik dibandingkan yang jenis polycrystalline (Quaschnig:2005).



Gambar 2.2 Panel Monocrystalline Silikon

(Sumber: <http://indonesian.monocrystalsolarpanel.com/>)

**2. Polycrystalline**

Pada gambar 2.3 merupakan bentuk Panel Polycrystalline Silikon. Polycrystalline terbuat dari batang silikon yang dihasilkan dengan cara dilelehkan dan dicetak oleh pipa paralel, lalu lapisan sel surya ini dibentuk persegi dengan ketebalan 180-300  $\mu\text{m}$ . Polycrystalline dibuat dengan tujuan untuk menurunkan harga produksi, sehingga memperoleh sel surya dengan harga yang lebih murah,

namun tingkat efisiensi sel surya ini tidak lebih baik dari polycrystalline yaitu sebesar 12-14% (Quaschnig:2005).



Gambar 2.3 Panel Polycrystalline Silikon

(Sumber: <https://indonesian.alibaba.com>)

#### **b. Lapisan tipis (thin film)**

Selain solar cell dari teknologi crystalline silicon, adapun modul thin film yang dibuat silikon amorf dan bahan lainnya seperti cadmium telluride (CdTe) atau tembaga indium diselenide (CuInSe<sub>2</sub> atau CIS). Modul film tipis dapat diproduksi dengan menggunakan sebagian kecil dari bahan semikonduktor yang diperlukan untuk modul kristal dan ini menjanjikan biaya produksi yang lebih rendah dalam jangka menengah (Quaschnig:2005).

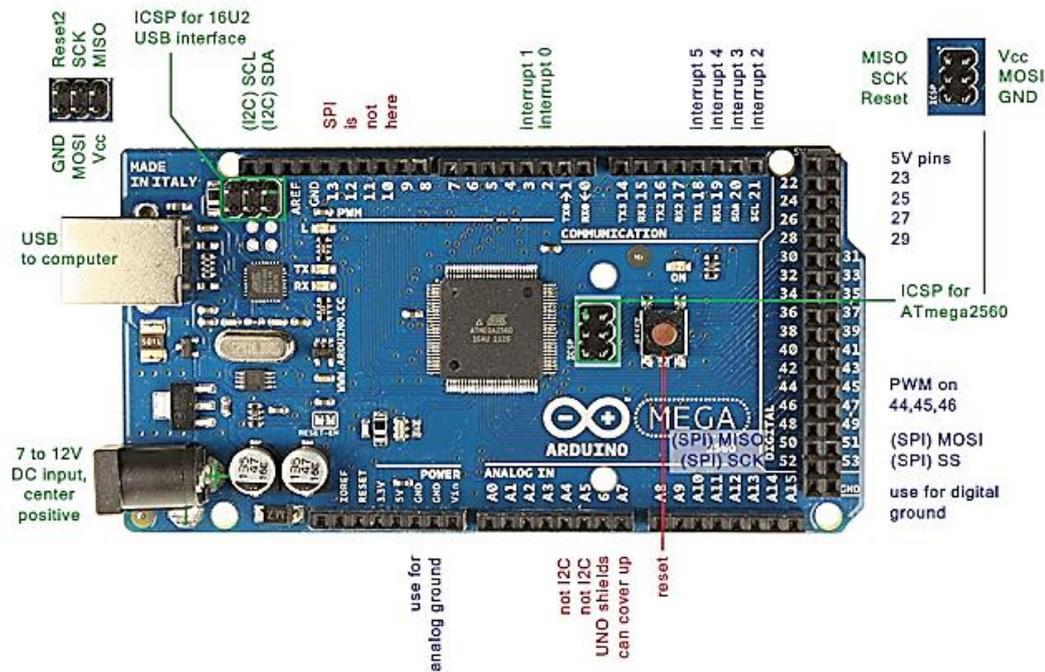
## **2.2 Solar Tracking System**

*Solar Tracking System* merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk mengendalikan orientasi panel surya terhadap posisi matahari sehingga intensitas cahaya matahari dapat diserap maksimum (Hilman:2014).

*Solar Tracking System* secara umum dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu *single* dan *dual axis*. Untuk *single axis* dibagi menjadi dua yaitu *vertical rotating axis* dan *inclined rotating axis*. *Vertical rotating axis* merupakan sistem penjejak yang digunakan untuk mengendalikan sudut azimuth dari timur ke barat. Sedangkan *inclined rotating axis* merupakan sistem penjejak yang digunakan mengendalikan sudut tilt (kemiringan). Untuk sistem penjejak dual axis

menggabungkan antara *vertical rotating axis* dan *inclined rotating axis* (Hilman:2014) .

### 2.3 Arduino Mega2560



Gambar 2.4 Arduino Mega2560

(Sumber : <http://www.labelektronika.com>)

Gambar 2.4 merupakan gambaran dari Arduino Mega2560. Arduino Mega2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port *hardware*). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah osillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, kita tinggal menghubungkan power dari USB ke PC atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC (Purbaya:2017).

### 2.3.1 Sejarah Arduino

Proyek arduino berawal dilvire, italia pada tahun 2005. Sekarang telah lebih dari 120.000 unit terjual sampai dengan 2010. Pendirinya adalah Massimo Banzi dan David Cuartiellez. Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat *open-source*, yang di turunkan dari wiring platform, yang di rancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware*-nya memiliki prosesor atmel AVR dan *softwarena*nya memiliki bahasa pemrograman sendiri (Purbaya:2017).

1. Secara *software* = *Open source* IDE yang digunakan untuk mendvelop aplikasi mikrokontroller yang berbasis arduino platform.
2. Secara *hardware* = Single board mikrokontroller yang bersifat *open source hardware* yang dikembangkan untuk arsitektur mikrokontroller AVR 8 bit dan ARM 32 bit.

Dari ke-3 pengertian diatas, dapat disimpulkan bahwa Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroller dengan jenis AVR. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroller adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output seperti yang diinginkan. Jadi, mikrokontroller bertugas sebagai otak yang mengendalikan input, proses, dan output sebuah rangkaian elektronik. Mikrokontroller ada pada perangkat elektronik sekeliling kita, misalnya Handphone, MP3 Player, DVD, Televisi, AC, dll. Mikrokontroller juga dapat mengendalikan robot maupun robot mainan (Purbaya:2017).

Arduino memiliki kelebihan dibandingkan dengan perangkat kontroler lainnya diantaranya adalah :

1. Tidak perlu perangkat chip programmer karena didalamnya sudah ada bootloader yang akan menangani upload program dari 12lternat.
2. Sudah memiliki sarana komunikasi USB, Sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya.
3. Memiliki modul siap pakai (Shield) yang bisa ditancapkan pada board arduino. Contohnya shield GPS, Ethernet, dll.

### 2.3.2 Sumber Daya

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan steker 2,1 mm yang bagian tengahnya terminal positif ke ke jack sumber tegangan pada papan. Jika tegangan berasal dari baterai dapat langsung dihubungkan melalui header pin Gnd dan pin Vin dari konektor POWER. Papan Arduino ATmega2560 dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 Volt sampai 20 volt. Jika diberi tegangan kurang dari 7 Volt, maka, pin 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt (Purbaya:2017).

Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut:

- a. **VIN** : Adalah input tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai 'saingan' tegangan 5 Volt dari koneksi USB atau sumber daya ter-regulator lainnya). Anda dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika memasok tegangan untuk papan melalui jack power, kita bisa mengakses/mengambil tegangan melalui pin ini.
- b. **5V** : Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 Volt, dari pin ini tegangan sudah diatur (ter-regulator) dari regulator yang tersedia (builtin) pada papan. Arduino dapat diaktifkan dengan sumber daya baik berasal dari jack power DC (7-12 Volt), konektor USB (5 Volt), atau pin VIN pada board (7-12 Volt). Memberikan tegangan melalui pin 5V atau 3.3V secara langsung tanpa melewati regulator dapat merusak papan Arduino.
- c. **3V3** : Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (on-board). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
- d. **GND** : Pin Ground atau Massa.

### 2.3.3 Memori

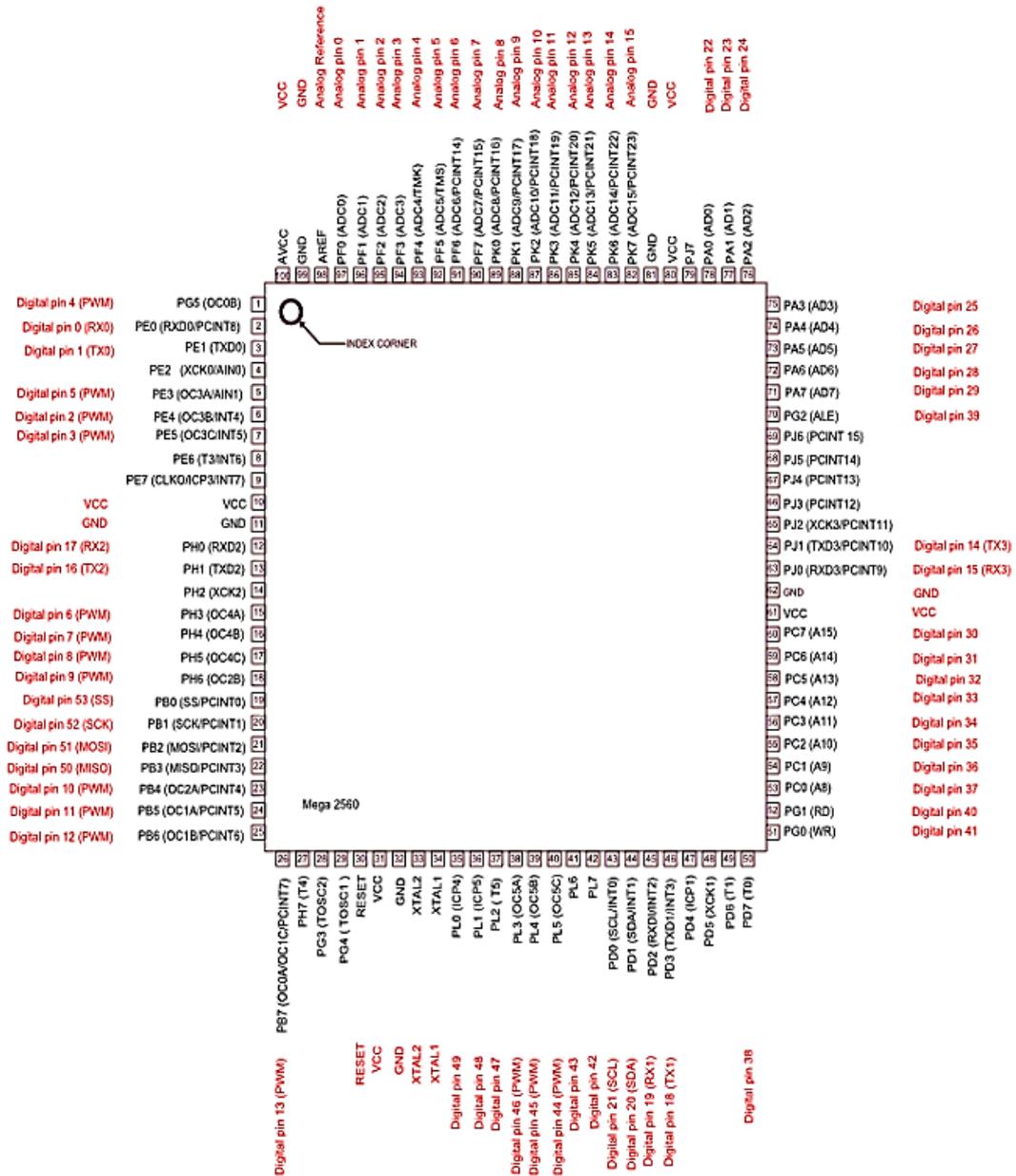
Arduino ATmega2560 memiliki 256 KB flash memory untuk menyimpan kode (yang 8 KB digunakan untuk bootloader), 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM (Purbaya:2017).

### 2.3.4 Input Dan Output

Gambar 2.5 merupakan gambaran dari Atmega2560, yang masing-masing dari 54 digital pin pada Arduino Mega dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Arduino Mega beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal (yang terputus secara default) sebesar 20-50 kOhms (Purbaya:2017).

Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus, antara lain:

- a. **Serial** : 0 (RX) dan 1 (TX); **Serial 1** : 19 (RX) dan 18 (TX); **Serial 2** : 17 (RX) dan 16 (TX); **Serial 3** : 15 (RX) dan 14 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL. Pins 0 dan 1 juga terhubung ke pin chip ATmega16U2 Serial USB-to-TTL.
- b. **Eksternal Interupsi** : Pin 2 (interrupt 0), pin 3 (interrupt 1), pin 18 (interrupt 5), pin 19 (interrupt 4), pin 20 (interrupt 3), dan pin 21 (interrupt 2). Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubah nilai.
- c. **SPI** : Pin 50 (MISO), pin 51 (MOSI), pin 52 (SCK), pin 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan *library* SPI. Pin SPI juga terhubung dengan header ICSP, yang secara fisik kompatibel dengan Arduino Uno, Arduino Duemilanove dan Arduino Diecimila.
- d. **LED** : Pin 13. Tersedia secara built-in pada papan Arduino ATmega2560. LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin diset bernilai HIGH, maka LED menyala (ON), dan ketika pin diset bernilai LOW, maka LED padam (OFF).
- e. **TWI** : Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL). Yang mendukung komunikasi TWI menggunakan *library* Wire. Perhatikan bahwa pin ini tidak di lokasi yang sama dengan pin TWI pada Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila.



Gambar 2.5 Pin Atmega2560

(Sumber : <http://www.labelektronika.com>)

Arduino Mega2560 memiliki 16 pin sebagai analog input, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default pin ini dapat diukur/diatur dari mulai Ground sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan pin AREF dan fungsi `analogReference()` (Purbaya:2017).

Ada beberapa pin lainnya yang tersedia, antara lain:

1. **AREF** : Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan fungsi `analogReference()`.
2. **RESET**: Jalur LOW ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada shield yang menghalangi papan utama Arduino.

### 2.3.5 Komunikasi

Arduino Mega2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, dengan Arduino lain, atau dengan mikrokontroler lainnya. Arduino ATmega328 menyediakan 4 *hardware* komunikasi serial UART TTL (5 Volt). Sebuah chip ATmega16U2 (ATmega8U2 pada papan Revisi 1 dan Revisi 2) yang terdapat pada papan digunakan sebagai media komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai COM Port Virtual (pada Device komputer) untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pada komputer, untuk sistem operasi Windows masih tetap memerlukan file inf, tetapi untuk sistem operasi OS X dan Linux akan mengenali papan sebagai port COM secara otomatis (Purbaya:2017).

Perangkat lunak Arduino termasuk didalamnya serial monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan Arduino. LED RX dan TX yang tersedia pada papan akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui chip USB-to-serial yang terhubung melalui USB komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial seperti pada pin 0 dan 1). Sebuah *library Software Serial* memungkinkan untuk komunikasi serial pada salah satu pin digital Mega2560 (Purbaya:2017).

ATmega2560 juga mendukung komunikasi TWI dan SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk *library Wire* digunakan untuk menyederhanakan penggunaan bus TWI. Untuk komunikasi SPI, menggunakan *library SPI* (Purbaya:2017).

### 2.3.6 Pemrograman

Arduino Mega2560 dapat diprogram dengan *software* Arduino (Unduh perangkat lunak Arduino). (Mengenai pemahasan lebih rinci tentang perangkat

lunak Arduino akan dibahas pada artikel terpisah). ATmega2560 pada Arduino Mega sudah tersedia preburned dengan bootloader yang memungkinkan Anda untuk meng-upload kode baru tanpa menggunakan programmer *hardware* eksternal. Hal ini karena komunikasi yang terjadi menggunakan protokol asli STK500. Anda juga dapat melewati (bypass) bootloader dan program mikrokontroler melalui pin header ICSP (In-Circuit Serial Programming). Chip ATmega16U2 (atau 8U2 pada board Rev. 1 dan Rev. 2) source code firmware tersedia pada repositori Arduino (Purbaya:2017).

ATmega16U2/8U2 dapat dimuat dengan bootloader DFU, yang dapat diaktifkan melalui:

1. **Pada papan Revisi 1** : Menghubungkan jumper solder di bagian belakang papan (dekat dengan peta Italia) dan kemudian akan me-reset 8U2.
2. **Pada papan Revisi 2** : Ada resistor yang menghubungkan jalur HWB 8U2/16U2 ke ground, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU.

Kemudian Anda dapat menggunakan Atmel FLIP *software* (sistem operasi Windows) atau DFU programmer (sistem operasi Mac OS X dan Linux) untuk memuat firmware baru. Atau Anda dapat menggunakan pin header ISP dengan programmer eksternal (overwrite DFU bootloader) (Purbaya:2017).

### **2.3.7 Reset Software Otomatis**

Daripada menekan tombol reset sebelum upload, Arduino Mega2560 didesain dengan cara yang memungkinkan Anda untuk me-reset melalui perangkat lunak yang berjalan pada komputer yang terhubung. Salah satu jalur kontrol *hardware* (DTR) mengalir dari ATmega8U2/16U2 dan terhubung ke jalur reset dari ATmega2560 melalui kapasitor 100 nanofarad. Bila jalur ini di-set rendah/low, jalur reset drop cukup lama untuk me-reset chip. Perangkat lunak Arduino menggunakan kemampuan ini untuk memungkinkan Anda meng-upload kode dengan hanya menekan tombol upload pada perangkat lunak Arduino. Ini berarti bahwa bootloader memiliki rentang waktu yang lebih pendek, seperti

menurunkan DTR dapat terkoordinasi (berjalan beriringan) dengan dimulainya upload (Purbaya:2017).

Pengaturan ini juga memiliki implikasi lain. Ketika Mega2560 terhubung dengan komputer yang menggunakan sistem operasi Mac OS X atau Linux, papan Arduino akan di-reset setiap kali dihubungkan dengan *software* komputer (melalui USB). Dan setengah detik kemudian atau lebih, bootloader berjalan pada papan Mega2560. Proses reset melalui program ini digunakan untuk mengabaikan data yang cacat (yaitu apapun selain meng-upload kode baru), ia akan memotong dan membuang beberapa byte pertama dari data yang dikirim ke papan setelah sambungan dibuka. Jika sebuah sketsa dijalankan pada papan untuk menerima satu kali konfigurasi atau menerima data lain ketika pertama kali dijalankan, pastikan bahwa perangkat lunak diberikan waktu untuk berkomunikasi dengan menunggu satu detik setelah terkoneksi dan sebelum mengirim data (Purbaya:2017).

Arduino Mega2560 memiliki trek jalur yang dapat dipotong untuk menonaktifkan fungsi auto-reset. Pad di kedua sisi jalur dapat hubungkan dengan disolder untuk mengaktifkan kembali fungsi auto-reset. Pad berlabel “RESET-EN”. Anda juga dapat menonaktifkan auto-reset dengan menghubungkan resistor 110 ohm dari 5V ke jalur reset (Purbaya:2017).

### **2.3.8 Perlindungan Beban Berlebih pada USB**

Arduino Mega2560 memiliki polyfuse reset yang melindungi port USB komputer Anda dari hubungan singkat dan arus lebih. Meskipun pada dasarnya komputer telah memiliki perlindungan internal pada port USB mereka sendiri, sekring memberikan lapisan perlindungan tambahan. Jika arus lebih dari 500 mA dihubungkan ke port USB, sekring secara otomatis akan memutuskan sambungan sampai hubungan singkat atau overload dihapus/dibuang (Purbaya:2017).

### **2.3.9 Karakteristik Fisik dan Kompatibilitas Shield**

Maksimum panjang dan lebar PCB Mega2560 adalah 4 x 2.1 inch (10,16 x 5,3 cm), dengan konektor USB dan jack power menonjol melampaui batas

dimensi. Empat lubang sekrup memungkinkan papan terpasang pada suatu permukaan atau wadah. Perhatikan bahwa jarak antara pin digital 7 dan 8 adalah 160 mil (0.16”), tidak seperti pin lainnya dengan kelipatan genap berjarak 100 mil (Purbaya:2017).

Arduino Mega2560 dirancang agar kompatibel dengan sebagian shield yang dirancang untuk Arduino Uno, Arduino Diecimila atau Arduino Duemilanove. Pin Digital 013 (pin AREF berdekatan dan pin GND), input analog 0 sampai 5, header power, dan header ICSP berada di lokasi yang ekuivalen. Selanjutnya UART utama (port serial) terletak di pin yang sama (0 dan 1), seperti pin interupsi eksternal 0 dan 1 (masing-masing pada pin 2 dan 3). SPI di kedua header ICSP yaitu Mega2560 dan Duemilanove/Diecimila (Purbaya:2017).

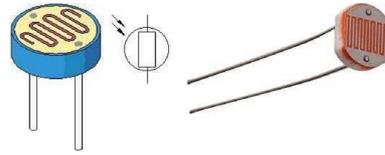
### 2.3.10 Spesifikasi

Tabel 2.1 di bawah ini merupakan spesifikasi dari Arduino Mega2560.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega2560

Spesifikasi	Keterangan
<i>Chip</i> Mikrokontroler	ATMega2560
Tegangan Operasi	5 V
Tegangan Input (Rekomendasi)	7 V-12 V
Tegangan Input (Limit)	6 V- 20 V
<i>Pin</i> Digital I/O	54, (15 buah diantaranya dapat digunakan sebagai <i>Output</i> PWM)
<i>Pin</i> Analog <i>Input</i>	16 (A0 – A.15)
Arus DC per <i>Pin</i> I/O	40 mA
Arus DC <i>Pin</i> 3.3V	50 mA
Memori <i>Flash</i>	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk <i>Bootloader</i>
SRAM	8 Kb
EFROM	4 Kb
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

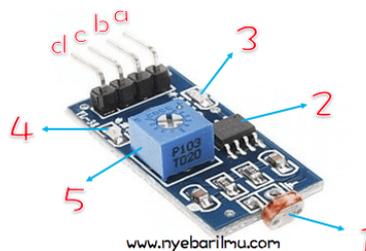
## 2.4 LDR (*Light Dependent Resistor*)



Gambar 2.6 Sensor LDR

(Sumber: <https://www.tneutron.net/>)

Pada gambar 2.6 adalah bentuk dari sensor LDR. Sensor cahaya adalah alat yang digunakan dalam bidang elektronika yang berfungsi untuk mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Sensor cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) merupakan suatu jenis resistor yang peka terhadap cahaya. Nilai resistansi LDR akan berubah-ubah sesuai dengan intensitas cahaya yang diterima. Jika LDR tidak terkena cahaya maka nilai tahanan akan menjadi besar (sekitar  $10M\Omega$ ) dan jika terkena cahaya nilai tahanan akan menjadi kecil (sekitar  $1k\Omega$ ) (Putri:2014).



Gambar 2.7 Modul LDR

(Sumber: <https://www.nyebarilmu.com>)

Modul LDR (*Light Dependent Resistor*) yang terlihat pada gambar 2.7 adalah komponen elektronika yang pada dasarnya mempunyai sifat yang sama dengan resistor, hanya saja nilai resistansinya dari LDR berubah-ubah sesuai dengan tingkat intensitas cahaya yang diterimanya (Putri:2014).

Keterangan bagian utama module :

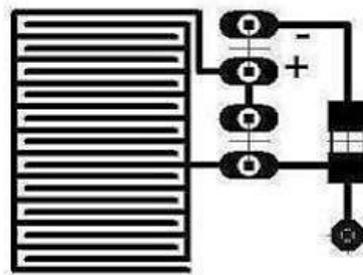
1. Sensor LDR
2. IC Comparator LM393
3. LED Reading sensor
4. LED Power
5. Trimpot

## 6. Pin I/O dan pin power Supply

Keterangan pin :

- Source supply GND
- Output Digital (Logic High and Logic Low)
- Output Analog (Voltage)
- Source supply VCC

### 2.5 *Raindrop sensor*



Gambar 2.8 Rangkaian *Raindrop sensor*

(Sumber : <http://roborace.wordpress.com>)

Pada gambar 2.8 adalah rangkaian *Raindrop sensor*. Sama halnya seperti sensor cahaya, sensor air hujan juga digunakan untuk mendeteksi dan mengetahui magnitude tertentu. *Raindrop sensor* dibuat dengan memanfaatkan konduktivitas air hujan sehingga apabila bagian tersebut terkena air hujan, maka rangkaian akan tersambung (sensor aktif). Pada saat air hujan mengenai panel sensor, maka akan terjadi proses elektrolisis oleh air tersebut karena air termasuk kedalam cairan elektrolit yaitu cairan yang dapat menghantarkan arus listrik. Sensor air ini dibuat menggunakan papan PCB yang jalurnya berliku-liku, agar air yang mengenai jalur tersebut dapat menyatu dan menghantarkan arus listrik. Sensor air hujan berfungsi untuk memberikan nilai masukan pada tingkat elektrolisis air, dimana air akan menyentuh ke panel sensor air (Putri:2014).

*Raindrop sensor* merupakan sebuah alat yang memudahkan untuk mendeteksi hujan. Sensor ini dapat digunakan sebagai sebuah switch saat tetesan air hujan jatuh melewati raining board dan juga untuk mengukur intensitas curah hujan. Fitur-fitur modulnya, sebuah rain board dan papan pengendali yang

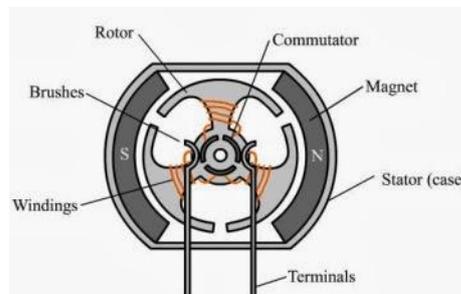
terpisah agar lebih mudah, LED indicator power (OpenHacks, 2016 : Rain Sensor Module).



Gambar 2.9 Modul *Raindrop sensor*  
(Sumber: <https://www.indiamart.com/>)

Gambar 2.9 memperlihatkan modul *raindrop sensor*. Output analog *raindrop sensor* digunakan untuk melakukan pendeteksian hujan, dengan kondisi nilai output sensor tinggi pada saat tidak mendeteksi hujan, sedangkan pada saat sensor mendeteksi hujan, nilai output sensor rendah (OpenHacks, 2016 : Rain Sensor Module).

## 2.6 Motor DC Power Window



Gambar 2.10 Bagian Motor DC  
(<http://wahyu-umiq.blogspot.com/2013/10/motor-dc.html>)

Dari Gambar 2.10 dapat dilihat bagian-bagian dari motor DC. Bagian stator yang berupa magnet permanen dan bagian rotor yang berupa koil atau gulungan kawat tembaga. Dimana setiap ujungnya tersambung dengan komutator. Komutator ini dihubungkan dengan kutub positif (+) dan kutub negatif (-) dari catu daya (Simanjuntak : 2017).

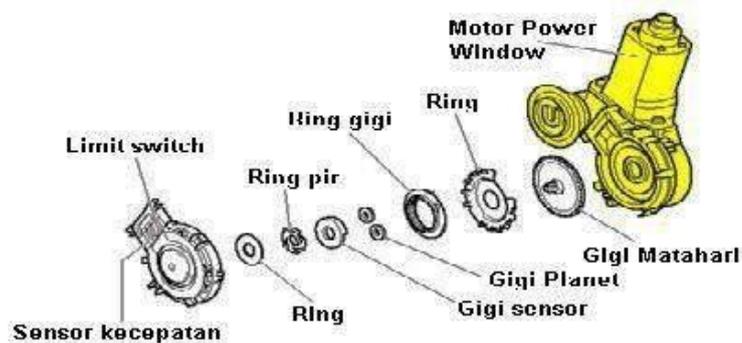
Arus listrik dari kutub positif akan masuk melalui komutator, kemudian berjalan mengikuti gulungan kawat sebelumnya, akhirnya masuk ke kutub negatif dari catu daya. Karena adanya medan elektromagnetik maka rotor akan berputar. Karena putaran rotor, arus listrik di dalam kawat akan berjalan bolak balik karena jalannya sesuai dengan medan magnet, maka rotor akan selalu berputar terus-menerus selama arus listrik tetap mengalir di dalam kawat (Simanjuntak : 2017).



Gambar 2.11 Motor Power Window

(Sumber: <https://www.cytron.io/>)

Jenis motor DC Power Window yang dipergunakan dapat dilihat pada gambar 2.11. Motor DC Power Window adalah suatu motor yang mengubah energi listrik searah menjadi mekanis yang berupa tenaga penggerak torsi. Motor DC digunakan dimana kontrol kecepatan dan kecepatan torsi diperlukan untuk memenuhi kebutuhan (Simanjuntak : 2017).



Gambar 2.12 Kontruksi Motor DC Power Window

(Sumber: <http://yunusarisumpurworejopowerwindow.blogspot.co.id>)

Motor power window banyak digunakan karena torsi tinggi dengan rating tegangan input yang rendah yaitu 12 VDC, dan dimensi motor yang relatif simple dilengkapi dengan internal gearbox sehingga memudahkan untuk instalasi

mekanik. Prinsip kerja motor DC power window mempunyai bagian stator yang berupa magnet permanen dan bagian yang bergerak rotor yang berupa koil atau gulungan kawat tembaga. Dimana setiap ujungnya tersambung dengan komutator ini dihubungkan dengan kutub positif (+) dan kutub negative (-) dari catu daya. Arus listrik dari kutub positif akan masuk melalui komutator, kemudian berjalan mengikuti gulungan kawat sebelumnya, akhirnya masuk ke kutub negative dari catu daya. Karena adanya medan elektromagnetik maka motor akan berputar. Karena putaran rotor, arus listrik didalam kawat akan berjalan bolak-balik karena jalannya sesuai dengan medan magnet, maka rotor akan selalu berputar terus menerus selama arus listrik tetap mengalir di dalam kawat. Kontruksi dari Motor DC Power Window dapat dilihat di gambar 2.12 (Simanjuntak : 2017).

## **2.7 Driver Motor EMS 5A**

Driver motor merupakan bagian yang berfungsi untuk menggerakkan Motor DC dimana perubahan arah motor DC tersebut bergantung dari nilai tegangan yang diinputkan pada input dari driver itu sendiri. Atau bisa didefinisikan sebagai piranti yang bertugas untuk menjalankan motor baik mengatur arah putaran motor maupun kecepatan putar motor (Innovative Electronics:2016).

Driver motor berfungsi sebagai piranti yang bertugas untuk menjalankan motor baik mengatur arah putaran motor maupun kecepatan putar motor. Macam driver motor diantaranya adalah :

### **1. Driver Kontrol Tegangan**

Dengan driver motor kontrol tegangan menggunakan level tegangan secara langsung untuk mengatur kecepatan dari putaran motor.

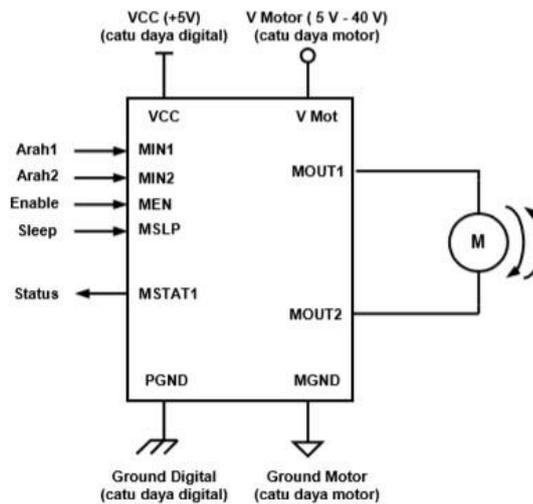
### **2. Driver PWM**

Dengan kontrol PWM kita dapat mengatur kecepatan motor dengan memberikan pulsa dengan frekwensi yang tetap ke motor, sedangkan yang digunakan untuk mengatur kecepatan adalah duty cycle dari pulsa yang diberikan.

### **3. Driver H-Bridge**

Driver type H digunakan untuk mengontrol putaran motor yang dapat diatur arah putarannya CW (searah jarum jam) maupun CCW (berlawanan jarum jam). Driver

ini pada dasarnya menggunakan 4 buah transistor untuk switching (saklar) dari putaran motor dan secara bergantian untuk membalik polaritas dari motor (Innovative Electronics:2016).



Gambar 2.13 Koneksi EMS 5A

(Sumber: <http://www.innovativeelectronics.com/>)

Gambar 2.13 merupakan contoh koneksi dari driver EMS 5A. Modul H-Bridge memiliki 1 set header (J1) dan 1 set terminal konektor (J2). Pada bagian ini akan dijelaskan deskripsi dan fungsi dari masing-masing header dan konektor tersebut. Interface Header (J1) berfungsi sebagai input untuk antarmuka dengan input-output digital serta output analog dari modul H-Bridge (Innovative Electronics:2016).



Gambar 2.14 Driver Motor EMS 5A

(Sumber: <http://www.innovativeelectronics.com/>)

Embedded Module Series (EMS) 5 A H-Bridge merupakan driver H-Bridge yang di desain untuk menghasilkan drive 2 arah dengan arus kontinyu

sampai dengan 5 A pada tegangan 5 Volt sampai 40 Volt. Modul ini dilengkapi dengan rangkaian sensor arus beban yang dapat digunakan sebagai umpan balik ke pengendali. Modul ini mampu men-drive beban-beban induktif seperti misalnya relay, solenoida, motor DC, motor stepper, dan berbagai macam beban lainnya (Innovative Electronics:2016). Bentuk driver EMS 5A dapat dilihat pada gambar 2.14.

Berikut deskripsi dari masing-masing pin pada Interface Header:

- a. Pin 1 MIN1 : Pin input untuk menentukan output MOUT1.
- b. Pin 2 MIN2 : Pin input untuk menentukan output MOUT2.
- c. Pin 3 MEN1 : Pin enable untuk output MOUT1.

Diberi logika High untuk mengaktifkan half HBridge 1, diberi logika Low secara eksternal untuk menonaktifkan half H-Bridge 1.

Jika terjadi kondisi Fault (thermal shutdown, undervoltage, overvoltage, dsb.), maka pin ini akan ditarik Low secara internal oleh modul HBridge untuk melaporkan adanya kondisi Fault.

- d. Pin 4 MEN2 : Pin enable untuk output MOUT2.

Diberi logika High untuk mengaktifkan half HBridge 2, diberi logika Low secara eksternal untuk menonaktifkan half H-Bridge 2.

Jika terjadi kondisi Fault (thermal shutdown, undervoltage, overvoltage, dsb.), maka pin ini akan ditarik Low secara internal oleh modul HBridge untuk melaporkan adanya kondisi Fault.

- e. Pin 5 MCS : Output tegangan analog yang berbanding lurus dengan arus beban (Range output 0 – 5 Volt).
- f. Pin 6 MPWM : Pin input untuk mengatur kerja modul H-Bridge secara PWM
- g. Pin 7 dan 9 VCC : Terhubung ke catu daya untuk input (5 Volt).
- h. Pin 8 dan 10 PGND : Titik referensi untuk catu daya input.

Power & Motor Con (J2) berfungsi sebagai konektor untuk catu daya dan beban. Berikut deskripsi dari masing-masing terminal pada Power & Motor Con:

- a. PGND : Titik referensi untuk catu daya input.
- b. VCC : Terhubung ke catu daya untuk input (5 Volt).
- c. MGND: Titik referensi untuk catu daya output ke beban.
- d. V MOTOR (V MOT): Terhubung ke catu daya untuk output ke beban .
- e. MOUT2: Output ke beban dari half H-Bridge kedua.
- f. MOUT1: Output ke beban dari half H-Bridge pertama.

## **2.8 Bahasa C**

Bahasa C adalah bahasa pemrograman yang dapat dikatakan berada di antara bahasa beraras rendah dan beraras tinggi. Bahasa beraras rendah artinya bahasa yang berorientasi pada mesin dan beraras tinggi berorientasi pada manusia. Bahasa beraras rendah, misalnya bahasa assembler, bahasa ini ditulis dengan sandi yang dimengerti oleh mesin saja, oleh karena itu hanya digunakan bagi yang memprogram mikroprosesor. Bahasa beraras rendah merupakan bahasa yang membutuhkan kecermatan yang teliti bagi pemrogram karena perintahnya harus rinci, ditambah lagi masing-masing pabrik mempunyai sandi perintah sendiri. Bahasa tinggi relatif mudah digunakan, karena ditulis dengan bahasa manusia sehingga mudah dimengerti dan tidak tergantung mesinnya. Bahasa beraras tinggi biasanya digunakan pada komputer.

Pencipta bahasa C adalah Brian W. Kernighan dan Denis M. Ritchi, sekitar tahun 1972. Penulisan program dalam bahasa C dilakukan dengan membagi dalam blok-blok, sehingga bahasa C disebut dengan bahasa terstruktur. Bahasa C dapat digunakan di berbagai mesin dengan mudah, mulai dari PC sampai dengan mainframe, dengan berbagai sistem operasi misalnya DOS, UNIX, VMS dan lain-lain.

Program Bahasa C tidak mengenal aturan penulisan di kolom tertentu, jadi bisa dimulai dari kolom manapun. Namun demikian, untuk mempermudah pembacaan program dan untuk keperluan dokumentasi, sebaiknya penulisan

bahasa C diatur sedemikian rupa sehingga mudah dan enak dibaca. Berikut contoh penulisan Program Bahasa C:

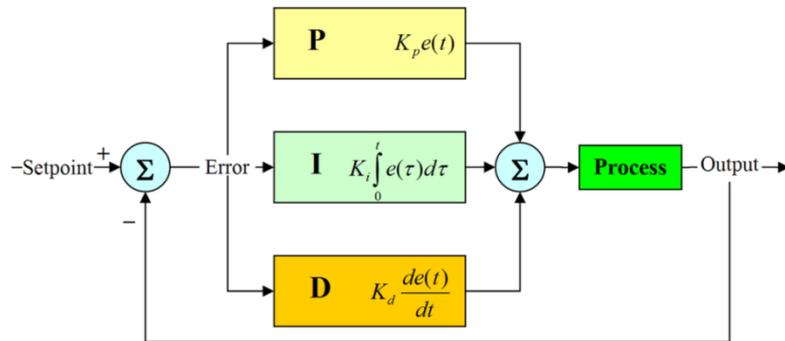
```
#include <at89c51.h>
main ()
{ .....
.....
}
```

Program dalam bahasa C selalu berbentuk fungsi seperti ditunjukkan dalam main (). Program yang dijalankan berada di dalam tubuh program yang dimulai dengan tanda kurung buka { dan diakhiri dengan tanda kurung tutup }. Semua yang tertulis di dalam tubuh program ini disebut dengan blok. Tanda () digunakan untuk mengapit argumen suatu fungsi. Argumen adalah suatu nilai yang akan digunakan dalam fungsi tersebut. Dalam tubuh fungsi antara tanda { dan tanda } ada sejumlah pernyataan yang merupakan perintah yang harus dikerjakan oleh prosesor. Setiap pernyataan diakhiri dengan tanda titik koma ; Baris pertama #include <...> bukanlah pernyataan, sehingga tak diakhiri dengan tanda titik koma (;). Baris tersebut meminta kompiler untuk menyertakan file yang namanya ada di antara tanda <...> dalam proses kompilasi. File-file ini (berekstensi .h) berisi deklarasi fungsi ataupun variable. File ini disebut header. File ini digunakan semacam perpustakaan bagi pernyataan yang ada di tubuh program. (Heryanto : 2008)

## 2.9 Kontroler PID

PID (Proportional-Integral-Derivative) merupakan kontroler yang digunakan untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan mempertahankan titik proses set untuk mencapai nilai yang diinginkan sistem (Larasati : 2016).

Persamaan kontroler PID dapat disajikan dalam berbagai cara, namun formulasi umum adalah:  $PID = kP * Error + kI * \sum Error + kD * dP/dT$  atau dapat ditulis dalam blok diagram sebagai berikut:



Gambar 2.15 Blok Diagram Kontroler PID

(Sumber: <https://id.wikipedia.org/wiki/PID>)

Keterangan:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Dengan:

$u(t)$  : output PID controller

$K_p$ : konstanta Proportional

$K_i$  : konstanta Integral

$K_d$  : konstanta Derivative

$e(t)$  : error (didapatkan dari selisih nilai antara set point dengan level aktual)

### 2.9.1 Kontroler Proportional (P)

Pengaruh pada sistem yang diberikan oleh kontroler proporsional yaitu:

- Dapat menambah atau mengurangi kestabilan.
- Memperbaiki respon transien. Khususnya rise time dan settling time.
- Mengurangi Error steady state.

Kontroler proporsional memberi pengaruh langsung (sebanding) pada error yaitu semakin besar error maka semakin besar sinyal kendali yang dihasilkan kontroler.

Ciri-ciri kontroler proporsional:

- Jika nilai  $K_p$  kecil, kontroler proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat (menambah rise time).

2. Jika nilai  $K_p$  dinaikkan, respon atau tanggapan sistem akan semakin cepat mencapai keadaan mantapnya (mengurangi rise time)
3. Namun jika nilai  $K_p$  dinaikkan terlalu besar sehingga mencapai nilai yang berlebihan, maka akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil atau sistem akan berisolasi.
4. Nilai  $K_p$  dapat diset sedemikian sehingga mengurangi steady state error, tetapi tidak menghilangkannya (Larasati : 2016).

### **2.9.2 Kontroler Integral (I)**

Pengaruh sistem yang diberikan oleh kontroler integral ini antara lain;

- a. Menghilangkan error steady state.
- b. Respon lebih lama (dibanding P).
- c. Dapat menimbulkan ketidakstabilan (karena menambah orde sistem).

Keluaran kontroler ini merupakan hasil penjumlahan yang terus-menerus dari perubahan masukannya. Jika sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, maka keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan. Ciri-ciri kontroler integral:

1. Keluaran kontroler integral membutuhkan selang waktu tertentu, sehingga kontroler integral cenderung memperlambat respon.
2. Ketika sinyal kesalahan berharga nol, keluaran kontroler akan bertahan pada nilai sebelumnya.
3. Jika sinyal kesalahan tidak berharga nol, keluaran akan menunjukkan kenaikan atau penurunan yang dipengaruhi oleh besarnya sinyal kesalahan dan nilai  $K_i$ .
4. Konstanta integral  $K_i$  yang berharga besar akan mempercepat hilangnya offset. Tetapi semakin besar nilai konstanta  $K_i$  akan mengakibatkan peningkatan osilasi dari sinyal keluaran kontroler (Larasati : 2016).

### **2.9.3 Kontroler Derivative (D)**

Pengaruh yang diberikan sistem oleh penggunaan kontroler derivative antara lain:

- a. Memberikan efek redaman pada sistem yang berisolasi.

- b. Memperbaiki respon transien, karena memberikan aksi saat ada perubahan error.
- c. Nilai D hanya berubah saat ada perubahan error sehingga saat ada error statis D tidak beraksi.

Ciri-ciri kontroler derivatif :

1. Kontroler tidak dapat menghasilkan keluaran jika tidak ada perubahan pada masukannya (berupa perubahan sinyal kesalahan).
2. Jika sinyal kesalahan berubah terhadap waktu, maka keluaran yang dihasilkan kontroler tergantung pada nilai Kd dan laju perubahan sinyal kesalahan.
3. Kontroler derivatif mempunyai suatu karakter untuk mendahului, sehingga kontroler ini dapat menghasilkan koreksi yang signifikan sebelum pembangkit kesalahan menjadi sangat besar. Jadi kontroler derivatif dapat mengantisipasi pembangkit kesalahan, memberikan aksi yang bersifat korektif dan cenderung meningkatkan stabilitas sistem.
4. Dengan meningkatkan nilai Kd, dapat meningkatkan stabilitas sistem dan mengurangi overshoot.

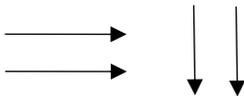
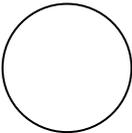
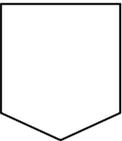
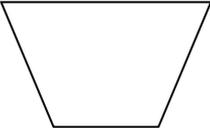
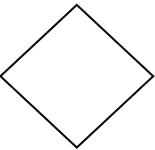
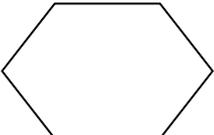
Berdasarkan karakteristik kontroler ini, kontroler derivatif umumnya dipakai untuk mempercepat respon awal suatu sistem, tetapi tidak memperkecil kesalahan pada keadaan tunaknya. Kerja kontroler derivatif hanyalah efektif pada lingkup yang sempit, yaitu pada periode peralihan. Oleh sebab itu kontroler derivatif tidak pernah digunakan tanpa ada kontroler lainnya (Larasati : 2016).

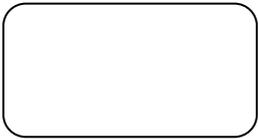
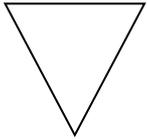
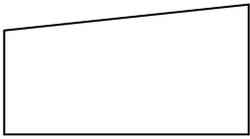
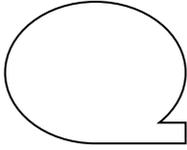
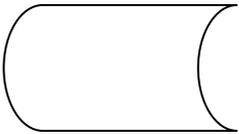
## **2.10 Flowchart**

Flowchart atau diagram alir merupakan sebuah diagram dengan simbol-simbol grafis yang menyatakan aliran algoritma atau proses yang menampilkan langkah-langkah yang disimbolkan dalam bentuk kotak, beserta urutannya dengan menghubungkan masing-masing langkah tersebut menggunakan tanda panah. (Anhar, 2009:26).

Tujuan utama penggunaan *flowchart* adalah untuk menggambarkan suatu tahap penyelesaian masalah secara sederhana, terurai, rapi, dan jelas dengan menggunakan simbol-simbol yang standar, dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.4 Simbol Diagram *Flowchart*

NO	SIMBOL	KETERANGAN
1		Simbol arus/ <i>flow</i> , berfungsi untuk menyatakan jalannya arus suatu proses
2		Simbol <i>connector</i> , berfungsi untuk menyatakan sambungan dari proses ke proses lainnya dalam halaman yang sama
3		Simbol <i>offline connector</i> , berfungsi untuk menyatakan sambungan dari proses ke proses lainnya dalam halaman yang berbeda
4		Simbol <i>process</i> , berfungsi untuk menyatakan suatu tindakan (proses) yang dilakukan oleh computer
5		Simbol <i>manual</i> , berfungsi untuk menyatakan suatu tindakan (proses) yang tidak dilakukan oleh komputer
6		Simbol <i>decision</i> , berfungsi untuk menunjukkan suatu kondisi tertentu yang akan menghasilkan dua kemungkinan jawaban : ya/tidak
7		Simbol <i>teminal</i> , berfungsi untuk menyatakan permulaan atau akhir suatu program
8		Simbol <i>predefined process</i> , berfungsi untuk menyatakan penyediaan tempat penyimpanan suatu pengolahan untuk memberi harga awal

9		<p>Simbol <i>keying operation</i>, berfungsi untuk menyatakan segala jenis operasi yang diproses dengan menggunakan suatu mesin yang mempunyai <i>keyboard</i></p>
10		<p>Simbol <i>offline-storage</i>, berfungsi untuk menunjukkan bahwa data dalam simbol ini akan disimpan ke suatu media tertentu</p>
11		<p>Simbol <i>manual input</i>, berfungsi untuk memasukkan data secara manual dengan menggunakan <i>online keyboard</i></p>
12		<p>Simbol <i>input/output</i>, berfungsi untuk menyatakan proses <i>input</i> atau <i>output</i> tanpa tergantung jenis peralatannya</p>
13		<p>Simbol <i>magnetic tape</i>, berfungsi untuk menyatakan <i>input</i> berasal dari pita magnetis atau <i>output</i> disimpan ke pita magnetis</p>
14		<p>Simbol <i>disk storage</i>, berfungsi untuk menyatakan <i>input</i> berasal dari <i>disk</i> atau <i>output</i> disimpan ke <i>disk</i></p>
15		<p>Simbol <i>document</i>, berfungsi untuk mencetak keluaran dalam bentuk dokumen (melalui <i>printer</i>)</p>
16		<p>Simbol <i>punched card</i>, berfungsi untuk menyatakan <i>input</i> berasal dari kartu atau <i>output</i> ditulis ke kartu</p>

Sumber: (Anhar, 2009)