

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Robot

Robot didefinisikan sebagai sebuah *automaton*, yakni suatu piranti mekanik yang cerdas yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Istilah robot berasal dari bahasa Cheko “robota” yang berarti pekerja yang tidak mengenal lelah atau bosan. Robot biasanya digunakan untuk tugas yang berat, berbahaya, pekerjaan yang berulang dan kotor. Biasanya kebanyakan robot industri digunakan dalam bidang produksi. Penggunaan robot lainnya termasuk untuk pembersihan limbah beracun, penjelajahan bawah air dan luar angkasa, pertambangan dan untuk pencarian tambang. Belakangan ini robot mulai memasuki pasaran konsumen di bidang hiburan, dan alat pembantu rumah tangga, seperti penyedot debu, dan pemotong rumput. (Naili Suri, 2017)



Gambar 2. 1 Contoh Robot Beroda  
(Naili Suri, 2017)

Jika sebelumnya robot hanya dioperasikan di laboratorium ataupun dimanfaatkan untuk kepentingan industri, di negara-negara maju perkembangan robot mengalami peningkatan yang tajam, saat ini robot telah digunakan sebagai alat untuk membantu pekerjaan manusia. Seiring dengan berkembangnya teknologi, khususnya teknologi elektronik, peran robot menjadi semakin penting tidak saja dibidang sains, tapi juga di berbagai bidang lainnya, seperti di bidang kedokteran, pertanian, bahkan militer. Secara sadar atau tidak, saat ini robot telah masuk dalam kehidupan manusia sehari-hari dalam berbagai bentuk dan jenis. Ada jenis robot sederhana yang dirancang untuk melakukan kegiatan yang sederhana, mudah dan berulang-ulang, ataupun robot yang diciptakan khusus untuk melakukan sesuatu yang rumit, sehingga dapat berperilaku sangat kompleks dan secara otomatis dapat mengontrol dirinya sendiri sampai batas tertentu. Robot memiliki berbagai macam konstruksi. Diantaranya adalah:

1. *Robot Mobile* (bergerak)
2. Robot Manipulator (lengan)
3. Robot Humanoid
4. Flying Robot
5. Robot Berkaki
6. Robot jaringan
7. Robot Animalia

Robot dapat didefinisikan sebagai sebuah alat mekanik yang dapat diprogram berdasarkan informasi dari lingkungan (melalui sensor) sehingga dapat melaksanakan beberapa tugas tertentu baik secara otomatis ataupun tidak sesuai program yang dimasukkan berdasarkan logika. (Istiqomah, 2016).

## **2.2 Implementasi Teknologi Digital**

### **2.2.1 Arduino**

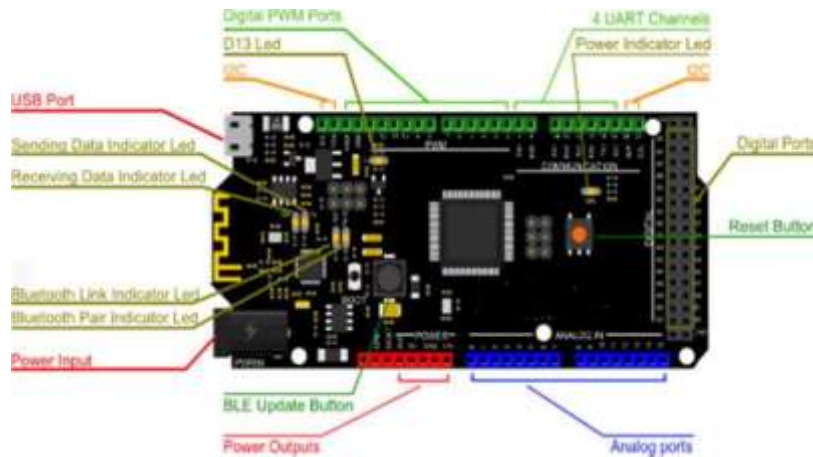
Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardware-nya menggunakan prosesor Atmel AVR dan software-nya menggunakan bahasa pemrograman sendiri (Santoso, 2015). Bahasa pemrograman Arduino memiliki syntax yang mirip dengan pemrograman C.

Arduino memiliki kelebihan sebagai berikut:

1. Tidak perlu chip programmer karena didalamnya sudah memiliki bootloader sehingga bisa langsung diprogram.
2. Sudah menggunakan USB.
3. Dilengkapi library sehingga mempermudah dalam memprogram.

### **2.2.2 Arduino Mega 2560**

Arduino mega adalah mikrokontroler yang menggunakan Atmega 2560. Pada gambar 2.1 dijelaskan bentuk dari Arduino Mega. 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), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Arduino mega memiliki flash memory sebesar 256 KB untuk menyimpan kode (8 KB digunakan untuk bootloader), 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan library EEPROM).



Gambar 2. 2 Arduino Mega  
(Atmel Corporation, 2015)

Arduino Mega menggunakan mikrokontroler ATmega 2560 sebagai prosesornya. Pada tabel 2.1 dijelaskan mengenai spesifikasi mikrokontroler ATmega 2560 yang menjadikannya sebagai solusi pengendali yang efektif untuk berbagai keperluan.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Pengoperasian	5V
Tegangan Input (disarankan)	7-12V
Tegangan Input (batas)	6-20V
Pin Digital I/O	54 (15 diantaranya menyediakan output PWM)
Pin Input Analog	16
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC untuk Pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	256 KB (8 KB digunakan oleh bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Kecepatan Clock	16 MHz
LED BUILTIN	13
Panjang	101,52 mm
Lebar	53,3 mm
Berat	37 g

## 1. Daya (Power)

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi kabel USB atau menggunakan jack power dengan adaptor power AC-DC atau baterai. Arduino ATmega beroperasi dengan suplai daya 6 volt sampai 20 volt. Jika tegangan suplai kurang dari 7 volt, maka pin 5 volt pada Arduino akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 volt dan bisa menyebabkan Arduino menjadi tidak stabil. Jika suplai tegangan lebih dari 12 volt, maka regulator tegangan akan menjadi panas dan bisa merusak arduino. Rentang suplai tegangan yang dianjurkan adalah 7 -12 volt.

Pin tegangan yang tersedia pada arduino adalah sebagai berikut:

- a. Pin VIN, adalah input tegangan untuk arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal. Jika tegangan suplai untuk Arduino menggunakan jack power, maka bisa mengakses/mengambil tegangan melalui pin ini.
- b. Pin 5V, adalah pin yang mengeluarkan tegangan 5 volt yang sudah diatur dari regulator yang tersedia (built-in) pada Arduino. Pin ini dapat digunakan dengan sumber daya yang berasal dari jack power DC (7-12 volt), kabel USB (5 volt), atau pin VIN pada board (7-12 volt).
- c. Pin 3,3V, adalah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 volt. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada arduino. Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
- d. Pin GND, adalah pin Ground pada arduino.
- e. Pin IOREF, Pin ini berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler. Jika menggunakan shield tambahan maka harus dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF

dan memilih sumber daya yang tepat untuk bekerja pada tegangan 5 volt atau 3,3 volt.

## 2. Input dan Output

Masing-masing dari 54 digital pin pada Arduino Mega dapat digunakan sebagai input atau output, dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()` untuk menjadikan pin input, dan `digitalRead()` untuk menjadikan pin output. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal (yang terputus secara default) sebesar 20-50 kilo ohm. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus, antara lain:

- a. Pin Serial, digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL.
- b. Pin Eksternal Interupsi, Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau berubah nilai.
- c. Pin SPI, Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan SPI library. Pin SPI juga terhubung dengan header ICSP, yang secara fisik kompatibel dengan Arduino Uno, Arduino Duemilanove dan Arduino Diecimila.
- d. Pin LED, Pin 13. Tersedia secara built-in pada Arduino mega, LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin 13 bernilai HIGH, maka LED akan menyala (ON), dan ketika pin 13 bernilai LOW, maka LED akan mati (OFF).
- e. Pin TWI, yaitu pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI menggunakan Wire library.

3. **Ada beberapa pin lainnya yang tersedia, antara lain:**
- a. Pin AREF, Referensi tegangan untuk input digunakan dengan fungsi `Analog Reference()`.
  - b. Pin RESET, pin ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Pin ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada shield yang menghalangi papan utama Arduino.

### 2.2.3 Sensor *Load Cell*

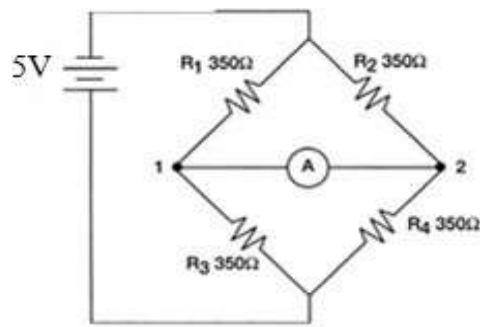
*Load Cell* adalah suatu alat transducer yang menghasilkan output yang proporsional dengan beban atau gaya yang diberikan. *Load Cell* dapat memberikan pengukuran yang akurat dari gaya dan beban. *Load Cell* digunakan untuk mengkonversikan regangan pada logam ke tahanan variable. Dalam penggunaan, *Load Cell* mengkonversi suatu berat menjadi sinyal listrik. Konversi ini terjadi secara tidak langsung dan berlangsung dalam dua tahap. Melalui suatu rangkaian mekanikal, gaya akan terdeteksi oleh strain gauge yang kemudian di ukur regangannya sebagai sebuah sinyal listrik. Sebuah *Load Cell* umumnya berisi 4 buah strain gauge yang tersusun dalam sebuah rangkaian jembatan *wheatstone*. Nilai keluaran dari transducer tersebut akan di masukkan ke dalam sebuah algoritma untuk menghitung berapa besarnya gaya yang masuk ke dalam transducer. Kemudian nilainya di tampilkan ke dalam suatu display (Cholik indrayanto, 2015)



Gambar 2. 3 Sensor *Load Cell*  
(Ahmad Sadid Jauhari, 2017)

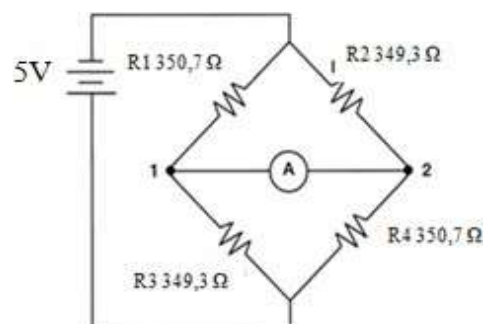
### 2.2.4 Prinsip Kerja Sensor *Load Cell*

Selama proses penimbangan akan mengakibatkan reaksi terhadap elemen logam pada *Load Cell* yang mengakibatkan gaya secara elastis. Gaya yang ditimbulkan oleh regangan ini dikonversikan kedalam sinyal elektrik oleh *strain gauge* (pengukur regangan) yang terpasang pada *Load Cell*.



Gambar 2. 4 Rangkaian Jembatan Wheatstone Tanpa Beban  
(Ahmad Sadid Jauhari, 2017)

Pada gambar 2.4 nilai  $R = 350 \Omega$ , arus yang mengalir pada  $R_1$  dan  $R_3 =$  arus yang mengalir di  $R_2$  dan  $R_4$ , hal ini dikarenakan nilai semua resistor sama dan tidak ada perbedaan tegangan antara titik 1 dan 2, oleh karena itu rangkaian ini dikatakan seimbang.



Gambar 2. 5 Rangkaian Jembatan Wheatstone Dengan Beban  
(Ahmad Sadid Jauhari, 2017)

Pada gambar 2.5 Jika rangkaian jembatan *Wheatstone* diberi beban, maka nilai  $R$  pada rangkaian akan berubah, nilai  $R_1 = R_4$  dan  $R_2 = R_3$ . Sehingga membuat



sensor *Load Cell* tidak dalam kondisi yang seimbang dan membuat beda potensial. Beda potensial inilah yang menjadi outputnya. Untuk menghitung  $V_{out}$  atau  $A$  seperti pada gambar, maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$V_{out} = \left( V_s \times \left( \frac{R_1}{R_1 + R_4} \right) \right) - \left( V_s \times \left( \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right) \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

$$V_{out} = \left( 10 \times \left( \frac{349,3}{349,3 + 350,7} \right) \right) - \left( 10 \times \left( \frac{350,7}{350,7 + 349,3} \right) \right)$$

$$V_{out} = (10 \times (0,499)) - (10 \times (0,501))$$

$$V_{out} = 4,99 - 5,01$$

$$V_{out} = -0,02 \times 10 = 2 \text{ mV0}$$

Dimana :

$V_{out}$  = Tegangan keluaran

$V_s$  = Tegangan masuk

$R_1$  = Resistansi 1

$R_2$  = Resistansi 2

$R_3$  = Resistansi 3

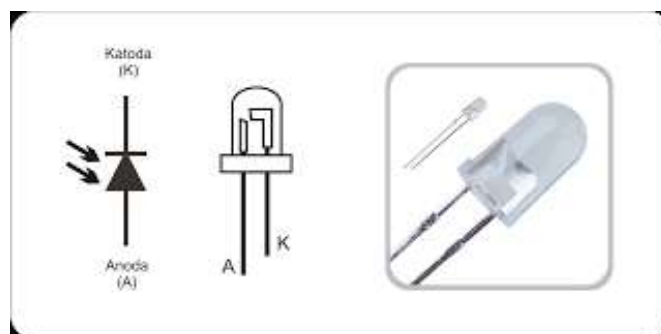
$R_4$  = Resistansi 4

Secara teori, prinsip kerja *Load Cell* berdasarkan pada jembatan Wheatstone dimana saat *Load Cell* diberi beban terjadi perubahan pada nilai resistansi, nilai resistansi  $R_2$  dan  $R_3$  akan turun sedangkan nilai resistansi  $R_1$  dan  $R_4$  akan naik. Ketika posisi setimbang,  $V_{out}$  *Load Cell* = 0 volt, namun ketika nilai resistansi  $R_1$  dan  $R_3$  naik maka akan terjadi perubahan  $V_{out}$  pada *Load Cell*. Pada *Load Cell* output data (+) dipengaruhi oleh perubahan resistansi pada  $R_1$ , sedangkan output (-) dipengaruhi oleh perubahan resistansi  $R_3$  (Rofii Faqih, 2019)

### 2.2.5 Sensor *Photodioda*

*Photodioda* adalah suatu jenis dioda yang resistansinya akan berubah-ubah apabila terkena sinar cahaya yang dikirim oleh transmitter “LED”. Resistansi dari *photodioda* dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterimanya, semakin banyak cahaya yang diterima maka semakin kecil resistansi dari *photodioda* dan begitupula sebaliknya jika semakin sedikit intensitas cahaya yang diterima oleh sensor *photodioda* maka semakin besar nilai resistansinya.

Sensor *photodioda* sama seperti sensor LDR, mengubah besaran cahaya yang diterima sensor menjadi perubahan konduktansi (kemampuan suatu benda menghantarkan arus listrik dari suatu bahan). Seperti yang terlihat pada gambar 2.6 merupakan bentuk fisik dari sensor *photodioda*.



Gambar 2. 6 Simbol dan Bentuk Fisik Untuk Photodioda  
( Rebyy Fudi Alexander, 2013)

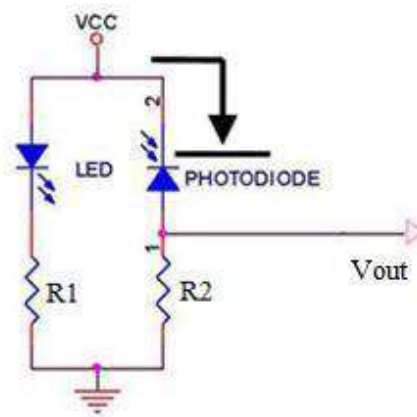
Pada gambar 2.6 merupakan bentuk fisik dari sensor *Photodioda*, *Photodioda* terbuat dari bahan semikonduktor. *Photodioda* yang sering digunakan pada rangkaian-rangkaian elektronika adalah *photodioda* dengan bahan *silicon* (Si) atau *gallium arsenide* (GaAs), dan lain-lain termasuk indium antimonide (InSb), indium arsenide (InAs), lead selenide (PbSe), dan timah sulfide (PBS). Bahan-bahan ini menyerap cahaya melalui karakteristik jangkauan panjang gelombang,

misalnya: 250 nm - 1100 nm untuk *photodiode* dengan bahan *silicon*, dan 800 nm ke 2,0  $\mu\text{m}$  untuk *photodiode* dengan bahan Gas.

Adapun spesifikasi dari *photodiode* yaitu seperti dibawah ini :

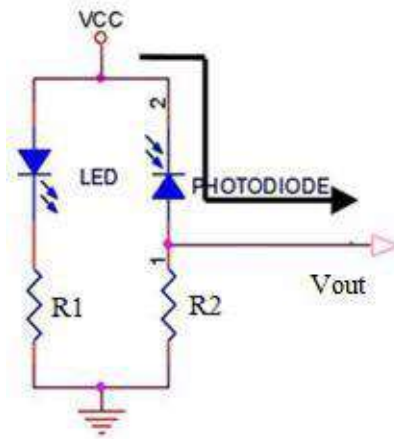
- a) Ada 2 pin kaki dari *photodiode* yaitu pin kaki anoda dan pin kaki katoda.
- b) *Photodiode* bekerja pada saat *reverse* bias.
- c) *Reverse voltage photodiode* maksimalnya 32 volt.

### 2.2.6 Prinsip Kerja Sensor *Photodiode*



Gambar 2. 7 Sensor *Photodiode* Tidak Terhalang Permukaan Warna Hitam

Pada Gambar 2.7 merupakan rangkaian dasar dari sensor *photodiode*, pada kondisi awal LED sebagai transmitter cahaya akan menyinari *photodiode* sebagai *receiver* sehingga nilai resistansi pada sensor *photodiode* akan minimum dengan kata lain nilai  $V_{out}$  akan mendekati logika 0 (low).



Gambar 2. 8 Sensor *Photodiode* Terhalang Permukaan Warna Hitam

Pada gambar 2.8 cahaya pada led terhalang oleh permukaan hitam sehingga *photodiode* tidak dapat menerima cahaya dari led maka nilai resistansi R1 maksimum, sehingga nilai  $V_{out}$  akan mendekati  $V_{cc}$  yang berlogika 1 (high). Adapun rumus perhitungan untuk menghitung nilai dari  $V_{out}$  photodiode ataupun untuk menghitung nilai resistansi dari *photodiode* tersebut yaitu :

Persamaan untuk Menghitung nilai resistansi *photodiode*.

$$V_{out} = \frac{R_{photodiode}}{R_{photodiode} + R_2} \times V_{in} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

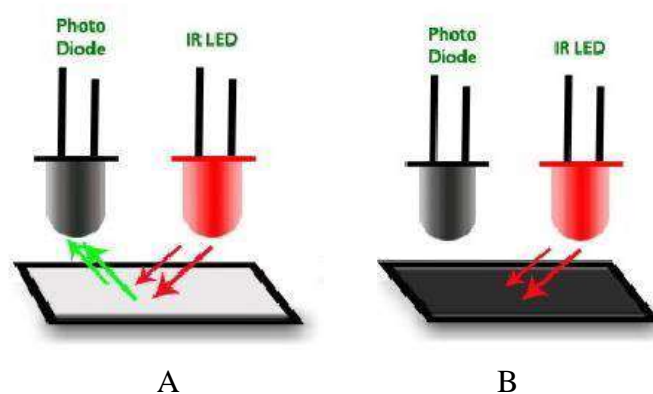
$V_{in}$  = Tegangan masukan pada rangkaian sensor *photodiode*

$V_{out}$  = Tegangan keluaran pada rangkaian sensor *photodiode*

$R_{photodiode}$  = Resistansi dari *photodiode*

$R_2$  = Resistansi resistor pada rangkaian sensor *photodiode*

Adapun aplikasi dari rangkaian sensor *photodiode* yang telah dijelaskan sebelumnya dapat terlihat pada Gambar 2.8 A dan Gambar 2.8 B.



Gambar 2. 9 Aplikasi Sensor *Photodiode*

Pada Gambar 2.9 A dan Gambar 2.9 B merupakan desain *photodiode* untuk memberikan output pada *photodiode* agar berlogika *low* atau berlogika *high* yang disebabkan oleh warna permukaan yang fungsinya sebagai pemantul cahaya dari LED sebagai *transmitter*. Pada gambar 2.9 A *Photodiode* dipasang secara berdampingan antara *photodiode* (*receiver*) dan LED (*transmitter*). Didepan *photodiode* dan led diletakkan kertas putih sehingga cahaya yang dipancarkan dari led akan dipantulkan oleh kertas dan cahaya akan diterima oleh *photodiode* sehingga output dari *photodiode* berlogika 0 (*low*). Dan pada gambar 2.9 B, *photodiode* dan LED diletakkan secara berdampingan dan didepannya diletakkan kertas berwarna hitam sehingga cahaya yang dipancarkan oleh led akan diserap oleh kertas berwarna hitam sehingga *photodiode* tidak dapat menerima cahaya. Dan itu menyebabkan output dari *photodiode* berlogika 1 (*high*)

### 2.2.7 LCD 16X2

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*.

LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. Material LCD (*Liquid Cristal Display*) LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang.

Dalam modul LCD (*Liquid Cristal Display*) terdapat *microcontroller* yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD. *Microntroller* pada suatu LCD dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan *microcontroler* internal LCD adalah : DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM (*Character Generator Read Only Memory*).

Register *control* yang terdapat dalam suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) diantaranya adalah register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD dapat dibaca pada saat pembacaan data. Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM (*Display*

*Data Random Access Memory*). Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.



Gambar 2. 10 LCD 16X2  
(Ahmad Sadid Jauhari, 2017)

### 2.2.8 Motor Servo MG996R

Motor servo adalah sebuah perangkat sebagai *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. Motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian *gear*, rangkaian 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.

Penggunaan sistem kontrol *loop* tertutup pada motor servo berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo. Posisi poros *output* akan dihasilkan oleh sensor, untuk mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang di inginkan atau belum, dan jika belum, maka kontrol *input* akan mengirim sinyal kendali untuk membuat posisi poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan (wahyudi. 2017)

Motor servo biasa digunakan dalam aplikasi-aplikasi di industri, selain itu juga digunakan dalam berbagai aplikasi lain seperti pada mobil mainan radio

kontrol, robot, pesawat, dan lain sebagainya.

Ada dua jenis motor servo, yaitu motor servo AC dan DC. Motor servo AC lebih dapat menangani arus yang tinggi atau beban berat, sehingga sering diaplikasikan pada mesin-mesin industri. Sedangkan motor servo DC biasanya lebih cocok untuk digunakan pada aplikasi-aplikasi yang lebih kecil. Dan bila dibedakan menurut rotasinya, umumnya terdapat dua jenis motor servo yang terdapat di pasaran, yaitu motor servo *rotation*  $180^{\circ}$  dan servo *rotation continuous*  $360^{\circ}$ .

- a. Motor servo standard (servo *rotation*  $180^{\circ}$ ) adalah jenis yang paling umum dari motor servo, dimana putaran poros *outputnya* terbatas hanya  $90^{\circ}$  kearah kanan dan  $90^{\circ}$  kearah kiri. Dengan kata lain total putarannya hanya setengah lingkaran atau  $180^{\circ}$ .
- b. Motor servo *rotation continuous*  $360^{\circ}$  merupakan jenis motor servo yang sebenarnya sama dengan jenis servo *standard*, hanya saja perputaran porosnya tanpa batasan atau dengan kata lain dapat berputar terus, baik ke arah kanan maupun kiri.

Motor servo DC memiliki sistem umpan balik tertutup di mana posisi rotor-nya akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor servo.





Gambar 2. 11 Motor Servo MG996  
(Wahyudi, 2017)

### 2.2.9 Sensor *Ultrasonic HC-SR04*

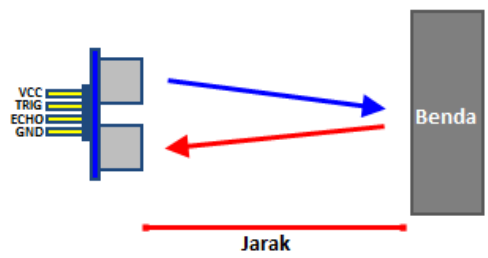
Sensor *Ultrasonic HC-SR04* adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik). Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu 20.000 Hz. Bunyi ultrasonik tidak dapat di dengar oleh telinga manusia. Bunyi ultrasonik dapat didengar oleh anjing, kucing, kelelawar, dan lumba-lumba. Bunyi ultrasonik bisa merambat melalui zat padat, cair dan gas. Reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat padat hampir sama dengan reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat cair. Akan tetapi, gelombang bunyi ultrasonik akan diserap oleh tekstil dan busa, Bentuk fisik dari sensor ini tampak seperti gambar



Gambar 2. 12 Sensor *Ultrasonic* HC-SR04  
(Dwi Aji, 2017)

Berikut ini adalah beberapa aplikasi dari gelombang ultrasonik:

1. Dalam bidang kesehatan, gelombang ultrasonik bisa digunakan untuk melihat organ-organ dalam tubuh manusia seperti untuk mendeteksi tumor, liver, otak dan menghancurkan batu ginjal. Gelombang ultrasonik juga dimanfaatkan pada alat USG (ultrasonografi) yang biasa digunakan oleh dokter kandungan.
2. Dalam bidang industri, gelombang ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keretakan pada logam, meratakan campuran besi dan timah, meratakan campuran susu agar homogen, mensterilkan makanan yang diawetkan dalam kaleng, dan membersihkan benda-benda yang sangat halus. Gelombang ultrasonik juga bisa digunakan untuk mendeteksi keberadaan mineral maupun minyak bumi yang tersimpan di dalam perut bumi.
3. Dalam bidang pertahanan, gelombang ultrasonik digunakan sebagai radar atau navigasi, di darat maupun di dalam air. Gelombang ultrasonik digunakan oleh kapal pemburu untuk mengetahui keberadaan kapal selam, dipasang pada kapal selam untuk mengetahui keberadaan kapal yang berada di atas permukaan air, mengukur kedalaman palung laut, mendeteksi ranjau, dan menentukan posisi sekelompok ikan.



Gambar 2. 13 Cara Kerja Sensor *Ultrasonic* HC-SR04  
(Dwi Aji, 2017)

Pada gambar 2. 13 cara kerja sensor ultrasonik, gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima.

Karena kecepatan bunyi adalah 340 m/s, maka rumus untuk mencari jarak berdasarkan ultrasonik adalah :

$$S = \left( \frac{V \text{ suara} \times t}{2} \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

$$S = \left( \frac{340 \times t}{2} \right)$$

Dimana :

S = Jarak (meter)

V suara = Kecepatan suara (m/s)

t = Selisih waktu (s)

Dimana  $S$  merupakan jarak antara sensor ultrasonik dengan benda (bidang pantul), dan  $t$  adalah selisih antara waktu pemancaran gelombang oleh transmitter dan waktu ketika gelombang pantul diterima receiver. Sensor *Ultrasonic HC-SR04* merupakan sensor ultrasonik siap pakai, satu alat yang berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan pengontrol gelombang ultrasonik. Alat ini bisa digunakan untuk mengukur jarak benda dari 2cm - 4m dengan akurasi 3mm. Dengan demikian, untuk menghitung jarak yang hanya maksimal 4 m maka rumus di atas harus dimodifikasi atau disesuaikan satuannya. Mikrokontroler bisa bekerja pada order mikrosekond ( $1s = 1.000.000 \text{ } \mu s$ ) dan satuan jarak bisa kita ubah ke satuan cm ( $1m = 100 \text{ cm}$ ). Oleh sebab itu, rumus di atas bisa diupdate menjadi:

$$S = \frac{\left(340 \left(\frac{100}{1000000}\right) \cdot t\right)}{2}$$

$$S = \frac{0.034 \cdot t}{2}$$

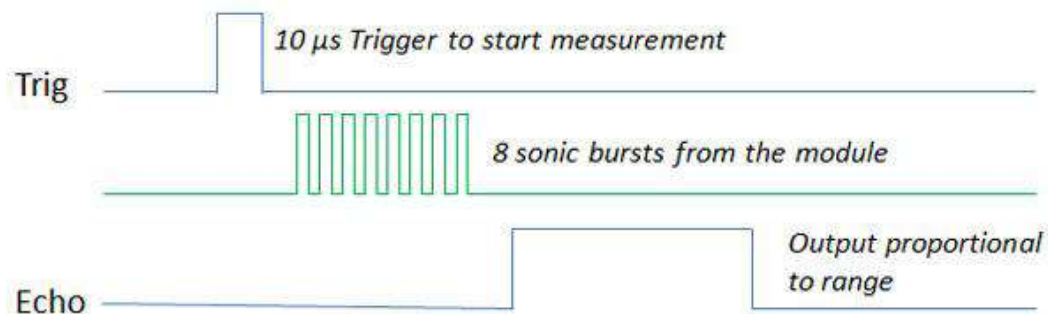
Alat ini memiliki 4 pin, pin Vcc, Gnd, Trigger, dan Echo. Pin Vcc untuk listrik positif dan Gnd untuk ground-nya. Pin Trigger untuk trigger keluarnya sinyal dari sensor dan pin Echo untuk menangkap sinyal pantul dari benda.

Cara kerja alat ini yaitu:

1. Ketika kita memberikan tegangan positif pada pin Trigger selama  $10\mu S$ , maka sensor akan mengirimkan 8 step sinyal ultrasonik dengan frekuensi 40kHz
2. Selanjutnya, sinyal akan diterima pada pin Echo
3. Untuk mengukur jarak benda yang memantulkan sinyal tersebut, selisih waktu ketika mengirim dan menerima sinyal digunakan untuk menentukan jarak benda tersebut

4. Rumus untuk menghitung jaraknya adalah  $S = (0.034 * t) / 2$  cm.

Berikut adalah visualisasi dari sinyal yang dikirimkan oleh sensor HC-SR04



Gambar 2. 14 Timing HC-SR04  
(Dwi Aji, 2017)

### 2.2.10 Motor DC

Motor DC adalah salah satu jenis motor listrik yang banyak digunakan pada rangkaian elektronika, mulai dari robot line following sampai dengan mobile robot lainnya. Tak heran memang karena selain harganya murah, motor DC juga sangat mudah dikontrol dibandingkan dengan jenis motor listrik lainnya.

Motor DC adalah piranti elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak rotasi. Pada motor DC terdapat jangkar dengan satu atau lebih kumparan terpisah. Tiap kumparan berujung pada cincin belah (komutator). Dengan adanya insulator antara komutator, cincin belah dapat berperan sebagai saklar kutub ganda (*double pole, double throw switch*). Motor DC bekerja berdasarkan prinsip gaya Lorentz, yang menyatakan ketika sebuah konduktor beraliran arus diletakkan dalam medan magnet, maka sebuah gaya (yang dikenal dengan gaya Lorentz) akan tercipta secara ortogonal diantara arah medan magnet dan arah aliran arus.

Motor DC yang digunakan pada robot beroda umumnya adalah motor DC dengan magnet permanen. Motor DC jenis ini memiliki dua buah magnet permanen

sehingga timbul medan magnet di antara kedua magnet tersebut. Di dalam medan magnet inilah jangkar/rotor berputar. Jangkar yang terletak di tengah motor memiliki jumlah kutub yang ganjil dan pada setiap kutubnya terdapat lilitan. Lilitan ini terhubung ke area kontak yang disebut komutator. Sikat (*brushes*) yang terhubung ke kutub positif dan negatif motor memberikan daya ke lilitan sedemikian rupa sehingga kutub yang satu akan ditolak oleh magnet permanen yang berada di dekatnya, sedangkan lilitan lain akan ditarik ke magnet permanen yang lain sehingga menyebabkan jangkar berputar. Ketika jangkar berputar, komutator mengubah lilitan yang mendapat pengaruh polaritas medan magnet sehingga jangkar akan terus berputar selama kutub positif dan negatif motor diberi daya. Pengendalian kecepatan putar motor DC dapat dilakukan dengan mengatur kecepatan putaran. Pengguna hanya bisa mengatur putaran motor DC hanya dengan mengganti nilai input tegangannya saja

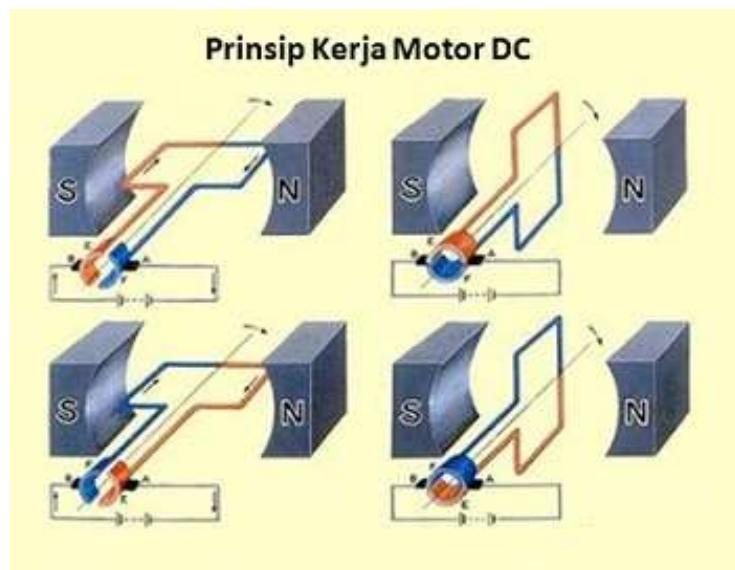


Gambar 2. 15 Motor DC  
(Jaya Hebi, 2015)

### 2.2.11 Prinsip kerja motor DC

Terdapat dua bagian utama pada sebuah Motor Listrik DC, yaitu *Stator* dan *Rotor*. *Stator* adalah bagian motor yang tidak berputar, bagian yang statis ini terdiri dari rangka dan kumparan medan. Sedangkan *Rotor* adalah bagian

yang berputar, bagian Rotor ini terdiri dari kumparan Jangkar. Dua bagian utama ini dapat dibagi lagi menjadi beberapa komponen penting yaitu diantaranya adalah *Yoke* (kerangka magnet), *Poles* (kutub motor), *Field winding* (kumparan medan magnet), *Armature winding* (kumparan jangkar), *Commutator* (Komutator) dan *Brushes* (kuas/sikat arang). Pada prinsipnya motor listrik DC menggunakan fenomena elektromagnet untuk bergerak, ketika arus listrik diberikan ke kumparan, permukaan kumparan yang bersifat utara akan bergerak menghadap ke magnet yang berkutub selatan dan kumparan yang bersifat selatan akan bergerak menghadap ke utara magnet. Saat ini, karena kutub utara kumparan bertemu dengan kutub selatan magnet ataupun kutub selatan kumparan bertemu dengan kutub utara magnet maka akan terjadi saling tarik menarik yang menyebabkan pergerakan kumparan berhenti (Jaya Hebi, 2015)



Gambar 2. 16 Prinsip kerja motor DC  
(Jaya Hebi, 2015)

Untuk menggerakannya lagi, tepat pada saat kutub kumparan berhadapan dengan kutub magnet, arah arus pada kumparan dibalik. Dengan demikian, kutub utara kumparan akan berubah menjadi kutub selatan dan kutub selatannya akan

berubah menjadi kutub utara. Pada saat perubahan kutub tersebut terjadi, kutub selatan kumparan akan berhadapan dengan kutub selatan magnet dan kutub utara kumparan akan berhadapan dengan kutub utara magnet. Karena kutubnya sama, maka akan terjadi tolak menolak sehingga kumparan bergerak memutar hingga utara kumparan berhadapan dengan selatan magnet dan selatan kumparan berhadapan dengan utara magnet. Pada saat ini, arus yang mengalir ke kumparan dibalik lagi dan kumparan akan berputar lagi karena adanya perubahan kutub. Siklus ini akan berulang-ulang hingga arus listrik pada kumparan diputuskan.

### 2.2.12 Driver Motor BTS 7960

Driver motor BTS 7960 adalah driver yang cocok untuk mengendalikan motor DC *high current*, karena pada driver motor DC ini dapat mengeluarkan arus hingga 43A, dengan memiliki fungsi PWM. Tegangan sumber DC yang dapat diberikan antara 5.5V-27VDC, sedangkan tegangan input level antara 3.3V-5VDC, driver motor ini menggunakan rangkaian full H-bridge dengan IC BTS7960 dengan perlindungan saat terjadi panas dan arus berlebihan.



Gambar 2. 17 *Driver Motor BTS7960*  
(Yosua D. Widiarto, 2018)

Pin konfigurasi dari penggunaan *driver 43A H-Brige Drive PWM* ini dapat dilihat pada tabel 2.2



Tabel 2. 2 Pin Konfigurasi BTS7960 Driver 43A H-Bridge Drive PWM

Pin No	Fungsi	Deskripsi
1	RPWM	Input PWM Forward Level ,Aktif High
2	LPWM	Input PWM Reverse Level ,Aktif High
3	R_EN	Input Enable Forward Driver, Aktif High
4	L_EN	Input Enable Reverse Driver, Aktif High
5	R_IS	Forward Drive ,Side current alarm output
6	L_IS	Reverse Drive ,Side current alarm output
7	Vcc	+5 V Power Supply Mikrokontroler
8	Gnd	Gnd Power Supply Mikrokontroler

Tabel 2. 3 Pin *Output Driver* Motor BTS7960

Pin	Deskripsi
W-	Di hubungkan ke Motor DC (V-)
W+	Di hubungkan ke Motor DC (V+)
B+	Tegangan Input V+ Motor
B-	Tegangan Input V- Motor

### 2.2.13 Teknik Pengendalian Motor

Dasar teknik pengendalian motor DC sebagai berikut :

#### 1. Pengaturan Medan

Pengaturan ini dapat dilakukan dengan mengatur arus medan shunt dengan melemahkan dan menaikkan melalui pengaturan tahanan variabel yang dihubungkan seri dengan kumparan medan. Pengaturan kecepatan dengan cara ini mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- a. kecepatan terendah didapat dengan membuat tahanan variabel sama dengan nol. Sedangkan kecepatan tertinggi akan dibatasi oleh perencanaan mesin dimana gaya sentrifugal maksimum tidak sampai merusak motor.
- b. Rugi panas yang timbul sangat rendah
- c. Sederhana dan mudah dalam perangkaiannya

d. Pengaturan kecepatan seperti ini hanya bisa dilakukan pada motor DC shunt dan kompon

## 2. Pengaturan Tahanan Jangkar

Pengaturan ini dapat dilakukan dengan mengatur tahanan jangkar dengan menghubungkan seri dengan tahanan variable. Dengan menyisipkan tahanan variabel secara seri terhadap tahanan jangkar, maka nilai  $I_a R_a$  akan dapat dikontrol sehingga nantinya harga  $n$  dapat dikontrol Cara ini jarang digunakan karena rugi panas yang timbul cukup besar

## 3. Pengaturan Tegangan

Pengaturan ini dilakukan dengan mengatur tegangan yang disuplai ke motor. dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_t = E_a + I_a R_a$$

$$E_a = V_t - I_a R_a$$

$$E_a = c \cdot n \cdot \Phi_{sh}$$

$$n = \frac{V_t - I_a \cdot R_a}{c \cdot \Phi_{sh}}$$

Dimana :

$n$  = Putaran kecepatan motor (rpm).

$V_t$  = Tegangan terminal (Volt).

$I_a$  = Arus jangkar (Ampere).

$C$  = Konstanta.

$\Phi_{sh}$  = Fluks medan shunt (Wb)

$I_{sh}$  = Arus shunt (Ampere).

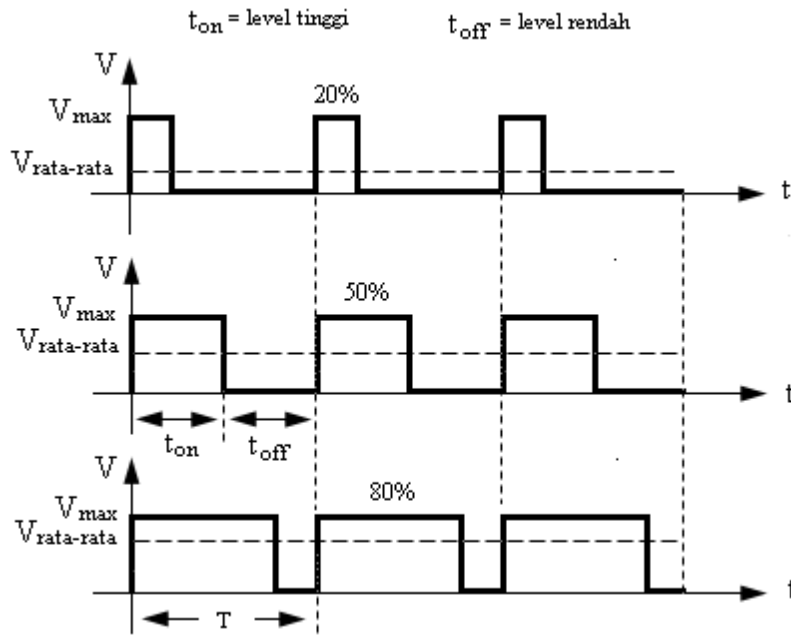
$R_a$  = Hambatan jangkar (ohm)

#### **2.2.14 Pulse Width Modulation (PWM)**

Metode *Pulse Width Modulation* (PWM) adalah metode yang cukup efektif untuk mengendalikan kecepatan motor DC. PWM ini bekerja dengan membuat gelombang persegi yang memiliki frekuensi tetap, rasio (*duty cycle*) pulsa tinggi terhadap pulsa rendah yang telah ditentukan, yang bisa diatur dari 0% hingga 100%. Rasio pulsa tinggi terhadap pulsa rendah digunakan untuk mengatur penyambungan (*switch*) suplay tegangan terminal motor DC. Semakin besar lebar pulsa tinggi dari pada pulsa rendah berarti penyambungan suplay tegangan terminal motor mendapat porsi waktu yang lebih lama, menyebabkan kecepatan motor semakin besar.

#### **2.2.15 Modulasi Lebar Pulsa (*Pulse Width Modulation*)**

Modulasi lebar pulsa (*Pulse Width Modulation*) merupakan suatu teknik untuk mengendalikan tegangan input rangkaian analog dengan memanfaatkan sinyal output digital (Pulsa-pulsa tegangan digital). Pengaturan tegangan output dapat dilakukan dengan mengubah-ubah nilai *duty cycle*, dimana *duty cycle* merupakan prosentase lebar pulsa pada kondisi aktif (level tinggi) per periode. Besar tegangan yang dihasilkan merupakan tegangan rata-rata, hasil perkalian nilai *duty cycle* dengan tegangan maksimum sumber. Gambar 2.17 menunjukkan contoh pulsa PWM dengan 3 variasi nilai *duty cycle* yaitu 20%, 50% dan 80%.



Gambar 2. 18 Sinyal PWM dengan Variasi *Duty Cycle*

Tegangan rata-rata yang diperoleh dari pulsa PWM seperti gambar diatas dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$V \text{ rata - rata} = \frac{t_{on}}{T} V_{maks} \dots \dots \dots (2.3)$$

Karena

$$dc = \frac{t_{on}}{T} 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

Maka :

$$V \text{ rata - rata} = dc . V_{maks} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

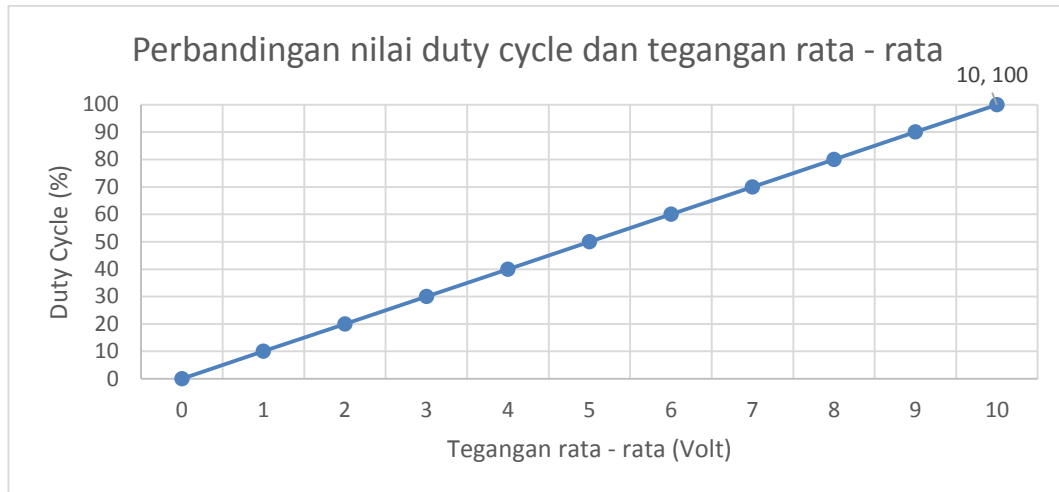
V = Tegangan

T = Periode

t<sub>on</sub> = Waktu aktif (detik)

Dc = *duty cycle* (%)

Persamaan (2.5) diketahui bahwa tegangan *maksimum linier* terhadap perbandingan nilai *duty cycle* dan tegangan rata – rata, grafik perbandingan nilai *duty cycle* dan tegangan rata – rata ditunjukkan pada di bawah ini :



Gambar 2. 19 Hubungan Nilai *Duty Cycle* dengan Tegangan Rata-Rata

Jika pulsa PWM digunakan untuk mengaktifkan rangkaian driver motor DC, perubahan lebar pulsa PWM menyebabkan terjadinya perubahan tegangan input motor DC. Karena perubahan kecepatan motor DC dapat dikendalikan dengan cara mengatur nilai *duty cycle* (lebar pulsa PWM). Frekuensi yang digunakan pada pulsa PWM merupakan frekuensi tinggi konstan dengan nilai 20 Khz atau lebih.