

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Robot**

##### **2.1.1 Pengertian Robot**

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu (kecerdasan buatan). Istilah robot berawal bahasa Cheko “*robota*” yang berarti pekerja atau kuli yang tidak mengenal lelah atau bosan. Saat ini hampir tidak ada orang yang tidak mengenal robot, namun pengertian robot tidaklah dipahami secara sama oleh setiap orang.

Pada kamus Webster pengertian robot adalah : *An automatic device that performs function ordinarily ascribed to human beings* (sebuah alat otomatis yang melakukan fungsi berdasarkan kebutuhan manusia). Dari kamus Oxford diperoleh pengertian robot adalah: *A machine capable of carrying out a complex series of actions automatically, especially one programmed by a computer.* (Sebuah mesin yang mampu melakukan serangkaian tugas rumit secara otomatis, terutama yang diprogram oleh komputer).

##### **2.1.2 Macam-Macam Robot**

Secara umum, macam robot dapat dibedakan dalam 3 kategori yaitu:

1. Robot Tidak Bergerak

Robot jenis ini tidak dapat berpindah posisi dari satu tempat ke tempat lainnya, sehingga robot ini hanya dapat menggerakkan beberapa bagian tubuhnya dengan fungsi tertentu yang telah dirancang. Contoh dari robot ini adalah robot industri.

2. Robot Bergerak

Robot jenis ini memiliki ciri khas yaitu mempunyai penggerak berupa roda untuk menggerakkan keseluruhan badan robot tersebut, sehingga robot ini dapat berpindah posisi dari satu titik ke titik lain.



### 3. Robot Humanoid

Robot humanoid adalah robot yang bentuk keseluruhannya menyerupai bentuk tubuh manusia, mampu melakukan interaksi dengan peralatan maupun lingkungan yang dibuat untuk manusia.

#### 2.1.3 Fungsi Robot

Robot memiliki berbagai macam fungsi, yang di antaranya sebagai berikut:

1. Meningkatkan Produksi, akurasi dan daya tahan. Robot ini banyak digunakan di industri.
2. Untuk tugas-tugas yang berbahaya, kotor dan beresiko. Robot ini digunakan ketika manusia tidak mampu masuk ke daerah yang beresiko. Seperti Robot Untuk menjelajah planet, robot untuk mendeteksi limbah nuklir, robot militer.
3. Untuk pendidikan. Banyak robot yang digunakan untuk menarik pelajar belajar teknologi seperti robot Lego.
4. Untuk menolong manusia. Seperti di rumah untuk membersihkan rumah pakai penghisap debu otomatis, di rumah sakit untuk menghantar makanan, membantu operasi.

#### 2.2 Sensor Warna TCS3200

Sensor warna adalah sensor yang digunakan pada aplikasi mikrokontroler untuk pendeteksian suatu objek benda atau warna dari objek yang dimonitor. Salah satu jenis sensor warna yaitu TCS 3200.

TCS3200 merupakan konverter yang diprogram untuk mengubah warna menjadi frekuensi yang tersusun atas konfigurasi silicon photodiode dan konverter arus ke frekuensi dalam IC CMOS monolithic yang tunggal. Keluaran dari sensor ini adalah gelombang kotak (duty cycle 50%) frekuensi yang berbanding lurus dengan intensitas cahaya (*irradiance*).

Di dalam TCS3200 seperti **Gambar 2.1**, konverter cahaya ke frekuensi membaca sebuah array 8x8 dari photodiode, 16 photodiode mempunyai penyaring warna biru, 16 photodiode mempunyai penyaring warna merah, 16 photodiode

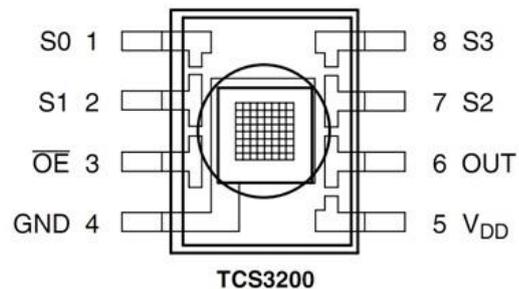


mempunyai penyaring warna hijau dan 16 photodiode untuk warna terang tanpa penyaring.



**Gambar 2.1** Sensor TCS3200 (Tomy, 2016)

Sensor warna tcs 3200 memiliki konfigurasi pin dengan memiliki fungsi yang berbeda setiap pin yang ada seperti **Gambar 2.2** dan **Tabel 2.1**.



**Gambar 2.2** Pin-pin Sensor Warna TCS3200 (Donny, 2013)

**Tabel 2.1** Fungsi Pin Sensor Warna TCS3200 (TAOS, 2011)

Nama	No Kaki IC	I/O	Fungsi Pin
GND	4	-	Sebagai Ground pada power supply
OE	3	I	Output enable, sebagai input untuk frekuensi output skala rendah
OUT	6	O	Sebagai output frekuensi
S0,S1	1,2	I	Sebagai saklar pemilih pada frekuensi output skala Tinggi
S2,S3	7,8	I	Sebagai saklar pemilih 4 kelompok dioda
Vdd	5	-	Supply tegangan



4 tipe warna dari photodiode telah diintegrasikan untuk meminimalkan efek ketidakseragaman dari insiden irradiance. Semua photodiode dari warna yang sama telah terhubung secara paralel. Pin S2 dan S3 digunakan untuk memilih grup dari photodiode (merah, hijau, biru, jernih) yang telah aktif.

Pada prinsipnya pembacaan warna pada TCS3200 dilakukan secara bertahap yaitu membaca frekuensi warna dasar secara simultan dengan cara memfilter pada tiap-tiap warna dasar. Untuk itu diperlukan sebuah pengaturan atau pemrograman untuk memfilter tiap-tiap warna tersebut.

### 2.2.1 Karakteristik Sensor Warna TCS3200

IC TCS3200 dapat dioperasikan dengan supply tegangan pada Vdd berkisar antara 2,7 Volt – 5,5 volt, dalam pengoperasiannya sensor tersebut dapat dilakukan dengan dua cara :

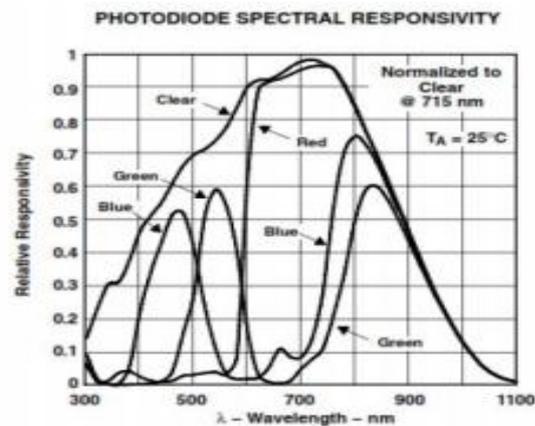
1. Dengan mode supply tegangan maksimum, yaitu dengan menyuplai tegangan berkisar antara 2,7 volt – 5,5 volt pada sensor warna TCS3200.
2. Mode supply tegangan minimum, yaitu dengan menyuplai tegangan 0 sampai 0,8.

Sensor warna TCS3200 terdiri dari 4 kelompok photodiode, masing-masing kelompok memiliki sensitivitas yang berbeda satu dengan yang lainnya 7 pada respon photodiode terhadap panjang gelombang cahaya yang dibaca, photodiode yang mendeteksi warna merah dan clear memiliki nilai sensitivitas yang tinggi ketika mendeteksi intensitas cahaya dengan panjang gelombang 715 nm, sedangkan pada panjang gelombang 1100 nm photodiode tersebut memiliki nilai sensitivitas yang paling rendah, hal ini menunjukkan bahwa sensor TCS3200 tidak bersifat linearitas dan memiliki sensitivitas yang berubah terhadap panjang gelombang yang diukur, **Gambar 2.3** menunjukkan karakteristik photodiode terhadap panjang gelombang cahaya.

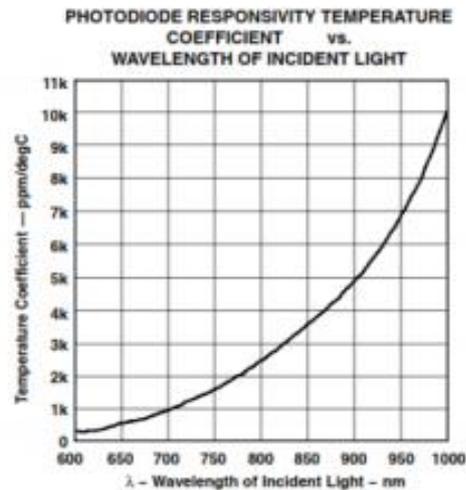
Sedangkan pada **Gambar 2.4** menunjukkan karakteristik perbandingan antara temperatur koefisien terhadap panjang gelombang. Semakin besar temperatur koefisien yang diperoleh dari photodiode, maka semakin jauh panjang



gelombang yang dihasilkan oleh sensor, dimana besar atau kecil temperatur koefisien tersebut dipengaruhi oleh keadaan panjang gelombang atau pencahayaan, hal ini menunjukkan bahwa sensor TCS3200 memiliki karakteristik panjang gelombang yang linear.



**Gambar 2.3** Karakteristik sensitivitas dan linearitas photodiode terhadap panjang gelombang cahaya. (TAOS, 2011)



**Gambar 2.4** Karakteristik perbandingan antara temperatur koefisien terhadap panjang gelombang (TAOS, 2011)

### 2.2.2 Prinsip Kerja Sensor Warna TCS3200

Sensor warna TCS3200 bekerja dengan cara membaca nilai intensitas cahaya yang dipancarkan oleh led super bright terhadap objek, pembacaan nilai intensitas cahaya tersebut dilakukan melalui matrik 8x8 photodiode, dimana 64



photo dioda tersebut dibagi menjadi 4 kelompok pembaca warna, setiap warna yang disinari led akan memantulkan sinar led menuju photodioda, pantulan sinar tersebut memiliki panjang gelombang yang berbeda – beda tergantung pada warna objek yang terdeteksi, hal ini yang membuat sensor warna TCS3200 dapat membaca beberapa macam warna dan mode pemilihan photodioda pembaca warna dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Mode pemilihan photo dioda pembaca warna (TAOS, 2011)

S2	S3	Photo dioda
0	0	Merah
0	1	Biru
1	0	Clear (no filter)
1	1	Hijau

### 2.3 Sensor TCRT5000

TCRT5000 adalah komponen elektronika yang memuat pemancar dan detektor infrared dalam satu komponen terpadu. **Gambar 2.5** merupakan bentuk fisik sensor TCRT5000.

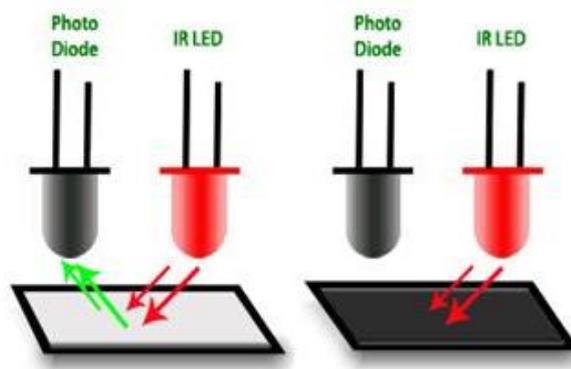


**Gambar 2.5** Sensor TCRT5000 (Digikey, 2012)

Cara kerja dari TCRT5000 yaitu sumber cahaya infra merah dan komponen detektor berada pada arah yang sama, sehingga mampu mendeteksi keberadaan objek yang mendekat dengan cara mendeteksi pantulan sinar merah yang terpancarkan dan memantul pada objek tersebut. Komponen pemancar

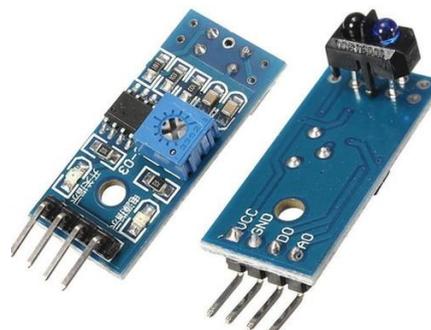


merupakan cahaya infra merah yang memiliki panjang gelombang 950 nm yang kasat mata. Komponen detektor adalah sebuah phototransistor, kinerja deteksi optimal pada saat objek berada pada jarak 2,5 mm. Dan cara kerja dari sensor TCRT5000 dapat dilihat pada **Gambar 2.6**



**Gambar 2.6** Cara kerja sensor TCRT5000 (Luki, 2012)

Modul TCRT5000 memiliki 4 pin, yaitu VCC, GND, D0, dan A0 seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.11. VCC digunakan untuk input catu daya sebesar 5V. GND digunakan untuk Ground. Pin D0 dan A0 merupakan pin output, yang membedakan yakni sinyal yang digunakan. Jika sinyal yang digunakan adalah sinyal digital maka pin yang digunakan yakni pin D0, dan jika sinyal yang digunakan yakni sinyal analog maka pin yang digunakan yakni pin A0. Dan bentuk fisik dari modul TCRT5000 dapat dilihat pada **Gambar 2.7**

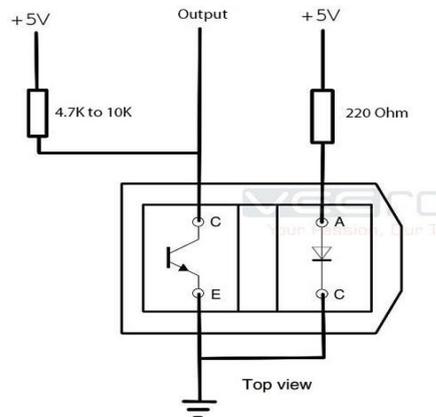


**Gambar 2.7** Bentuk fisik modul sensor TCRT5000 (Alselectro, 2013)

**Gambar 2.8** menunjukkan rangkaian modul sensor TCRT5000 yang terdiri atas sensor TCRT5000, IC komparator, dan resistor *pull up*. Sensor TCRT5000



digunakan untuk mendeteksi benda. IC komparator digunakan untuk membandingkan 2 sinyal dari sensor dan dari potensiometer.

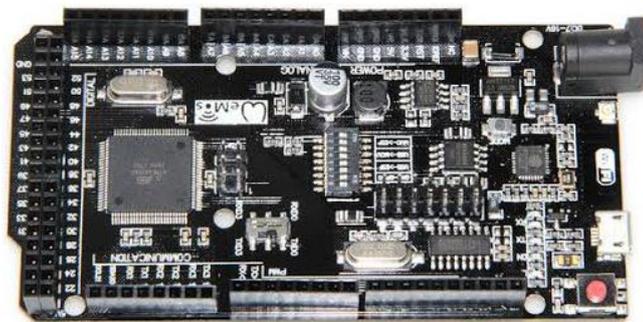


**Gambar 2.8** Rangkaian modul sensor TCRT5000 (Vee, 2014)

## 2.4 Arduino Mega 2560 + Wifi

### 2.4.1 Pengertian Arduino

Arduino adalah Board berbasis mikrokontroler atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan proses input, dan output sebuah rangkaian elektronik. Pada **Gambar 2.5** merupakan jenis Arduino Mega type 2560 + wifi, Arduino Mega 2560 + wifi adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega 2560.



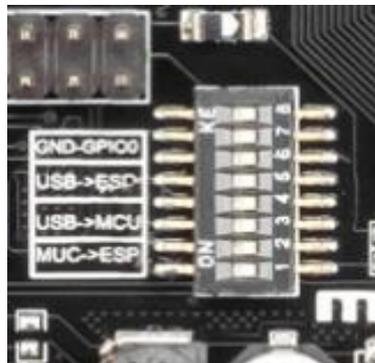
**Gambar 2.9** Arduino Mega 2560 + Wifi (Chindia, 2014)

*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 + wifi dilengkapi dengan ESP 8266 didalamnya sehingga memungkinkan terkoneksi ke internet

Board Ini dapat dikatakan versi yang disesuaikan dari papan ARDUINO MEGA R3 klasik. Integrasi penuh mikrokontroler Atmel ATmega2560 dan IC Wi-Fi ESP8266, dengan memori flash 32 Mb (megabit), dan konverter USB-TTL CH340G pada satu papan. Semua komponen dapat diatur untuk bekerja bersama atau secara independen. Mode operasi secara bersamaan atau independen dapat diatur dan dipilih pada DIP *switch* yang terdapat pada board Arduino Mega 2560 + Wifi seperti pada **Gambar 2.10** dan **Tabel 2.3** berikut.



**Gambar 2.10** Switch mode operasi Arduino Mega + Wifi (Rocotdyn, 2018)

**Tabel 2.3** Mode operasi Arduino Mega + Wifi (Robotdyn, 2018)

Perintah	1	2	3	4	5	6	7	8
CH340 + ESP8266 (unggah sketsa)	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	NoUse
CH340 + ESP8266 (terhubung)	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	NoUse
CH340 + ATmega2560 (unggah sketsa)	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	NoUse
CH340 + Mega2560 COM3 + ESP8266	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	NoUse
Mega2560 + ESP8266	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	NoUse
Semua modul bekerja secara Independen	OFF	NoUse						



### 2.4.2 Spesifikasi Arduino Mega 2560 + Wifi

Untuk mengetahui detail dari Arduino Mega 2560 + Wifi ini dapat dilihat dari Spesifikasi Arduino Mega 2560 + Wifi pada **Tabel 2.4** dibawah ini.

**Tabel 2.4** Spesifikasi Arduino Mega 2560 + Wifi

Komponen	Spesifikasi
Chip mikrokontroler	ATmega2560
IC Wifi	ESP 8266
USB-TTL <i>converter</i>	CH340G
Wifi	Wi-Fi 802.11 b/g/n 2.4 GHz
Tegangan operasi	5V
Tegangan input VIN/DC Jack	9V - 24V
Digital I/O pin	54 buah
Memori Flash	256 KB
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock speed	16 Mhz
Suhu Pengoperasian	-40C°/+125C°
Dimensi	101.8 mm x 53.4 mm

### 2.4.3 Catu Daya

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan Catu daya Eksternal. Sumber listrik dipilih secara otomatis. Eksternal (nonUSB) daya dapat datang baik dari AC-DC adaptor atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan cara menghubungkannya plug pusat-positif 2.1 mm ke dalam board penghubung listrik. Lead dari baterai dapat dimasukkan ke dalam header pin GND dan Vin dari konektor Power.

Board dapat beroperasi pada pasokan daya dari 6-20 volt. Jika diberikan dengan kurang dari 7V, bagaimanapun pin 5V dapat menyuplai kurang dari 5 Volt dan board mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan bias panas dan merusak board. Rentang yang dianjurkan adalah 7-12 Volt. Pin catu daya adalah sebagai berikut :



1. VIN. Tegangan input ke papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai lawan 5 volt dari koneksi USB atau sumber daya diatur lainnya). Anda dapat menyediakan tegangan melalui pin ini, atau, jika memasok tegangan melalui colokan listrik, mengaksesnya melalui pin ini.
2. 5V. Catu daya yang diatur digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lain di papan tulis. Hal ini dapat datang baik dari VIN melalui regulator on-board, atau disediakan oleh USB atau suplai 5V diatur lain.
3. 3V3. Sebuah pasokan 3,3 volt yang dihasilkan oleh regulator on-board. menarik arus maksimum adalah 50 mA.
4. GND. Ground pins.

#### **2.4.4 Memory**

ATmega2560 memiliki 256 KB dari memori flash untuk menyimpan kode (8 KB digunakan untuk bootloader), 8 KB dari SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM).

#### **2.4.5 Input & Output**

Masing-masing dari 54 pin digital pada Mega dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan `pinMode ()`, `digitalWrite ()`, dan `digitalRead ()` fungsi. Mereka beroperasi di 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal yang (terputus secara default) dari 20-50 KOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

1. Serial, memiliki 4 serial yang masing-masing terdiri dari 2 pin. 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 data serial (TX) TTL. Pin 0 dan 1 juga terhubung ke pin dari ATmega8U2 USB-to-TTL Chip Serial.
2. Interupsi Eksternal: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), dan 21 (interrupt 2). Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interupsi pada nilai yang rendah, tepi naik atau jatuh, atau perubahan nilai. Lihat attach `Interrupt ()` fungsi untuk rincian.



3. PWM: 0 13. Memberikan output PWM 8-bit dengan fungsi analog Write ().
4. SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI. Pin SPI juga pecah pada header ICSP, yang secara fisik kompatibel dengan Uno, Duemilanove dan Diecimila.
5. LED: 13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin tinggi nilai, LED menyala, ketika pin rendah, itu off.

Arduino Mega 2560 memiliki 16 input analog, yang masing-masing menyediakan 10 bit resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default mereka mengukur dari tanah ke 5 volt, meskipun adalah mungkin untuk mengubah batas atas dari kisaran mereka menggunakan pin AREF dan fungsi `analogReference ()`. Ada beberapa pin lainnya di papan:

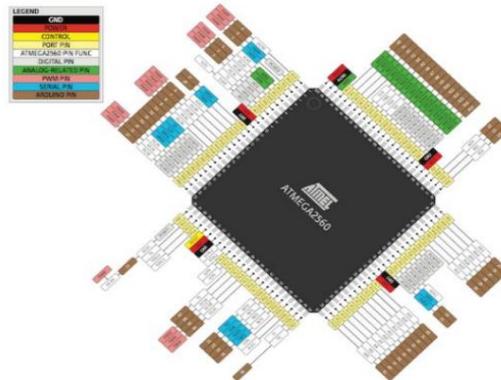
1. AREF. tegangan referensi untuk input analog. Digunakan dengan `analogReference ()`.
2. Reset. Bawa garis LOW ini untuk me-reset mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset untuk perisai yang menghalangi satu di papan tulis.

#### 2.4.6 Komunikasi

Arduino Mega2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. The ATmega2560 menyediakan empat UART hardware untuk TTL (5V) komunikasi serial. Sebuah ATmega8U2 pada saluran salah satu papan atas USB dan menyediakan port com virtual untuk perangkat lunak pada komputer (mesin Windows akan membutuhkan file .inf, tapi OSX dan Linux mesin akan mengenali papan sebagai port COM secara otomatis. Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data tekstual sederhana yang akan dikirim ke dan dari papan. The RX dan TX LED di papan akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui ATmega8U2 Chip dan USB koneksi ke komputer (tapi tidak untuk komunikasi



serial pada pin 0 dan 1). Berikut pada **Gambar 2.11** adalah pemetaan pin ATMega 2560.



**Gambar 2.11** Pemetaan pin ATMega 2560 (Lab Elektronika, 2017)

Sebuah perpustakaan `SoftwareSerial` memungkinkan untuk komunikasi serial pada setiap pin digital Mega2560 ini. ATmega 2560 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan `Kawat` untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C; lihat dokumentasi di website `Wiring` untuk rincian. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan `SPI`.

#### 2.4.7 IC ESP8266

Chip ini menawarkan solusi networking Wi-Fi yang lengkap dan menyatu, yang dapat digunakan sebagai penyedia aplikasi atau untuk memisahkan semua fungsi networking Wi-Fi ke pemroses aplikasi lainnya. ESP8266 memiliki kemampuan on-board prosesor dan storage yang memungkinkan chip tersebut untuk diintegrasikan dengan sensor-sensor atau dengan aplikasi alat tertentu melalui pin input output hanya dengan pemrograman singkat.

#### 2.4.8 Pemrograman

Arduino mega dapat diprogram dengan software Arduino (download). Untuk rincian, lihat referensi dan tutorial. ATmega 2560 pada Arduino mega datang preburned dengan bootloader yang memungkinkan Anda untuk mengupload kode baru untuk itu tanpa menggunakan programmer hardware eksternal. Ini berkomunikasi menggunakan asli STK500 protokol (referensi, file header C).



Anda juga dapat memotong bootloader dan memprogram mikrokontroler melalui ICSP (InCircuit Serial Programming) kepala.

#### 2.4.9 Perangkat Lunak Program IDE

Lingkungan Open-source Arduino memudahkan untuk menulis kode dan meng-upload ke board Arduino, ini berjalan pada Windows, Mac OS X, dan Linux. Berdasarkan pengolahan, AVR-GCC dan perangkat lunak sumber terbuka lainnya.

#### 2.5 Driver Motor BTS 7960

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 driver motor BTS7960 dapat dilihat pada **Gambar 2.12**.



**Gambar 2.12.** BTS7960 Driver 43A H-Bridge Drive PWM (Ardianto, 2017)

Adapun konfigurasi pin dari penggunaan driver 43A H-Brige Drive PWM ini yang mana terdapat 8 pin input yang terdiri dari RPWM, LPWM, R\_EN, L\_EN, R\_IS, L\_IS, Vcc, Gnd. Sedangkan pin output terdapat 4 pin yang terdiri dari W-, W+, B+, B-. Detail dari konfigurasi pin input ke arduino dan pin output ke motor dapat dilihat pada **Tabel 2.4** dan **Tabel 2.5** berikut :




---



---

**Tabel 2.5** Detail Pin Input BTS7960

<b>Nama pin</b>	<b>Keterangan</b>
RPWM	Input PWM Forward Level ,Aktif High
LPWM	Input PWM Reverse Level ,Aktif High
R_EN	Input Enable Forward Driver, Aktif High
L_EN	Input Enable Reverse Driver, Aktif High
R_IS	Forward Drive ,Side current alarm output
L_IS	Reverse Drive ,Side current alarm output
Vcc	+5 V Power Supply Mikrokontroler
Gnd	Gnd Power Supply Mikrokontroler

---

**Tabel 2.6** Detail Pin Output BTS7960

<b>Nama pin</b>	<b>Keterangan</b>
W-	Di hubungkan ke Motor DC (V-)
W+	Di hubungkan ke Motor DC (V+)
B+	Tegangan Input V+ Motor
B-	Tegangan Input V- Motor

---

## 2.6 Motor DC PG45

### 2.6.1 Pengertian motor DC

Motor DC (direct current) adalah peralatan electro mecanic dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Motor dc merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor.

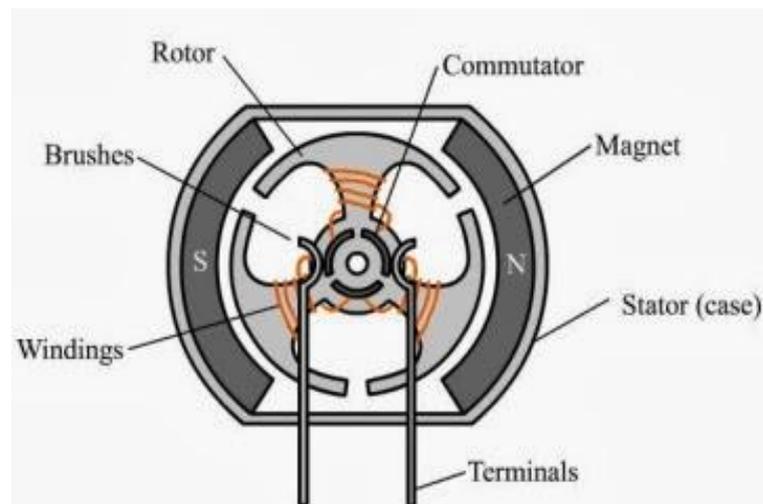
Motor DC memerlukan supply tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor



(bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.

### 2.6.2 Bagian –Bagian Motor DC

Motor DC memiliki 3 komponen utama untuk dapat berputar. **Gambar 2.13** dibawah ini menunjukkan bagian – bagian pada motor DC (*Direct Current*).



**Gambar 2.13** Bagian Motor DC (Yuwi, 2016)

#### 1. Kutub medan

Secara sederhana bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan yaitu kutub utara dan kutub selatan



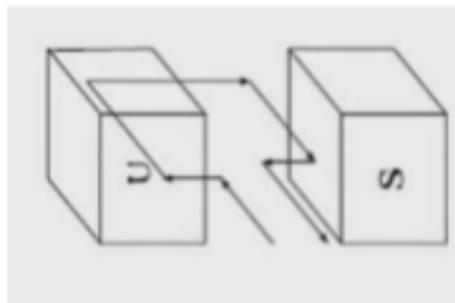
## 2. Rotor

Bila arus masuk menuju *rotor* (bagian motor yang bergerak), maka arus ini akan menjadi elektromagnet. *Rotor* yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, rotor berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub - kutub utara dan selatan dinamo.

## 3. Comutator

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaan-nya adalah untuk membalikkan arah arus listrik dalam dinamo. *Commutator* juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber.

### 2.6.3 Prinsip Kerja Motor DC

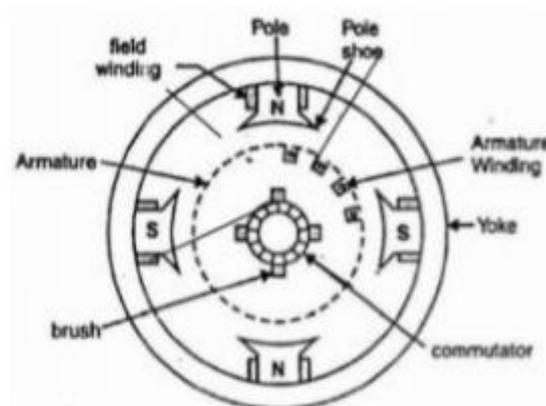


**Gambar 2.14** Dasar Motor DC (Septerina D, 2016)

Pada **Gambar 2.14** menunjukkan prinsip kerja dasar dari sebuah motor Direct Current (DC), sebuah batang tembaga yang dapat berotasi bebas dalam medan sebuah magnet permanen. Ketika sebuah arus melalui kumparan, maka menghasilkan medan magnet yang kemudian menimbulkan gaya gerak sehingga menyebabkan rotasi, hal ini terus berlanjut, kumparan berada pada posisi tegak lurus dengan arah arus yang melalui kumparan yang telah di reverse. Pada motor DC konvensional, kumparan tembaga terpasang pada slots sebuah bahan magnetis silinder yang disebut dengan armature. Armature terpasang pada bearing, dan hal ini menyebabkan armature dapat berotasi secara bebas. Armature ini berada dalam



medan magnet yang dihasilkan oleh kutub magnet. Untuk motor yang kecil, magnet permanen atau elektromagnet dengan medan magnet yang dimilikinya dihasilkan oleh sebuah arus yang melalui kumparan.



**Gambar 2.15** Sistem Pada Motor DC (Septerina D, 2016)

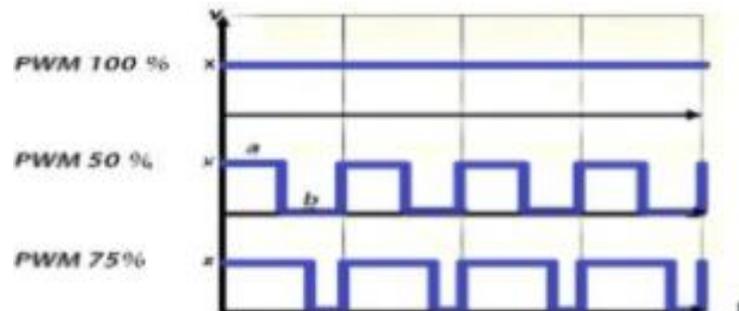
**Gambar 2.15** menunjukkan prinsip kerja dasar dari sebuah empat kutub motor DC dengan medan magnet yang dihasilkan oleh arus yang melalui bidang kumparan. Lilitan kumparan pada tiap armature yang saling terhubung dengan segment dari ring segment disebut sebagai commutator, dengan kontak elektrik yang dibuat untuk segment melalui kontak karbon disebut brushes. Sebagai penggerak armature, commutator membalikkan arus pada tiap kumparan sehingga bergerak antara medan magnet. Hal ini perlu, jika gaya gerak pada kumparan untuk mengulang gerakan dengan yang sama dan terus berputar. Arah dari perputaran motor DC dapat dibalik, dengan membalikkan juga arah arus armature atau medan arus.

#### 2.6.4 Pengaturan Motor DC Menggunakan *Pulse-Width*

*Modulation Pulse Width Modulation* adalah suatu teknik manipulasi dalam pengemudi motor (atau perangkat elektronik berarus besar lainnya) yang menggunakan prinsip *cut-off* dan saturasi. *Pulse-Width Modulation* dapat juga diartikan sebagai sebuah teknik untuk membangkitkan sinyal keluaran yang periodenya berulang-ulang berupa *high* dan *low* yang dapat mengontrol durasi



sinyal *high* dan *low* sesuai dengan yang diinginkan **Gambar 2.16** menunjukkan ilustrasi dari bentuk gelombang *Pulse Width Modulation* itu sendiri.



**Gambar 2.16** Ilustrasi PWM (Alamsyah, 2015)

Salah satu cara untuk mengatur kecepatan putar motor dc adalah dengan metode modulasi lebar pulsa. **Gambar 2.16** menunjukkan ilustrasi *Pulse Width Modulation*, 100%, 50%, dan 75%. Sumbu vertikal menunjukkan besarnya tegangan dan sumbu horizontal menunjukkan waktu. *x* menandakan tegangan maksimum dari suatu sistem.

#### 2.6.4.1 Jenis *Pulse-Width Modulation*

Jenis *pulse –widht modulation* terbagi dua yaitu analog dan digital sebagai berikut:

##### 1. Analog

Pembangkitan sinyal *Pulse-Width Modulation* yang paling sederhana adalah dengan cara membandingkan sinyal gigi gergaji sebagai tegangan *carrier* dengan tegangan referensi menggunakan rangkaian op-amp *comparator*. Cara kerja dari *comparator analog* ini adalah membandingkan gelombang tegangan gigi gergaji dengan tegangan referensi.

Saat nilai tegangan referensi lebih besar dari tegangan *carrier* (gigi gergaji) maka *output comparator* akan bernilai *high*. Namun saat tegangan referensi bernilai lebih kecil dari tegangan *carrier*, maka *output comparator* akan bernilai *low*. Dengan memanfaatkan prinsip kerja dari *comparator* inilah, untuk mengubah *duty cycle* dari sinyal output cukup dengan mengubah-ubah besar tegangan referensi.



## 2. Digital

Pada metode digital setiap perubahan PWM (*Pulse Width Modulation*) dipengaruhi oleh resolusi dari PWM (*Pulse Width Modulation*) itu sendiri. Misalkan PWM (*Pulse Width Modulation*) digital 8 bit berarti PWM (*Pulse Width Modulation*) tersebut memiliki resolusi  $2^8 = 256$ , maksudnya nilai keluaran PWM (*Pulse Width Modulation*) ini memiliki 256 variasi, variasinya mulai dari 0 – 255 yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut.

### 2.6.4.2 Perhitungan *duty cycle* PWM (*Pulse Width Modulation*)

Dengan cara mengatur lebar pulsa “on” dan “off” dalam satu perioda gelombang melalui pemberian besar sinyal referensi output dari suatu PWM akan didapat *duty cycle* yang diinginkan. *Duty cycle* dari PWM dapat dinyatakan sebagai berikut

$$Duty\ Cycle = \frac{t_{on}}{(t_{on}+t_{off})} \times 100\ \% \quad (1)$$

*Duty cycle* 100% berarti sinyal tegangan pengatur motor dilewatkan seluruhnya. Jika tegangan catu 100V, maka motor akan mendapat tegangan 100V. pada *duty cycle* 50%, tegangan pada motor hanya akan diberikan 50% dari total tegangan yang ada, begitu seterusnya.

$$Average\ Voltage = \frac{a}{a + b} \times V_{full} \quad (2)$$

*Average voltage* merupakan tegangan output pada motor yang dikontrol oleh sinyal PWM Metode *Pulse-Width Modulation*. “a” adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “on”. “b” adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “off”. *V full* adalah tegangan maksimum pada motor. Dengan menggunakan rumus diatas, maka akan didapatkan tegangan output sesuai dengan sinyal kontrol *Pulse-Width Modulation* yang dibangkitkan

### 2.6.5 Spesifikasi motor PG45

Untuk mengetahui detail dari motor PG45 ini dapat dilihat dari Spesifikasi motor PG45 pada **Tabel 2.7** dibawah ini:



Tabel 2.7 Spesifikasi motor PG45

Komponen	Spesifikasi
V suplai	DC 24V
Arus	4A
Daya	60W
Speed	500 rpm
Torsi	25 kgfcm
Dimensi body	panjang 12,5 cm x diameter 4,5 cm
Diameter shaft	10 mm
Berat	800

### 2.7 Aki (*Accumulator*)

Aki atau *Storage Battery* adalah sebuah sel atau elemen sekunder dan merupakan sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Aki termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Kutub positif aki menggunakan lempeng oksida dan kutub negatifnya menggunakan lempeng timbal, sedangkan larutan elektrolitnya adalah larutan asam sulfat.

Ketika aki dipakai, terjadi reaksi kimia yang mengakibatkan endapan pada anode (reduksi) dan katode (oksidasi). Akibatnya, dalam waktu tertentu antara anode dan katode tidak ada beda potensial, artinya aki menjadi kosong. Agar aki dapat dipakai lagi, harus diisi dengan cara mengalirkan arus listrik kearah yang berlawanan dengan arus listrik yang dikeluarkan aki tersebut. Ketika aki diisi akan terjadi pengumpulan muatan listrik. Pengumpulan jumlah muatan listrik dinyatakan dalam ampere jam, yaitu yang disebut dengan tenaga aki. Pada kenyataannya, pemakaian aki tidak dapat mengeluarkan seluruh energi yang tersimpan aki itu. Oleh karenanya, aki mempunyai rendemen atau efisiensi. Pada tugas akhir ini aki yang digunakan yaitu aki dengan sumber tegangan 12VDC.



### 2.7.1 Jenis-jenis Aki

Aki merupakan salah satu sumber tegangan dc yang sangat penting. Selain digunakan untuk kendaraan, generator listrik yang dilengkapi dengan dinamo starter juga dapat digunakan untuk sumber penerangan lampu pada rumah di malam hari, aki juga penyimpan listrik dan penstabil tegangan serta arus listrik. Secara umum terdapat dua jenis aki, aki basah dan aki kering. Beberapa jenis aki yaitu:

#### 1. Aki Basah

Hingga saat ini aki yang populer digunakan adalah aki model basah yang berisi cairan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Ciri-ciri utamanya memiliki lubang dengan penutup yang berfungsi untuk menambah air aki saat aki kekurangan akibat penguapan saat terjadi reaksi kimia antara sel dan air aki. Selselnya menggunakan bahan timbal (Pb).

Kelemahan aki jenis ini adalah cairannya bersifat sangat korosif. Uap air aki mengandung *hydrogen* yang cukup rentan terbakar dan meledak jika terkena percikan api. Memiliki sifat *self-discharge* paling besar dibanding aki lain sehingga harus dilakukan pensetrum ulang saat aki didiamkan terlalu lama.

#### 2. Aki *Hybrid*

Pada dasarnya aki *hybrid* tak jauh berbeda dengan aki basah. Bedanya terdapat pada material komponen sel aki. Pada aki *hybrid* selnya menggunakan low-antimonial pada sel (+) dan kalsium pada sel (-). Aki jenis ini memiliki performa dan sifat *self-discharge* yang lebih baik dari aki basah konvensional.

#### 3. Aki Calcium

Kedua selnya, baik (+) maupun (-) menggunakan material kalsium. Aki jenis ini memiliki kemampuan lebih baik dibanding aki *hybrid*. Tingkat penguapannya lebih kecil dibanding aki basah konvensional.

#### 4. Aki Bebas Perawatan/*Maintenance Free* (MF)

Aki jenis ini dikemas dalam desain khusus yang mampu menekan tingkat penguapan air aki. Uap aki yang terbentuk akan mengalami kondensasi sehingga



dan kembali menjadi air murni yang menjaga level air aki selalu pada kondisi ideal sehingga tak lagi diperlukan pengisian air aki. Aki jenis ini biasanya terbuat dari basis jenis aki hybrid maupun aki kalsium.

#### 5. Aki *Sealed* (aki tertutup)

Aki jenis ini selnya terbuat dari bahan kalsium yang disekat oleh jaring berisi bahan elektrolit berbentuk gel/selai. Dikemas dalam wadah tertutup rapat. Aki jenis ini sering disebut sebagai aki kering. Sifat elektrolitnya memiliki kecepatan penyimpanan listrik yang lebih baik.

Karena sel terbuat dari bahan kalsium, aki ini memiliki kemampuan penyimpanan listrik yang jauh lebih baik seperti pada aki jenis kalsium pada umumnya. Pasalnya aki ini memiliki *self-discharge* yang sangat kecil sehingga aki sealed ini masih mampu melakukan start saat didiamkan dalam waktu cukup lama. kemasannya yang tertutup rapat membuat aki jenis ini bebas ditempatkan dengan berbagai posisi tanpa khawatir tumpah. Namun karena wadahnya tertutup rapat pula aki seperti ini tidak tahan pada temperatur tinggi sehingga dibutuhkan penyekat panas tambahan jika aki diletakkan di ruang mesin.

### 2.8 Line Tracking

*Line Tracking* merupakan istilah untuk lintasan yang akan diikuti oleh robot. Robot yang menelusuri lintasan ini disebut sebagai robot *line follower*. Robot *ini* bertugas mengikuti suatu garis dengan rute yang sudah ditentukan. Robot *line follower* bergerak secara otomatis dan terprogram menggunakan suatu chip mikrokontroler. Proses pergerakan robot dikontrol oleh motor yang terhubung dengan mikrokontroler yang secara otomatis mengendalikan laju putaran motor. Proses pergerakan motor dipengaruhi oleh sensor garis yang berupa photo sensor sebagai penjejak warna garis.

Ada beberapa bagian yang harus terpenuhi dalam pembuatan sebuah robot *line follower*. Setiap bagian memiliki fungsi-fungsi tersendiri agar robot dapat bekerja dengan baik, sebagai contoh: sensor Photodiode dengan ADC (Analog Digital Converter). Sensor ini memiliki fungsi sebagai pendeteksi garis pada lintasan robot. Komponen penyusun dari sensor ini adalah LED infra merah dan



photodiode. LED infra merah berfungsi sebagai pemancar (*transmitter*) dan photodiode sebagai penerima (*receiver*). Pemasangan sensor ini adalah saling sejajar karena memanfaatkan efek pemanculan cahaya dari pemancar ke penerima.

Sifat dari photodiode adalah jika semakin banyak cahaya yang diterima, maka nilai resistansi diodanya semakin kecil. Dengan melakukan sedikit modifikasi, maka besaran resistansi tersebut dapat diubah menjadi tegangan. Sehingga jika sensor berada di atas garis hitam, maka tegangan keluaran sensor akan kecil, demikian pula sebaliknya.

Sensor ADC merupakan perangkat sensor yang sangat sederhana. Perangkat sensor ini hanya terdiri dari sebuah resistor dan sensor phototransistor/photodiode/LDR yang menggunakan prinsip pembagi tegangan sebagai parameternya. Sensor ADC member inputan ke mikrokontroler berupa tegangan variasi yang diterjemahkan oleh mikro sebagai bilangan 00000000(0) sampai 11111111(255). Jadi dengan ini kita tidak memerlukan komparator sebagai indikator 1/0, tapi memerlukan pemrograman mikrokontroler yang lebih sulit, yaitu dengan mengatur parameter variasi tegangan input yang diterjemahkan mikro sebagai logika 0/1, dimana jika output sensor 3,5-5V diterjemahkan sebagai logika 1 dan jika output sensor kurang dari 3,5 V diterjemahkan sebagai logika 0.