

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Robot**

Robot bukan merupakan kosakata industrialis, tetapi kata yang dikenal dari karya fiksi ilmiah pada tahun 1920 dalam sebuah drama karangan Karel Capek (1890-1938) yang berjudul “Rossum Universal Robot” yang umumnya dikenal sebagai RUR. Kata “robot” berasal dari bahasa Ceko Slowakia yaitu “robota” yang berarti *Forced Labor* atau kerja tak kenal lelah [1]. Dalam sebuah karya cerita pendek fiksi ilmiah karangan Issac Asimov juga terdapat kata “ROBOTICS” pada tahun 1942 dengan judul “Runaround” yang kemudian oleh Issac Asimov ke dalam buku karangannya yang sangat terkenal yaitu “I,Robot” [2][3].

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik dengan menggunakan pengawasan dan kontrol manusia atau kecerdasan buatan. Robot biasanya digunakan untuk tugas berat, berbahaya, pekerjaan yang berulang, dan kotor. Terdapat empat karakteristik dasar yang harus dimiliki oleh setiap robot antara lain [4] :

- Memiliki sensor
- Memiliki sistem kecerdasan (kontrol)
- Memiliki peralatan mekanik (aktuator)
- Memiliki sumber daya (power)

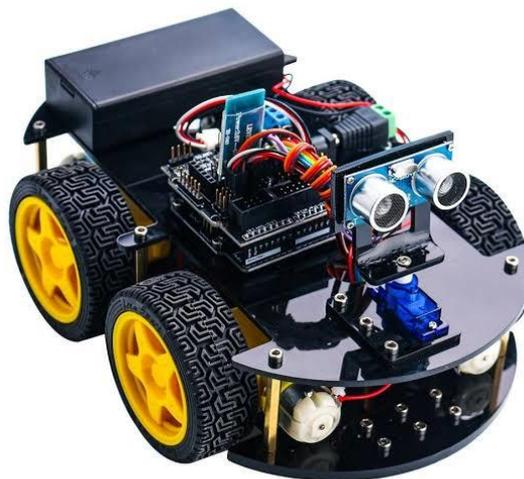
Robot dibagi dalam beberapa klarifikasi yaitu *non mobile robot*, *mobile robot*, kombinasi *mobile robot* dan *non mobile robot*, dan *humanoid*, *animaloid* dan *extra ordinary* [4].

#### **2.2 Mobile Robot**

*Mobile robot* adalah mesin otomatis yang mampu bergerak dari satu tempat ketempat lain. *Mobile robot* merupakan kombinasi unik dari sistem mekanik dan elektrik dengan kemampuan kecerdasan buatan [5]. Sistem mekanik *mobile robot* berupa roda sedangkan sistem elektrik robot berupa sensor. Secara umum *mobile robot* berfungsi untuk mengeksplorasi, mengangkat, memindahkan, dan menavigasi. yang dapat dilihat pada gambar 2.1.

*Mobile robot* navigasi memiliki beberapa tipe sebagai berikut [6] :

- *Manual remote*, dikontrol secara manual menggunakan joystick atau perangkat kontrol lainnya yang terhubung ke robot baik melalui kabel maupun nirkabel.
- *Guarded teleoperated robot*, memiliki kemampuan merasakan dan menghindari rintangan tetapi juga akan dikontrol seperti robot manual.
- *Line following car*, memiliki kemampuan untuk mengikuti garis visual yang sudah dilukis di lantai dengan menggunakan algoritma sederhana yaitu menjaga garis agar tetap di sensor tengah.
- *Autonomously randomized robot*, robot otonom dengan gerakan acak yang pada dasarnya menghindar dari dinding.
- *Autonomously guided robot*, robot otonom yang tahu setidaknya beberapa informasi tentang dimana posisi yang dituju dan bagaimana mencapai berbagai tujuan atau titik arah di sepanjang jalan.



**Gambar 2.1** Mobile Robot  
(Sumber: <https://www.learnrobotics.org>)

### 2.3 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu benda atau objek yang ada di depannya dengan frekuensi kerja daerah diatas

gelombang suara 20 Khz hingga 2 MHz [7]. Sensor ultrasonik terdiri dari *transmitter* (pemancar) dan *receiver* (penerima) yang dapat dilihat pada gambar 2.2.

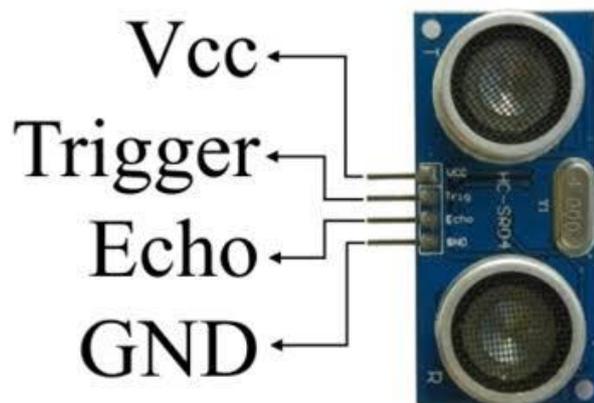


**Gambar 2.2** Sensor Ultrasonik

(Sumber: <https://www.nn-digital.com/blog/2019/07/31/cara-kerja-sensor-hc-sr04-dan-contoh-program-dengan-arduino/>)

### 2.3.1 Konfigurasi Pin HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan memiliki 4 pin yaitu Vcc, Trigger, Echo, dan Gnd yang dapat dilihat pada gambar 2.3 [8].



**Gambar 2.3** Konfigurasi Pin HC-SR04

(Sumber: <https://www.andalanelektro.id/2018/09/cara-kerja-dan-karakteristik-sensor-ultrasonic-hcsr04.html?m=1>)

### 2.3.2 Spesifikasi HC-SR04

Ultrasonik HC-SR04 memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada tabel 2.1[9][10].

**Tabel 2.1** Spesifikasi Ultrasonik HC-SR04

Spesifikasi Ultrasonik HC-SR04	
Working Voltage	5 V dc
Working Current	15 mA
Working Frequency	40 Hz
Max Range	4 m
Min Range	2 cm
Trigger Input Signal	10 $\mu$ s TTL pulse
Echo Output Signal	TTL level signal, proportional to distance
Dimension	45x20x15 mm

### 2.3.3 Prinsip Kerja Ultrasonik HC-SR04

Prinsip kerja sensor ultrasonik HC-SR04 yaitu *transmitter* memancarkan sinyal dengan frekuensi 40 kHz yang akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan bunyi berkisar 340 m/s [7][8]. Kemudian akan dipantulkan dan diterima kembali oleh *receiver* lalu akan diproses untuk menghitung jaraknya. Jarak dapat dihitung dengan rumus :

$$s = \frac{v \times t}{2}$$

Keterangan :

s = jarak (m)

v = kecepatan suara (344 m/s)

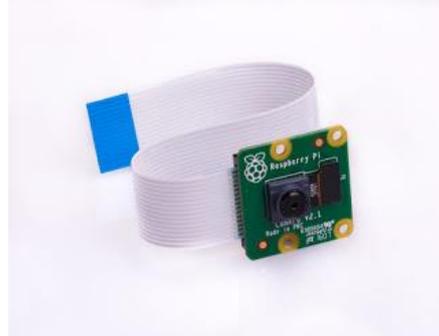
t = waktu tempuh (s)

Dimana s adalah jarak antara sensor dan objek, t adalah selisih waktu antara gelombang bunyi yang dipancarkan oleh *transmitter* ke *receiver* [11].

## 2.4 Modul Kamera Raspberry Pi

Modul kamera *raspberry pi* adalah kamera portabel yang mendukung *raspberry pi* dengan komunikasi menggunakan protokol antarmuka serial kamera MIPI [11]. Modul kamera *raspberry pi* biasanya digunakan dalam pemrosesan gambar, pemrosesan video, pembelajaran mesin atau dalam tugas pengawasan [11].

Pada gambar 2.4 dapat dilihat bahwa modul kamera *raspberry pi* memiliki kabel *ribbon* yang harus terhubung dengan port CSI (*Camera Serial Interface*) dari *raspberry pi*.



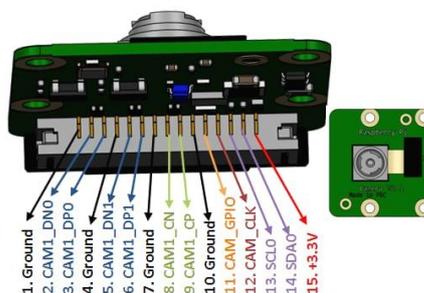
**Gambar 2.4** Modul Kamera *Raspberry Pi*

(Sumber: <http://www.eda-channel.com/2019/03/camera-module-v2-raspberry-pi.html>)

Fitur yang disediakan modul kamera *raspberry pi* antara lain [12][13]:

- Modul kamera warna 5 MP
- Kompatibel dengan raspberry pi model A dan B
- Antarmuka serial kamera MIPI
- Modul kamera omnivision 5647
- Dapat menangkap dengan jangkauan luas dengan resolusi gambar 2592 x 1944 pixels
- Dapat merekam video HD : 1080p, 720p, dan 480p

Dalam modul kamera *raspberry pi* terdapat pin 15 pin yang terisolasi oleh kabel *ribbon* yang dapat dilihat pada gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Pin Modul Kamera *Raspberry Pi*

(Sumber: <https://www.arducam.com/raspberry-pi-camera-pinout/>)

Berdasarkan gambar 2.5 berikut penjelasan masing-masing dari 15 pin dari modul kamera *raspberry pi* yang terdapat pada tabel 2.2 [14].

**Tabel 2.2** Penjelasan Pin Modul Kamera *Raspberry Pi*

No Pin	Nama Pin	Penjelasan
1	Ground	Sistem ground
2,3	CAM1_DN0, CAM1_DP0	Data negatif MIPI dan data positif MIPI untuk jalur 0
4	Ground	Sistem ground
5,6	CAM1_DN1, CAM1_DP1	Data negatif MIPI dan data positif MIPI untuk jalur 1
7	Ground	Sistem ground
8,9	CAM1_CN, CAM1_CP	Pulsa clock untuk data jalur MIPI
10	Ground	Sistem ground
11	CAM_GPIO	Pin GPIO (penggunaan opsional)
12	CAM_CLK	Pin clock opsional
13,14	SCL0, SDA0	Digunakan untuk komunikasi I2C
15	+ 3,3 V	Pin power

## 2.5 *Raspberry Pi 3 B+*

*Raspberry Pi 3 B+* merupakan sebuah perangkat mini komputer yang dilengkapi dengan port penting seperti port HDMI display monitor/TV, port USB mouse, port USB *keyboard*, dan *micro SD card*. *Raspberry Pi 2 B+* dilengkapi dengan prosesor, RAM dan port hardware yang khas yang bisa anda temukan pada banyak komputer [15]. Bentuk fisik *raspberry Pi 3B+* dapat dilihat pada gambar 2.6.

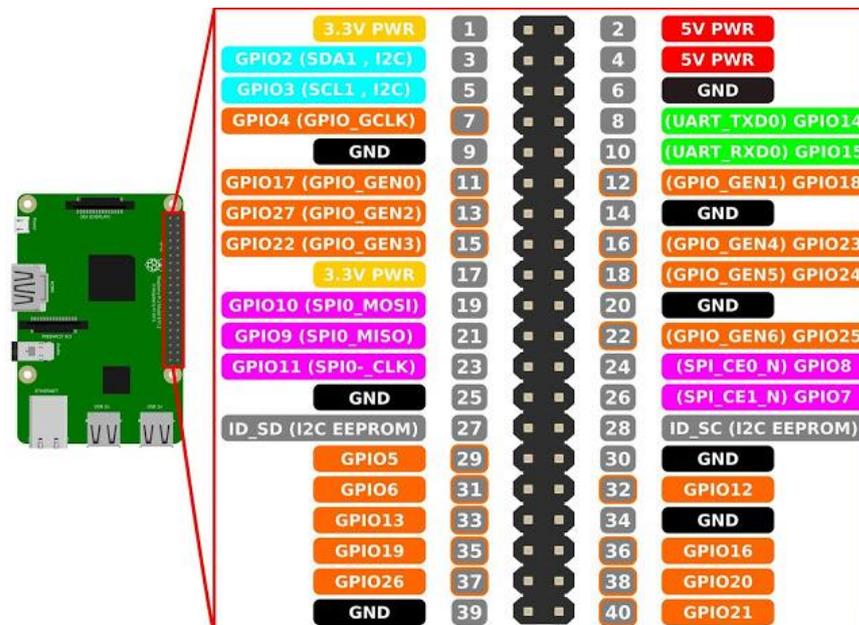


**Gambar 2.6** *Raspberry Pi*

(Sumber: <https://www.mahirkoding.com/pengenalan-raspberry-pi/>)

### 2.5.1 Konfigurasi Pin *Raspberry Pi 3 B+*

Konfigurasi pin pada *raspberry pi 3 B+* dapat dilihat pada gambar 2.7 [16].



**Gambar 2.7** Konfigurasi Pin *Raspberry Pi 3 B+*

(Sumber: <http://www.labelektronika.com/2018/06/mengenal-raspberry-pi-3-model-b-plus.html?m=1>)

### 2.5.2 Spesifikasi *Raspberry Pi 3 B+*

*Raspberry Pi 3 Model B+* merupakan yang terbaik saat ini karena kecepatannya mencapai 4 kali lipat dibandingkan *Raspberry Pi 2*. Selain itu, versi ini sudah memiliki *built-in* Wi-Fi (802.11n) dan *Bluetooth 4*, serta *Bluetooth Low Energy* (BLE) [17]. Spesifikasinya adalah sebagai berikut :

1. *Broadcom BCM2387 64 bit ARMv7 Quad core Processor powered Single Board Computer running at 1.2 Ghz.*
2. *1 GB RAM (Random Access Memory)*
3. *BCM43143 Wi-Fi on board*
4. *Bluetooth Low Energy (BLE) o board*
5. *40 pin extended GPIO*
6. *4 x USB 2 ports*
7. *4 pole stereo output dan composite video port*
8. *Full size HDMI*
9. *CSI camera port untuk koneksi pi camera*
10. *DSI display port untuk koneksi touch screen display*
11. *Micro USB untuk penyimpanan data*

### **2.5.3 Kelebihan Raspberry Pi 3 B+**

*Raspberry Pi 3 B+* memiliki beberapa kelebihan dan peningkatan dibanding model sebelumnya sebagai berikut :

- *Memiliki kemampuan jaringan yang lebih baik dengan koneksi wireless dual band yang sudah mendukung 802.11 ac dan bluetooth 4.2*
- *Chipset memiliki manajemen suhu yang lebih baik*
- *Faster ethernet*
- *Power over ethernet*

Selain itu *Raspberry Pi 3 B+* memiliki kegunaan sebagai berikut :

- **Sebagai Komputer Desktop Mini**  
Fitur dan penggunaannya pun bisa di manfaatkan layaknya komputer desktop walaupun tetap belum bisa menandingi komputer desktop berbasis CPU Intel.
- **Sebagai File Server**  
Kita dapat berbagi file film, dokumen, music atau foto-foto lain dimana saja dan kapan saja. Kemampuan dan kelebihan ini membuat Raspberry Pi mampu seolah-olah memiliki fungsi layaknya file server.
- **Sebagai Download Server**  
Dari generasi ke generasi, RasPi saat ini bisa digunakan juga sebagai download server. Dengan Raspberry, penggunanya bisa melakukan pengontrolan

dan pengelolaan file yang di download via web, baik web browser desktop, smartphone ataupun tablet.

- Sebagai Access Point

Device Raspberry yang kita miliki saat ini bisa dijadikan sebagai access point dengan menancapkan adapter Wi-Fi yang kompatibel.

- Sebagai Server DNS

Kita bisa menjadikan server DNS pada Raspberry Pi sebagai pengganti server DNS ISP yang melambat dengan bantuan aplikasi seperti BIND9 atau djbdns.

- Sebagai Multimedia Player

Selain hal-hal diatas, kita bisa memanfaatkan RaspPi sebagai media player untuk menonton film, mendengarkan music, melihat foto, menonton youtube atau bermain social media dengan menggunakan TV Lawas kita sebagai monitornya.

## 2.6 Mikrokontroler ATmega 328

Mikrokontroler Atmega328 adalah sebuah *chip* yang terdapat pada arduino nano yang merupakan *single board* yang bersifat *open source* yang mempunyai fleksibilitas yang tinggi untuk memudahkan rancang bangun elektronik yang dapat berinteraksi dengan sensor dan pengendali [18]. Bentuk fisiknya dapat dilihat pada gambar 2.8.

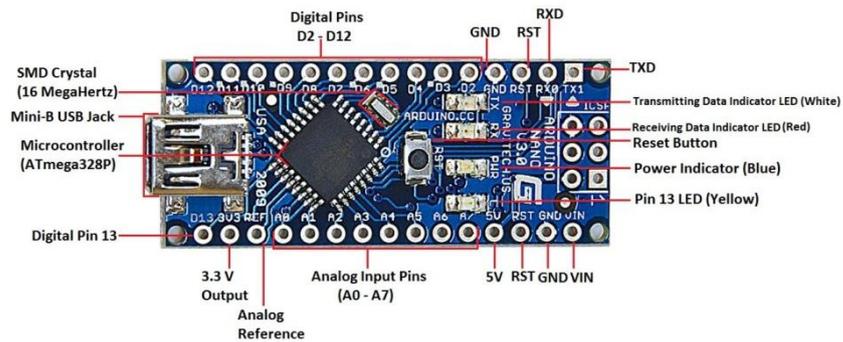


**Gambar 2.8** Mikrokontroler ATmega328

(Sumber: <https://www.andalanelektro.id/2018/08/mengenal-arduino.html?m=1>)

### 2.6.1 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega 328

Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega 328 dapat dilihat pada gambar 2.9.



**Gambar 2.9** Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega328  
(Sumber: <https://www.nyebarilmu.com/>)

### 2.6.2 Spesifikasi

Spesifikasi dari arduino nano memiliki spesifikasi berbeda dengan arduino yang lain berikut spesifikasinya yang ditunjukkan pada tabel 2.3 [19].

**Tabel 2.3** Spesifikasi Arduino Nano

Spesifikasi Arduino Nano	
Architecture	AVR
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz
SRAM	2 KB
Microcontroller	ATmega328P
Analog I/O Pins	8
Digital I/O Pins	22
PWM Output	6
Operating Voltage	5 Volts
DC Current per I/O Pins	40 mA
Flash Memory	32 KB of which 2 KB used by bootloader
Operating Voltage	5 Volts
Input Voltage	7-12 Volts
Power Consumption	19 mA

## 2.7 Pengolahan Citra

Pengolahan citra adalah metode yang digunakan dalam beberapa operasi pada suatu gambar atau citra untuk mendapatkan gambar atau citra yang disempurnakan atau untuk mengolah beberapa informasi yang berguna dari gambar tersebut [20].

Pengolahan citra pada dasarnya mencakup tiga langkah sebagai berikut :

- Mengimpor gambar melalui alat akuisisi gambar
- Menganalisis dan memanipulasi gambar
- Output yang dimana hasilnya dapat diubah atau data yang didasarkan pada analisis gambar

Pengolahan citra memiliki dua metode yaitu pengolahan citra analog dan pengolahan citra digital. Pengolahan citra analog dapat digunakan untuk salinan cetak seperti cetakan foto dengan penjabaran gambar menggunakan beberapa dasar interpretasi saat menggunakan teknik visual. Sedangkan pengolahan citra digital dapat digunakan dalam membantu memanipulasi gambar atau citra digital dengan menggunakan komputer yang melalui beberapa tahapan antara lain, pra-pemrosesan, peningkatan, dan tampilan hasil pemrosesan [20].

Pengolahan citra digital mengolah citra digital yang menurut Maria citra digital adalah citra  $f(x,y)$  yang telah dideskripsikan pada koordinat spasial dan kecerahan. Citra digital direpresentasikan oleh *array* dua dimensi atau sekumpulan *array* dua dimensi dimana setiap *array* merepresentasikan satu kanal warna. Nilai kecerahan yang didigitalkan dinamakan nilai tingkat keabuan, setiap elemen *array* dinamakan piksel [21].

Suatu citra digital adalah fungsi intensitas 2 dimensi  $f(x,y)$ , dimana  $x$  dan  $y$  adalah koordinat spasial dan  $f$  pada titik  $(x,y)$  merupakan tingkat kecerahan suatu citra pada suatu titik. Citra digital adalah citra  $f(x,y)$  yang telah dilakukan digitalisasi baik koordinat area maupun *brightness level* [22].

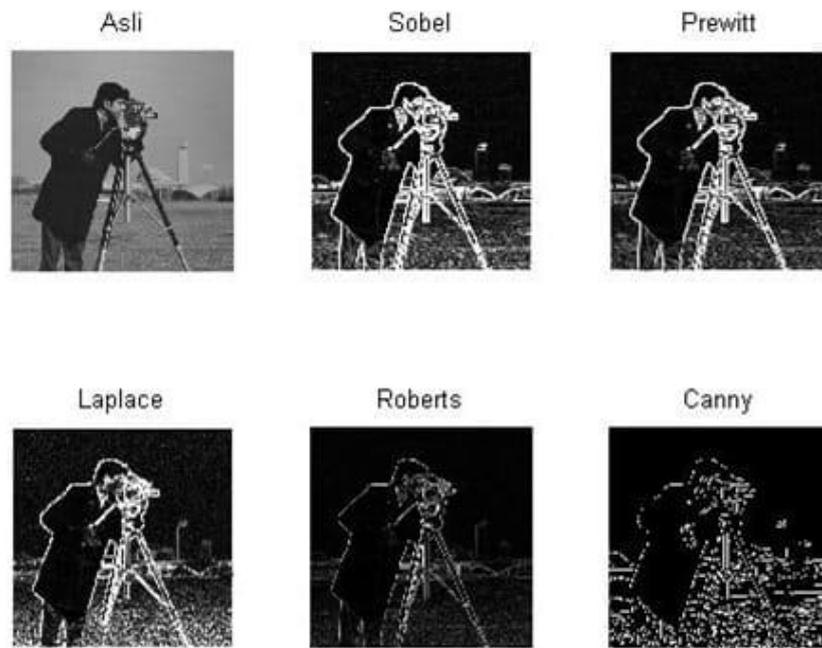
Pengolahan citra digital adalah sebuah proses pengolahan yang inputnya adalah citra yang outputnya dapat berupa citra atau sekumpulan karakteristik atau parameter yang berhubungan dengan citra. Secara umum pengolahan citra digital didefinisikan sebagai pemrosesan citra dua dimensi dengan komputer. Citra digital adalah barisan bilangan nyata maupun kompleks yang diwakili bit – bit tertentu. Pengolahan citra memiliki fungsi yaitu, digunakan sebagai proses memperbaiki

kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau komputer, dan digunakan untuk teknik pengolahan citra dengan mentransformasikan citra menjadi citra lain [22].

## 2.8 *Edge Detection*

*Edge Detection* pada suatu citra adalah suatu proses yang menghasilkan tepi-tepi dari objek citra dengan tujuannya adalah untuk menandai bagian yang menjadi detail gambar atau citra untuk memperbaiki detail dari gambar atau citra yang blur, yang terjadi karena adanya efek dari proses akuisisi citra. Suatu titik  $(x,y)$  dikatakan sebagai tepi (*edge*) dari suatu citra bila titik tersebut mempunyai perbedaan yang tinggi dengan sisi yang lain [23]. Berikut pengertian dari beberapa metode sobel, prewitt, laplace, robert, dan canny.

- Sobel  
Metode ini mengambil prinsip dari fungsi laplace dan gaussian yang dikenal sebagai fungsi untuk membangkitkan HPF, dan kelebihan dari metode sobel ini adalah mengurangi noise sebelum melakukan perhitungan deteksi tepi.
- Prewitt  
Metode Prewitt merupakan pengembangan metode robert dengan menggunakan filter HPF yang diberi satu angka nol penyangga. Metode ini mengambil prinsip dari fungsi laplacian yang dikenal sebagai fungsi untuk membangkitkan HPF.
- Laplace  
Metode Laplace adalah metode transformasi yang digunakan untuk penyelesaian persamaan diferensial.
- Robert  
Metode Robert adalah nama lain dari teknik differensial pada arah horisontal dan differensial pada arah vertikal, dengan ditambahkan proses konversi biner setelah dilakukan differensial. Maksud konversi biner adalah meratakan distribusi warna hitam dan putih.
- Canny  
Canny merupakan deteksi tepi yang optimal. Operator Canny menggunakan GaussianDerivativeKernel untuk menyaring kegaduhan dari citra awal untuk mendapatkan hasil deteksi tepi yang halus.



**Gambar 2.10** Hasil Deteksi Tepi

(Sumber: [http://jagocoding.com/tutorial/500/Penerapan\\_Edge](http://jagocoding.com/tutorial/500/Penerapan_Edge_Detection_Sobel_Prewitt_Laplace_Robert_dan_Canny_Pada_Matlab)

[Detection\\_Sobel\\_Prewitt\\_Laplace\\_Robert\\_dan\\_Canny\\_Pada\\_Matlab](http://jagocoding.com/tutorial/500/Penerapan_Edge_Detection_Sobel_Prewitt_Laplace_Robert_dan_Canny_Pada_Matlab))

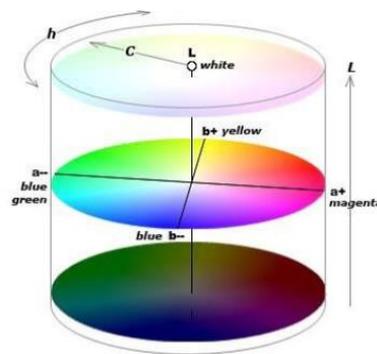
## 2.9 L\*A\*B Detection

L\*A\*B *Detection* merupakan model tiga dimensi, hanya dapat digambarkan apabila dalam ruang tiga dimensi, dan apabila diambil irisan komponen a\* dan b\*, maka akan mendapatkan diagram chromaticity a\* b\*. Dengan CIELAB diberikan makna dari setiap dimensi yang dibentuk.

- Besaran CIE\_L\* untuk mendeskripsikan kecerahan warna, 0 untuk hitam dan L\* = 100 untuk putih).
- Dimensi CIE\_a\* mendeskripsikan jenis warna hijau-merah, angka negatif a\*: warna hijau; CIE\_a\* positif mengindikasikan warna merah,
- Dimensi CIE\_b\* untuk jenis warna birukuning, angka negatif b\* mengindikasikan warna biru dan sebaliknya CIE\_b\* positif mengindikasikan warna kuning.

Pengukuran warna dengan metode ini jauh lebih cepat dengan ketepatan yang cukup baik. Pada sistem ini term penilaian terdiri atas 3 parameter yaitu L, a dan b. Lokasi warna pada sistem ini ditentukan dengan koordinat L\*, a\*, dan b\*. Notasi L\*: 0 (hitam); 100 (putih) menyatakan cahaya pantul yang menghasilkan warna

akromatik putih, abu-abu dan hitam. Notasi  $a^*$ : warna kromatik campuran merah-hijau dengan nilai  $+a^*$  (positif) dari 0 sampai +80 untuk warna merah dan nilai  $-a^*$  (negatif) dari 0 sampai -80 untuk warna hijau. Notasi  $b^*$ : warna kromatik campuran biru-kuning dengan nilai  $+b^*$  (positif) dari 0 sampai +70 untuk warna kuning dan nilai  $-b^*$  (negatif) dari 0 sampai -70 untuk warna biru.



**Gambar 2.11** Warna  $L^*a^*b^*$

(Sumber : [www.e-jurnal.pelitanusantara.ac.id](http://www.e-jurnal.pelitanusantara.ac.id))

Ruang warna XYZ, beberapa warna direpresentasikan sebagai nilai yang selalu positif. Perhitungan untuk transformasi dari ruang warna RGB ke XYZ (dengan nilai referensi putih), adalah melalui perhitungan matriks transformasi. Konversi ruang warna (color space) dari type RGB ke CIELab.

Konversi RGB-XYZ:

$$[ X ] = [ 0.412453 \ 0.357580 \ 0.180423 ] [ R ]$$

$$[ Y ] = [ 0.212671 \ 0.715160 \ 0.072169 ] * [ G ]$$

$$[ Z ] = [ 0.019334 \ 0.119193 \ 0.950227 ] [ B ]$$

Konversi XYZ -  $L^*a^*b^*$ :

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \text{ for } Y/Y_n > 0.008856$$

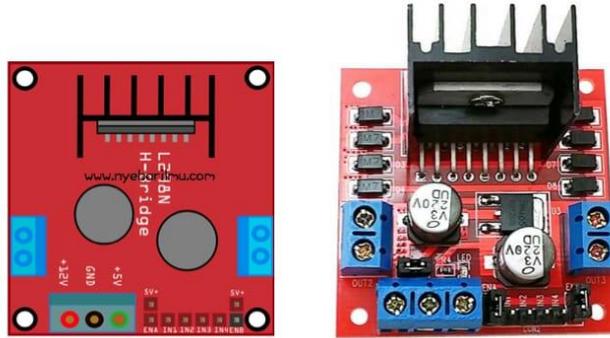
$$L^* = 903.3 Y/Y_n \text{ otherwise}$$

$$a^* = 500(f(X/X_n) - f(Y/Y_n))$$

$$b^* = 200(f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n))$$

## 2.10 Driver Motor L298N

*Driver Motor L298N* merupakan modul driver motor DC yang digunakan untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC [25]. Driver motor tipe L298N yang dapat dilihat pada gambar 2.12.



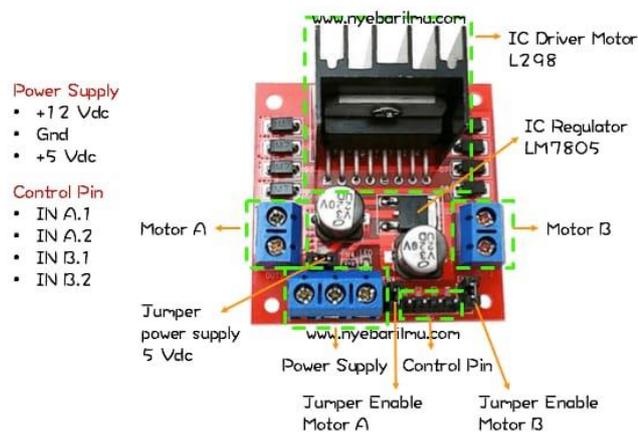
**Gambar 2.12** *Driver Motor*

(Sumber : <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-driver-motor-l298n/>)

*Driver Motor* L298N menggunakan IC tipe H-Bridge yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC dan motor stepper. IC L298 terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang nand yang berfungsi untuk memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor DC maupun motor stepper [25].

### 2.10.1 Konfigurasi Pin *Driver Motor* L298N

Konfigurasi Pin *Driver Motor* L298N dapat dilihat pada gambar 2.13.



**Gambar 2.13** Konfigurasi Pin *Driver Motor*

(Sumber : <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-driver-motor-l298n/>)

Keterangan :

- *Enable* A berfungsi untuk mengaktifkan bagian output motor A
- *Enable* B berfungsi untuk mengaktifkan bagian output motor B

- *Jumper 5Vdc* sebagai mode pemilihan sumber dengan tegangan 5 Vdc dan jika *jumper* dilepas maka tegangan sumber menjadi 12 Vdc
- Kontrol Pin sebagai kendali perputaran dan kecepatan motor yang dihubungkan pada mikrokontroler

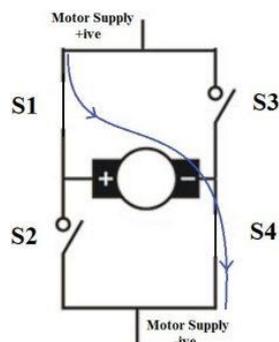
### 2.10.2 Spesifikasi *Driver Motor L298N*

Spesifikasi *driver motor* L298N sebagai berikut :

- Tegangan masukan power 5-35Vdc
- Tegangan operasional 5 Vdc
- Arus masukan 0-36 mA
- Arus keluaran per output A dan B yaitu 2A
- Daya maksimal 25W
- Dimensi 43x43x26 mm

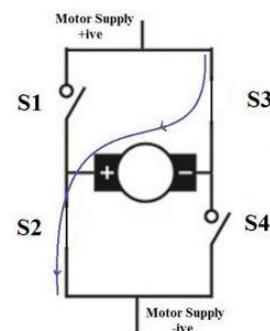
### 2.10.3 Prinsip Kerja *Driver Motor L298N*

Prinsip kerja *driver motor* L298N yaitu sesuai dengan prinsip kerja H-Bridge yang memiliki 4 mosfet atau transistor dihubungkan sebagai switch. Pada gambar 2.14 jika switch S1 dan S4 ON maka arus akan bergerak dari kiri ke arah kanan yang akan menghasilkan motor berputar searah jarum jam sedangkan pada gambar 2.15 jika switch S2 dan S3 ON maka arus akan bergerak dari kanan ke arah kiri jadi motor akan berputar berlawanan arah jarum jam.



**Gambar 2.14** Searah Jarum jam

(Sumber : <https://electrosome.com>)



**Gambar 2.15** Berlawanan Arah Jarum Jam

(Sumber : <https://electrosome.com>)

## 2.11 Motor DC Sebagai Aktuator

Motor DC adalah mesin yang dapat mengkonversi energi listrik menjadi energi mekanik atau gerak yang beroperasi dengan arus searah atau dc [26]. Motor DC menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya dikenal dengan istilah

RPM (*Revolutions Per Minute*) dan dapat dibuat berputar searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam apabila polaritas listrik yang diberikan pada Motor DC tersebut dibalik. Bentuk fisik motor DC dapat dilihat pada gambar 2.16.



**Gambar 2.16** Motor DC

(Sumber: <https://teknikelektronika.com/pengertian-motor-dc-prinsip-kerja-dc-motor/>)

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.

### 2.11.1 Prinsip kerja Motor DC

Prinsip kerja motor DC 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.

### 2.11.2 Pengaturan Kecepatan Motor DC

Pengaturan kecepatan Motor Dc dapat dilakukan dengan mengatur putaran motor Dc dengan persamaan sebagai berikut :

$$N = \frac{V_t - I_A R_A}{K\Phi} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

N = Putaran motor

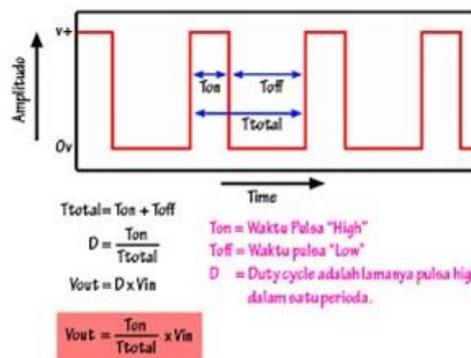
V<sub>t</sub> = Tegangan terminal

- $I_A$  = Arus jangkar motor
- $R_A$  = Hambatan jangkar motor
- $K$  = Konstanta motor

Dari persamaan 2.1 dilihat bahwa kecepatan untuk putaran motor DC dapat dikontrol dengan mengatur tegangan terminal dan arus jangkar. Oleh karena kemungkinan perubahan kecepatan putaran motor kecil jika diubah arus jangkar maka untuk menghasilkan perubahan yang besar dengan mengubah tegangan terminal. Sedangkan untuk  $K$  dan fluks bernilai konstan jadi tidak dapat diubah.

**2.11.3 Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan *Pulse Width Modulation***

Pengaturan kecepatan motor DC dengan *Pulse Width Modulation* (PWM) adalah cara untuk memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu periode, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Lebar pulsa berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi yang artinya sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun duty cycle bervariasi antara 0% hingga 100% [27].



**Gambar 2.17** Sinyal PWM

(Sumber:

[https://www.academia.edu/11370924/Pengaturan\\_kecepatan\\_motor\\_DC\\_menggunakan\\_PWM\\_digital](https://www.academia.edu/11370924/Pengaturan_kecepatan_motor_DC_menggunakan_PWM_digital))

Berdasarkan gambar 2.17  $T_{on}$  merupakan besar waktu pada saat tegangan keluaran bernilai 1 (HIGH) sedangkan  $T_{off}$  merupakan besar waktu pada saat tegangan keluaran bernilai 0 (LOW) untuk mendapatkan  $T_{total}$  dapat dilihat pada persamaan 2.2 berikut.

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \dots \dots \dots (2.2)$$

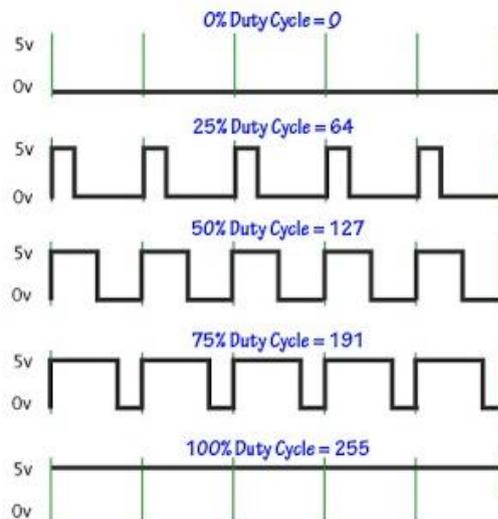
$T_{total}$  adalah panjang gelombang dalam satu perioda maka dengan cara mengatur lebar “on dan “off” dalam satu perioda gelombang melalui pemberian besar sinyal referensi output dari suatu PWM akan didapat duty cycle yang diinginkan [27]. Duty cycle dapat dinyatakan dalam persamaan 2.3 berikut.

$$D = \frac{T_{on}}{T_{total}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Sehingga tegangan keluaran didapat dengan persamaan 2.4 berikut

$$V_{out} = D \times V_{in} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan metode analog setiap PWM-nya halus sedangkan menggunakan metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri [27]. Misalkan suatu PWM memiliki resolusi 8 bit berarti PWM ini memiliki variasi perubahan nilai sebanyak  $2^8 = 256$  variasi mulaidari 0-255 dengan perubahan nilai mewakili duty cycle 0-100% dari keluaran PWM tersebut yang dapat dilihat pada gambar 2.18.



**Gambar 2.18** Grafik Perubahan PWM  
(Sumber:

[https://www.academia.edu/11370924/Pengaturan\\_kecepatan\\_motor\\_DC\\_menggunakan\\_PWM\\_digital](https://www.academia.edu/11370924/Pengaturan_kecepatan_motor_DC_menggunakan_PWM_digital))

## 2.12 Mini Pump

*Mini pump* pada dasarnya menggerakkan fluida dari tempat bertekanan rendah ke tempat dengan tekanan yang lebih tinggi, untuk mengatasi perbedaan tekanan ini maka diperlukan tenaga (energi) maka dari itu mini pump memiliki motor yang

dapat memompa air dari tanki penampung ke selang untuk dikeluarkan melalui nozel yang sudah dipasangkan. Gambar 2.19 menunjukkan *Mini Pump*.



**Gambar 2.19** *Mini Pump*  
(Sumber: <https://yaoota.com>)

### 2.12.1 Spesifikasi *Mini Pump*

Mini pompa DC memiliki beberapa spesifikasi sebagai berikut.

- Input 8mm
- Output 4,8
- Tegangan 6-12 Vdc
- Maksimal volume 700 ml/30s
- Dimensi 92 x 46 x 35 mm

### 2.12.2 Prinsip Kerja *Mini Pump*

Prinsip kerja mini pump yaitu perubahan energi mekanik (putaran) menjadi energi *fluida head* yang terdapat sudut-sudut impeler yang dipasang pada poros pompa yang saling berhubungan dengan *range* tegangan 6-12 *volt*. Ketika poros pompa berputar maka zat cair yang ada di dalamnya juga ikut berputar, sehingga tekanan dan kecepatan dan mulai mengalirkan cairan dari tengah pompa menuju *nozzle* untuk keluarnya cairan [28].