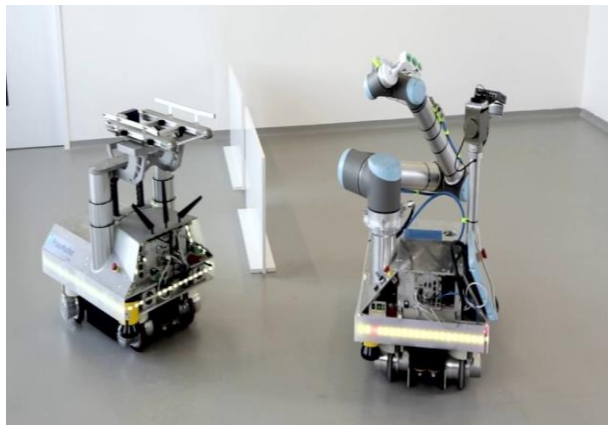


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Mobile Robot

Robot adalah perangkat mekanik yang dapat dikendalikan oleh perangkat lunak yang menggunakan sensor untuk memandu satu atau lebih efektor melalui gerakan terprogram dalam suatu ruang kerja dalam hal untuk manipulasi obyek fisik (Schilling, 2000). Salah satu jenis robot adalah mobile robot. *Mobile robot* adalah robot yang memiliki mekanisme penggerak berupa roda (*wheel*) dan atau kaki (*leg*), untuk dapat berpindah tempat dari satu tempat ke tempat yang lain. [1]



**Gambar 2.1** *Mobile Robot*  
(Eko Putro, Agfianto, 2019)

*Mobile robot* diklasifikasikan menjadi dua yaitu menurut lingkungan tempat robot tersebut bekerja dan alat yang digunakan untuk bergerak. Berdasarkan lingkungan tempat robot tersebut bekerja, robot mobil terbagi menjadi empat macam: robot yang bekerja di atas permukaan tanah (*land robot*), robot udara yang biasa disebut *unmanned aerial vehicle* (UAV), *autonomous underwater vehicles* (AUVs), dan robot yang bekerja pada lingkungan kutub - robot yang berkerja pada kondisi permukaan tanah yang dilapisies (*polar robots*). Sedangkan berdasarkan alat yang digunakan untuk bergerak, robot mobil terbagi menjadi robot berlengan atau berkaki- lengan

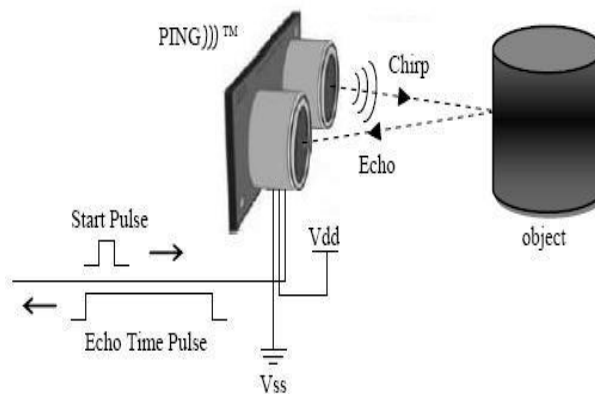
atau kaki menyerupai manusia (*android*) ataupun hewan, robot beroda-*Wheeled Mobile Robot (WMR)*.

Salah satu contoh penggunaan Mobile Robot yaitu Robot navigasi. Dalam navigasi robot ini menerapkan pengindra sensor ultrasonik yang prinsip kerjanya berdasarkan gelombang merambat di udara. Pengindra sensor ultrasonik memiliki pemancar gelombang dan penerima gelombang dengan frekuensi 20 k Hz. Kerja pengindra sensor ini dalam navigasi robot selalu memancarkan gelombang kirim dan gelombang terima kembali setelah gelombang tersebut dipantulkan oleh dinding/penghalang di sisi kiri, kanan atau depan robot.

Dengan prinsip gelombang kirim dan pantul kembali maka jarak robot dengan penghalang dapat dihitung dengan rumus :

$$s = v \times \frac{t}{2} \quad \dots (1),$$

Dimana  $s$  adalah jarak,  $v$  adalah kecepatan rambat di udara (340m/detik), dan  $t$  adalah waktu yang ditempuh gelombang kirim dan diterima kembali.



**Gambar 2.2** Sensor Jarak Penghalang dengan Robot  
(Eko Putro, Agfianto, 2019)

## 2.2. *Fuzzy Logic Controller*

### 2.2.1 *Pengenalan Fuzzy Logic Controller*

Teori fuzzy diperkenalkan oleh Zadeh pada tahun 1965 dan telah banyak menjadi subyek kontroversi dan perdebatan. Dalam beberapa tahun terakhir, Fuzzy telah banyak diaplikasikan di berbagai bidang. Di antara pengaplikasian yang paling sukses dari teori ini yaitu *Fuzzy Logic Controller (FLC)* yang diprakarsai oleh Mamdani dan Assilian. *Fuzzy Logic Controller* telah sukses besar di Jepang, di mana banyak produk komersial dibuat menggunakan teknologi ini. [2]

*Fuzzy Logic* adalah area konsentrasi tertentu dalam studi *Artificial Intelligence* dan didasarkan pada nilai informasi yang tidak benar atau salah. Informasi yang digunakan manusia dalam kehidupan sehari-hari mereka untuk mendasarkan keputusan intuitif dan menerapkan aturan umum dapat dan harus diterapkan pada situasi kontrol yang menuntut mereka. Pengetahuan yang diperoleh dapat menjadi senjata ampuh untuk memerangi efek yang tidak diinginkan dari respons sistem.

*Fuzzy logic controller* menggunakan seperangkat aturan *if-then* yang sangat fleksibel. Solusi ini kemudian diterapkan pada fungsi keanggotaan yang sesuai. Nilai-nilai yang terletak di dalam area penetasan silang disebut salah di luar bayangan keraguan. Jika semua data jatuh ke satu sisi atau yang lain dari area yang tumpang tindih, maka *fuzzy logic* mungkin akan sedikit bermanfaat.

Dalam sebagian besar aplikasi ada beberapa titik yang terletak di area umum. Informasi yang terletak di area umum harus dipelajari, disimpan, dan digunakan untuk mengukur dan mengklasifikasikan data. Ini memungkinkan manipulasi struktur data untuk membuat kesimpulan terhadap solusi. Informasi yang termasuk dalam area umum tersebut dapat diberi peringkat, umur, dan "tebakan terbaik" yang dibuat setelah evaluasi informasi "abu-abu" ini.

Keuntungan lain dari *fuzzy logic controller* adalah untuk mengukur sinyal input dalam lingkungan yang terkadang "berisik". Kebisingan ini, yang cenderung merusak integritas sinyal aktual, ditangani melalui akal

sehat dari operator yang kompeten. Secara matematis, informasi tersebut harus dinilai dan disiapkan untuk digunakan dalam pengambilan keputusan. Jika seorang operator meluangkan waktu untuk memplot informasi proses pada sistem koordinat X-Y, operator dapat secara visual menerapkan kurva yang sesuai dengan data dan menghasilkan representasi generik yang cukup akurat.

Secara matematis, pemasangan kurva orde rendah akan menghasilkan representasi yang cukup tidak akurat. Oleh karena itu, kesesuaian kurva urutan yang lebih tinggi akan sesuai untuk mengakomodasi sinyal bising. *Fuzzy logic* mencoba untuk meniru seperti apa respons manusia dan menerapkan kecocokan paling cerdas pada data.

Komputasi konvensional didasarkan pada logika Boolean, yang berarti semuanya direpresentasikan sebagai nol atau satu. Dalam beberapa situasi ini mengarah pada penyederhanaan yang berlebihan dan hasil yang tidak memadai. Pengontrol logika fuzzy, dan dengan ekstensi, kontrol fuzzy, berusaha menangani kompleksitas dengan menciptakan heuristik yang lebih selaras dengan persepsi manusia tentang masalah.

*Fuzzy logic* menyediakan cara untuk menangani ketidaktepatan dan nonlinier dalam situasi kontrol yang kompleks. Input diteruskan ke “mesin inferensi” di mana aturan berbasis manusia atau berpengalaman diterapkan untuk menghasilkan output.

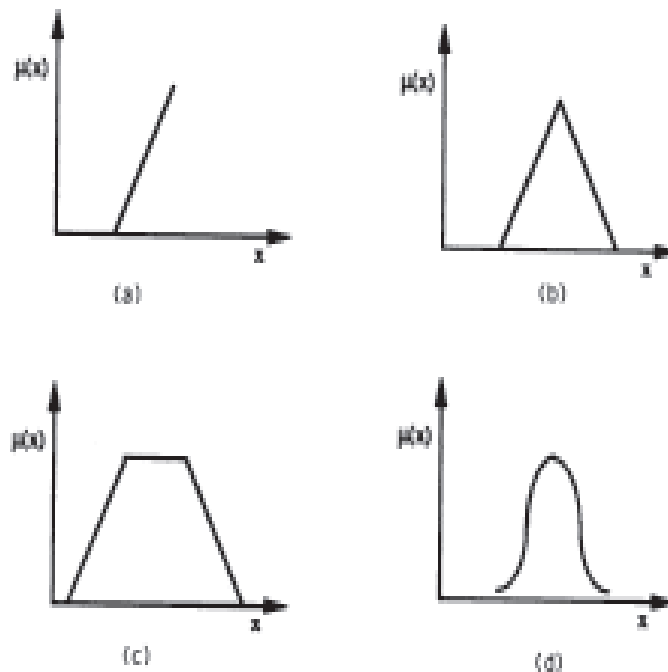
### **2.2.2 *Fuzzy Sets dan Fuzzy Logic***

*Fuzzy Sets* adalah ekstensi dari *crisp set*. *Crisp set* hanya memungkinkan *membership* penuh atau tidak sama sekali, di mana set fuzzy memungkinkan keanggotaan parsial. Dalam *crisp set*, *membership* atau *non-membership* dari suatu elemen  $\chi$  dalam set.

### **2.2.3 *Arsitektur Dasar dari Fuzzy Logic Controller***

Berbagai metode untuk mengembangkan *fuzzy logic controller* setelah disarankan selama 15 tahun terakhir. Dalam mendesain *fuzzy logic controllers*, seseorang harus mengidentifikasi parameter kontrol utama dan

menentukan *term set* yang berada pada tingkat perincinan yang tepat untuk menggambarkan nilai-nilai setiap variabel linguistik<sup>2</sup>. Misalnya, kumpulan istilah yang mencakup nilai-nilai linguistik seperti {kecil, sedang, besar} mungkin tidak memuaskan di beberapa *domain*, dan sebagai gantinya mungkin memerlukan penggunaan seperangkat istilah seperti {sangat kecil, kecil, sedang, besar, dan sangat besar }.

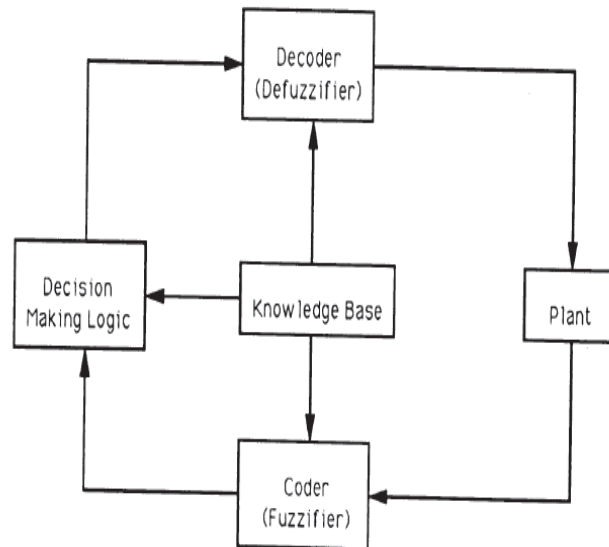


**Gambar 2.3** Fungsi *Membership* (a). Monotonik (b).Segitiga (c).Trapesium (d).Lonceng dari *Fuzzy Logic Controller*  
 (Ana, Dwi, 2019)

Berbagai jenis fungsi *membership* fuzzy telah digunakan dalam *fuzzy logic controllers*. Namun, terdapat empat tipe yang paling umum. Tipe pertama mengasumsikan fungsi keanggotaan monotonik seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4 a. Tipe ini sederhana dan telah digunakan dalam penelitian. Tipe lain yang menggunakan fungsi segitiga, trapesium, dan berbentuk lonceng juga telah digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar3.4.b, 3.4 c, dan 3.4 d.

Pemilihan jenis variabel fuzzy secara langsung mempengaruhi jenis penalaran yang dilakukan oleh aturan menggunakan variabel-variabel

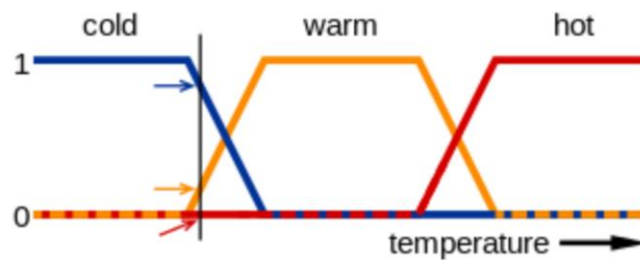
ini. Setelah nilai parameter kontrol utama ditentukan, basis pengetahuan dikembangkan menggunakan variabel kontrol di atas dan nilai yang mungkin diambil. Jika basis *knowledge* adalah basis *rule*, lebih dari satu aturan dapat menyala yang membutuhkan pemilihan metode resolusi konflik untuk pengambilan keputusan.



**Gambar 2.4** Arsitektur Sederhana *Fuzzy Logic Controller*  
(Ana, Dwi, 2019)

#### 2.2.4 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses menetapkan input numerik suatu sistem ke set fuzzy dengan beberapa tingkat keanggotaan. Tingkat keanggotaan ini dapat berada di mana saja dalam interval  $[0,1]$ . Jika nilai 0 maka bukan milik set fuzzy yang diberikan, dan jika itu nilai 1 maka sepenuhnya milik set fuzzy. Nilai apa pun antara 0 dan 1 menunjukkan tingkat ketidakpastian bahwa nilai tersebut termasuk dalam set atau tidak. Set fuzzy ini biasanya dideskripsikan dengan kata-kata, dan dengan menetapkan input sistem ke set fuzzy, kita dapat mempertimbangkannya dengan cara yang secara linguistik alami.



**Gambar 2.5** Fuzzy Logic Temperature  
( Fuzzy Logic for Dummies, 2017)

**Gambar 2.5** merupakan salah satu contoh dari fuzzifikasi dimana pada gambar, arti dari ekspresi dingin, hangat, dan panas diwakili oleh fungsi pemetaan skala suhu. Suatu titik pada skala itu memiliki tiga "nilai kebenaran", satu untuk masing-masing dari tiga fungsi. Garis vertikal pada gambar menunjukkan suhu tertentu yang diukur oleh ketiga panah (nilai kebenaran). Karena panah merah mengarah ke nol, suhu ini dapat diartikan sebagai "hot"; yaitu suhu ini tidak memiliki keanggotaan dalam set fuzzy "panas". Panah oranye (menunjuk 0,2) dapat menggambarkannya sebagai "slightly warm" dan panah biru (menunjuk 0,8) "fairly cold". Oleh karena itu, suhu ini memiliki 0,2 keanggotaan dalam set fuzzy "hot" dan 0,8 keanggotaan dalam set fuzzy "cold".

Set fuzzy sering didefinisikan sebagai segitiga atau kurva berbentuk trapesium, karena setiap nilai akan memiliki kemiringan di mana nilainya meningkat, puncak di mana nilainya sama dengan 1 (yang dapat memiliki panjang 0 atau lebih besar) dan kemiringan di mana nilainya menurun.

### 2.2.5 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses menghasilkan hasil yang dapat diukur dalam logika Crisp, himpunan fuzzy dan derajat keanggotaan yang sesuai. Akan lebih mudah jika nilai-nilai kebenaran output adalah persis yang diperoleh dari fuzzifikasi angka yang diberikan. Namun, karena semua nilai kebenaran output dihitung secara independen, dalam kebanyakan kasus mereka tidak mewakili set angka tersebut. Oleh karena itu, diperlukannya

defuzzifikasi untuk dapat mengartikan derajat keanggotaan set fuzzy ke dalam keputusan spesifik atau nilai nyata.

## 2.3 Arduino Uno

### 2.3.1 Pengenalan Arduino Uno

Arduino adalah kombinasi perangkat keras dan lunak open source berbasis mikrokontroler sebagai sarana pengembangan elektronika yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya.



**Gambar 2.6** Arduino Uno

(Evans Brian, 2018)

Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding board mikrokontroler yang lain, selain bersifat open source, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu, dalam board arduino sendiri sudah terdapat loader yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika memprogram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan, pada kebanyakan board mikrokontroler yang lain,



masih membutuhkan rangkaian loader terpisah untuk memasukkan program ketika kita memprogram mikrokontroler. Port USB tersebut selain untuk loader ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai port komunikasi serial.

Sifat open source arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri dalam menggunakan board ini, karena dengan sifat open source, komponen yang kita pakai tidak hanya tergantung pada satu merek, namun memungkinkan kita bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran.

Bahasa pemrograman arduino merupakan bahasa C yang sudah disederhanakan syntax bahasa pemrogramannya sehingga mempermudah kita dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler.

### 2.3.2 Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan Operasi	5V
Tegangan Input (Recommended)	7-12V
Tegang Input (Limit)	6-20V
I/O Digital Pin	14 (6 diantaranya PWM output)
Input Analog Pin	6
Arus DC per I/O Pin	40 mA
Arus DC untuk Pin 3.3V	50 mA
Flash Memory	32 KB (Atmega328) dengan 0.5 KB digunakan untuk bootloader
SRAM	2 KB (Atmega328)
EEPROM	1 KB (Atmega328)
Clock Speed	16 MHz

**Tabel 2.1** Spesifikasi Arduino Uno  
(components101, 2018)

### 2.3.3 Konfigurasi Pin Arduino Uno

a.	Vin	Pin untuk mengalirkan sumber tegangan ke arduino uno ketika menggunakan sumber daya eksternal (selain dari koneksi USB atau sumber daya yang teregulasi lainnya). Sumber tegangan juga dapat disediakan melalui pin ini jika sumber daya yang digunakan untuk arduino uno dialirkan melalui soket power.
b.	5V	Pin yang menyediakan tegangan teregulasi sebesar 5 volt berasal dari regulator tegangan pada arduino uno.
c.	3V3	Pin yang menyediakan tegangan teregulasi sebesar 3,3 volt berasal dari regulator tegangan pada arduino uno.
d.	GND	Pin ground.
e.	Komunikasi Serial	Pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) data secara serial.
f.	External Interrupt	Pin 2 dan pin 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interrupt pada nilai rendah, sisi naik atau turun, atau pada saat terjadi perubahan nilai.
g.	Pulse-width modulation (PWM)	Pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11. Menyediakan keluaran PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi <code>analogWrite()</code> .
h.	Serial Peripheral Interface (SPI)	Pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) dan 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan SPI library.
i.	LED	Pin 13. Terdapat built-in LED yang terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai High maka LED menyala, ketika pin bernilai Low maka LED akan padam.

j.	TWI	A4 atau SDA pin dan A5 atau SCL pin. Mendukung komunikasi TWI.
k.	Aref.	Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan analogReference().
l.	Reset	Jalur LOW ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang mikrokontroler. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada shield yang menghalangi board utama Arduino.

**Tabel 2.2** Konfigurasi Pin Arduino Uno

(components101, 2018)

#### 2.3.4 Memori Arduino Uno

Arduino Uno adalah arduino board yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Maka peta memori arduino uno sama dengan peta memori pada mikrokontroler ATmega328. ATmega328 ini memiliki 32 KB dengan 0,5 KB digunakan untuk loading file. Ia juga memiliki 2 KB dari SRAM dan 1 KB dari EEPROM.

#### 2.3.5 Komunikasi Arduino Uno

Arduino uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain atau mikrokontroler lain. ATmega328 ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Firmware Arduino menggunakan USB driver standar COM, dan tidak ada driver eksternal yang dibutuhkan. Namun pada sistem operasi Windows, format file Inf diperlukan. Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data sederhana yang akan dikirim ke board Arduino. RX dan TX LED diboard akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB ke komputer. ATmega328 ini juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI.

Fungsi ini digunakan untuk melakukan komunikasi interface pada sistem.  
(Duta, 2015 : 13)

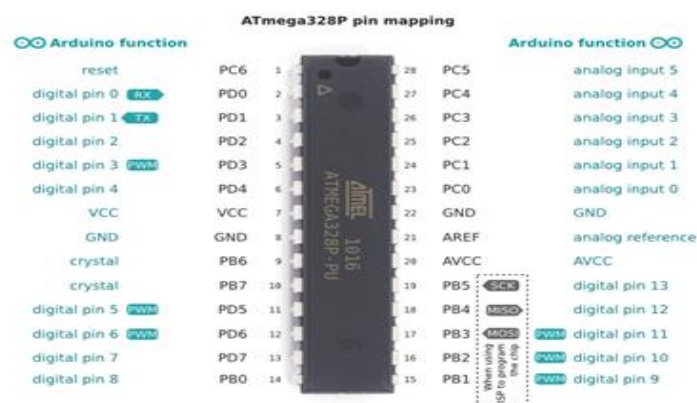


**Gambar 2.7** Kabel USB Arduino

(Electric City, 2017)

### 2.3.6 Mikrokontroler Atmega328

Mikrokontroler adalah sebuah alat pengendali (kontroler) berukuran mikro atau sangat kecil yang dikemas dalam bentuk chip. Sebuah mikrokontroler pada dasarnya bekerja seperti sebuah mikroprosesor pada computer. Keduanya memiliki sebuah Central Processing Unit (CPU) yang menjalankan instruksi program, melakukan logika dasar, dan pemindahan data. Namun agar dapat digunakan, sebuah mikroprosesor memerlukan tambahan komponen, seperti memori untuk menyimpan program dan data, juga interface input-output untuk berhubungan dengan dunia luar.



**Gambar 2.8** Peta Pin Mikrokontroler Atmega328

(Menara Ilmu Mikrokontroler Universitas Gajah Mada, 2018)

Pada **Gambar 2.8** dapat dilihat sebuah Mikrokontroler ATmega328 yang merupakan processor yang dipakai pada arduino uno R3.

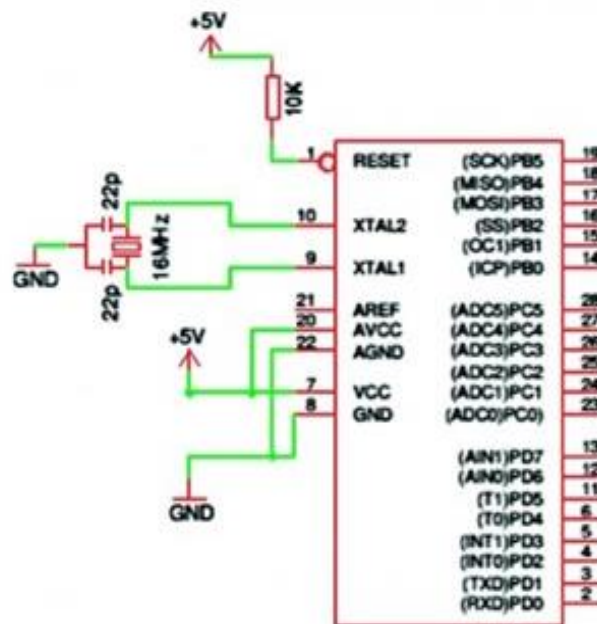
Mikrokontroler ATmega328 memiliki 14 input digital output pin/(6 output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi serial, ICSP header, dan tombol reset. Ini berisi semua fitur yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, cukup hubungkan ke komputer dengan kabel USB to Serial atau listrik AC yang ke adaptor DC/baterai untuk memulai.

### 2.3.7 Sistem Minimum Arduino

Pembacaan kaki IC dimulai dari bawah tanda setengah lingkaran berurutan sampai atas setengah lingkaran. Pada **Gambar 2.8**, ATmega328P memiliki 28 kaki. Mikrokontroler ATmega mengelompokkan pin sesuai kegunaannya, kelompok pin ini disebut dengan PORT. Pada ATmega328P terdapat 3 PORT yaitu PORTB (PB), PORTC (PC), dan PORTD (PD). Fungsi dan kegunaan pin pada masing-masing PORT dapat dilihat pada datasheet Mikrokontroler yang bisa didownload dari website pabrik pembuat Mikrokontroler. Pada Arduino pin dari Mikrokontroler memiliki pengelompokan yang berbeda yaitu analog pin dan digital pin. Hubungan antara pin Arduino dengan pin Mikrokontroler terlihat seperti pada **Gambar 2.8**.

Mikrokontroler dapat langsung bekerja apabila diberikan tegangan, namun untuk dapat bekerja optimal Mikrokontroler membutuhkan beberapa rangkaian minimal. Pada mode standar, Mikrokontroler bekerja dengan clock (kecepatan detak) internal yang cenderung lambat sekitar 1-8 MHz. Pada PC atau laptop saat ini clock prosesornya sudah mencapai orde GHz sehingga jauh lebih cepat. Mikrokontroler dapat bekerja lebih cepat dengan menggunakan clock eksternal dengan menambah komponen yang disebut crystal. Crystal yang digunakan pada Arduino UNO adalah 16MHz. Untuk dapat menggunakan crystal diperlukan kapasitor 22pF pada kaki crystal yang terhubung dengan ground. Sistem minimal untuk

menjalankan Arduino dapat dilihat pada **Gambar 2.9**, sistem minimal ini memerlukan crystal 16MHz, reset, dan power 5V untuk dapat berjalan.



**Gambar 2.9** Sistem Minimum Arduino

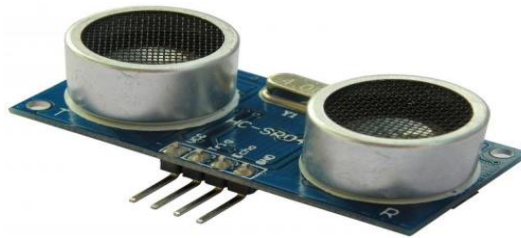
(Menara Ilmu Mikrokontroler Universitas Gajah Mada, 2018)

Sebuah Mikrokontroler yang baru masih kosong memorinya karena itu perlu diisi program agar dapat digunakan. Pada Arduino terdapat program khusus untuk komunikasi data sekaligus untuk menerjemahkan bahasa pemrograman Arduino, program ini disebut bootloader. Bootloader berfungsi untuk menjembatani program Arduino yang dibuat dengan hardware ATmega seperti halnya operating system pada komputer yang menjembatani hardware dan software-nya. Karena itu agar sebuah Mikrokontroler dapat berfungsi sebagai Arduino maka terlebih dahulu harus dimasukkan bootloader-nya yang sesuai. Bootloader secara otomatis dapat dimasukkan ke Mikrokontroler dengan menggunakan Arduino IDE.



Walaupun spesifikasi-nya seperti yang disebutkan di atas, namun dalam praktik, kita perlu mencermatinya, khususnya ketika berhadapan dengan bidang pantul yang tidak tegak lurus, misal permukaan yang spherical atau bersudut. Dari sejumlah pengujian yang pernah dilakukan, perlu penempatan yang tepat ketika di-aplikasikan dalam aplikasi *wall following robot*.

Hal kedua yang perlu dicermati adalah siklus pembacaan. Catatan dalam datasheet, 60 ms. Jadi, perlu jeda 60 ms sebelum melakukan pengukuran berikutnya dan ketika bekerja, HC-SR04 menarik arus ~ 15 mA dengan catu 5V.



**Gambar 2.11** Sensor Ultrasonik

(Kho, Dickson. 2019)

#### 2.4.2 Spesifikasi Sensor Ultrasonik HC-SR04

Tegangan yang Bekerja	DC 5V
Arus yang Bekerja	15mA
Frekuensi yang Bekerja	40Hz
Batasan Maksimal	4m
Batasan Minimal	0.2m
Sudut Pengukuran	15°
Trigger Sinyal Input	10uS Pulsa TTL
Echo Sinyal Output	Input sinyal TTL dan jarak secara proporsional
Dimensi	45x20x15 mm

**Tabel 2.3** Spesifikasi Sensor Ultrasonik HC-SR04

(electroschematics, 2015)



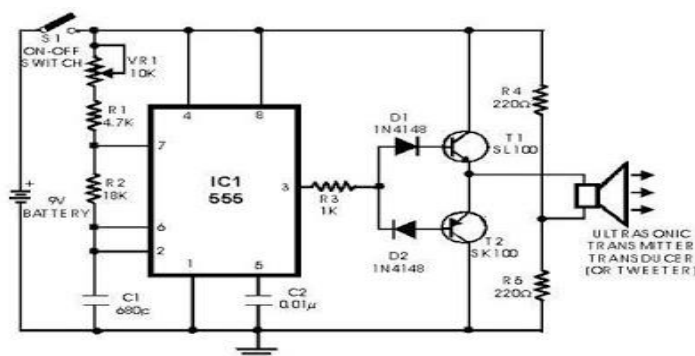
### 2.4.3 Rangkaian Sensor Ultrasonik HC-SR04

- **Piezoelektrik**

Piezoelektrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Bahan piezoelektrik adalah material yang memproduksi medan listrik ketika dikenai regangan atau tekanan mekanis. Sebaliknya, jika medan listrik diterapkan, maka material tersebut akan mengalami regangan atau tekanan mekanis. Jika rangkaian pengukur beroperasi pada mode pulsa elemen piezoelektrik yang sama, maka dapat digunakan sebagai transmitter dan receiver. Frekuensi yang ditimbulkan tergantung pada osilatornya yang disesuaikan frekuensi kerja dari masing-masing transduser. Karena kelebihanannya inilah maka transduser piezoelektrik lebih sesuai digunakan untuk sensor ultrasonik.

- **Transmitter**

*Transmitter* adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai pemancar gelombang ultrasonik dengan frekuensi tertentu (misal, sebesar 40 kHz) yang dibangkitkan dari sebuah osilator. Untuk menghasilkan frekuensi 40 KHz, harus di buat sebuah rangkaian osilator dan keluaran dari osilator dilanjutkan menuju penguat sinyal. Besarnya frekuensi ditentukan oleh komponen RLC / kristal tergantung dari disain osilator yang digunakan. Penguat sinyal akan memberikan sebuah sinyal listrik yang diumpankan ke piezoelektrik dan terjadi reaksi mekanik sehingga bergetar dan memancarkan gelombang yang sesuai dengan besar frekuensi pada osilator.

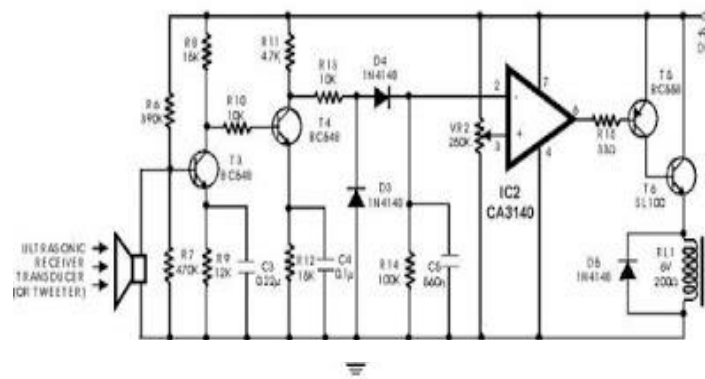


**Gambar 2.12** Skematik Rangkain Dasar *Transmitter* Ultrasonik

(Elangsakti, 2015)

- **Receiver**

*Receiver* terdiri dari transduser ultrasonik menggunakan bahan piezoelektrik, yang berfungsi sebagai penerima gelombang pantulan yang berasal dari transmitter yang dikenakan pada permukaan suatu benda atau gelombang langsung LOS (*Line of Sight*) dari *transmitter*. Oleh karena bahan piezoelektrik memiliki reaksi yang *reversible*, elemen keramik akan membangkitkan tegangan listrik pada saat gelombang datang dengan frekuensi yang resonan dan akan menggetarkan bahan piezoelektrik tersebut.



**Gambar 2.13** Skematik Rangkaian Dasar *Receiver* Ultrasonik

(Elangasaki, 2015)

#### 2.4.4 Cara Kerja Sensor Ultrasonic HC-SR04

Prinsip pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 adalah, ketika pulsa trigger diberikan pada sensor, transmitter akan mulai memancarkan gelombang ultrasonik, pada saat yang sama sensor akan menghasilkan output TTL transisi naik menandakan sensor mulai menghitung waktu pengukuran, setelah receiver menerima pantulan yang dihasilkan oleh suatu objek maka pengukuran waktu akan dihentikan dengan menghasilkan output TTL transisi turun.

Jika waktu pengukuran adalah  $t$  dan kecepatan suara adalah  $340 \text{ m/s}$ , maka jarak antara sensor dengan objek dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan.

$$s = t \times \frac{340 \text{ m/s}}{2} \quad \dots(2),$$

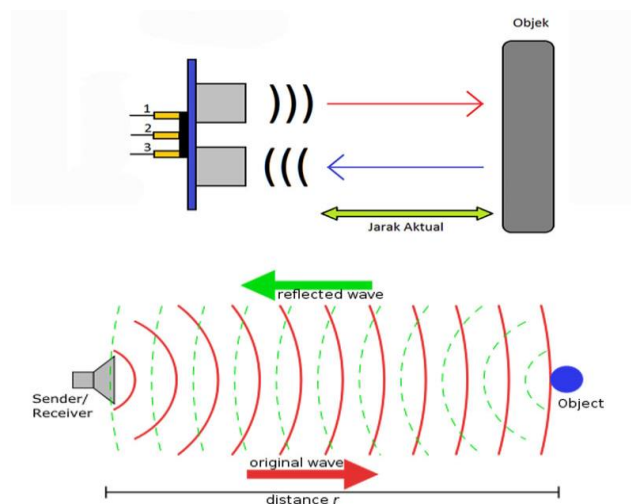
Dimana :

$s$  : Jarak antara sensor dengan objek (m)

$t$  : Waktu tempuh gelombang ultrasonik dari transmitter ke receiver (s)

Secara detail, cara kerja sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

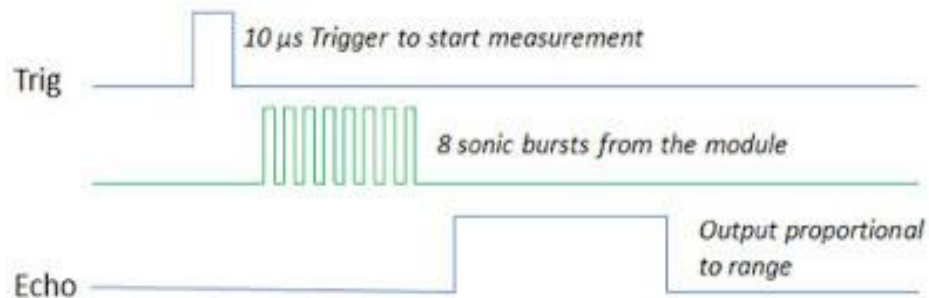
- Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan menggunakan frekuensi tertentu dan dengan durasi waktu tertentu. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas  $20\text{kHz}$ . Untuk mengukur jarak benda, frekuensi yang umum digunakan adalah  $40\text{kHz}$ .
- Sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar  $340 \text{ m/s}$ . Ketika mendeteksi suatu benda, maka sinyal akan dipantulkan oleh benda tersebut.
- Setelah gelombang pantulan sampai pada alat penerima, maka sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jarak benda.



**Gambar 2.14** Cara Kerja Sensor Ultrasonik dengan Transmitter dan Receiver

(Kho, Dickson. 2019)

### 2.4.5 Diagram Waktu Sensor Ultrasonik

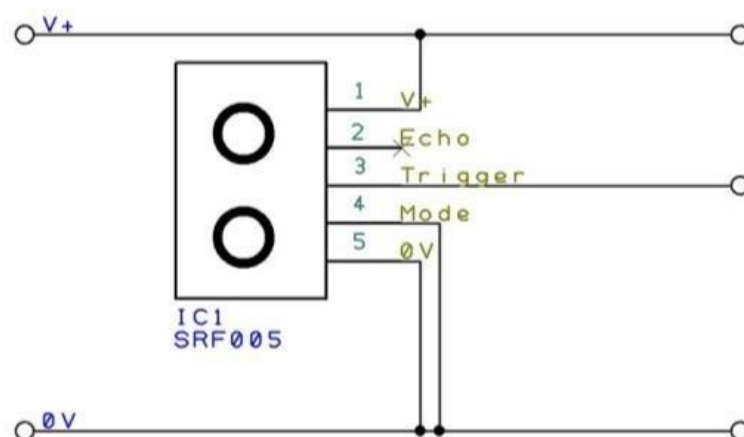


**Gambar 2.15** Diagram Waktu Pengoperasian Sensor Ultrasonik HC-SR04

(Mirrobo, 2016)

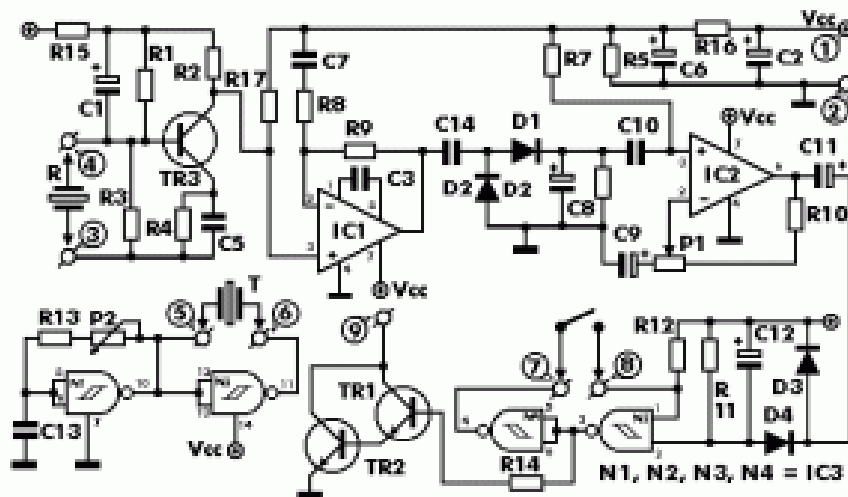
Dimulai dengan memberikan pulsa Low (0) ketika modul mulai dioperasikan, kemudian berikan pulsa High (1) pada trigger selama 10  $\mu$ s sehingga modul mulai memancarkan 8 gelombang kotak dengan frekuensi 40 KHz, tunggu hingga transisi naik terjadi pada output dan mulai perhitungan waktu hingga transisi turun terjadi, setelah itu gunakan Persamaan 2.1 untuk mengukur jarak antara sensor dengan objek.

### 2.4.6 Skematik dan Diagram *Circuit* Sensor Ultrasonik HC-SR04



**Gambar 2.16** Skematik Ultrasonik Sensor HC-SR04

( Research Gate: K. Karwati, J. Kustija)



**Gambar 2.17** Diagram *Circuit* Ultrasonik Sensor HC-SR04  
(electroschematics, 2016)

## 2.5 Sensor PIR

### 2.5.1 Pengenalan Sensor PIR

Sensor PIR (*Passive Infrared Receiver*) adalah sebuah sensor yang biasa digunakan untuk mendeteksi keberadaan manusia. Aplikasi ini biasa digunakan untuk system alarm pada rumah-rumah atau perkantoran. Sensor PIR adalah sebuah sensor yang menangkap pancaran sinyal inframerah yang dikeluarkan oleh tubuh manusia maupun hewan. Sensor PIR dapat merespon perubahan-perubahan pancaran sinyal inframerah yang dipancarkan oleh tubuh manusia.



**Gambar 2.18** Sensor PIR  
(trybotics, 2017)

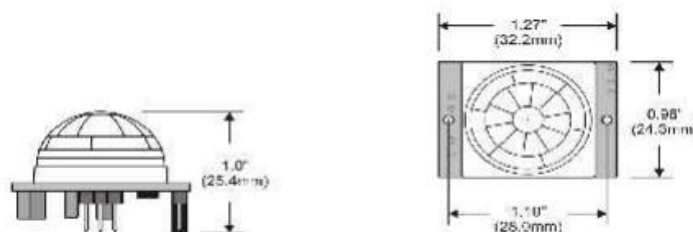
Keadaan ruangan dengan perubahan temperatur pada manusia dalam suatu ruangan menjadi nilai awal (*set point*) yang menjadi acuan dalam sistem pengontrolan. Perubahan temperatur pada manusia dalam ruangan akan terdeteksi oleh Sensor PIR. Dikatakan PIR (*Passive Infrared Receiver*) karena sensor ini hanya mengenali lingkungan tanpa adanya energi yang harus dipancarkan. PIR merupakan kombinasi sebuah kristal pyroelectric, filter dan lensa Fresnel.

### 2.5.2 Spesifikasi Sensor PIR

Tegangan	5V - 20V
Arus Standby	300 $\mu$ A
Konsumsi Energi	65mA
TTL Output	High 3.3V, Low 0V
Delay Time	5 – 300 s
Lock Time	0.2 s
Jarak Pengukuran	< 7 meter
Sudut Pengukuran	< 120 °
Temperatur	-15 °C - +70 °C
Metode Trigger	L Nonaktifkan repeat trigger H Aktifkan repeat trigger
Dimensi	32mm x 24mm

**Tabel 2.4** Spesifikasi Sensor PIR

(datasheetpdf, 2015)



**Gambar 2.19** Dimensi Sensor PIR

(Electric City, 2017)

### 2.5.3 Bagian – Bagian Dasar Sensor PIR

- ***Fresnel Lens***

Lensa Fresnel pertama kali digunakan pada tahun 1980an. Digunakan sebagai lensa yang memfokuskan sinar pada lampu mercusuar. Penggunaan paling luas pada lensa Fresnel adalah pada lampu depan mobil, di mana mereka membiarkan berkas paralel secara kasar dari pemantul parabola dibentuk untuk memenuhi persyaratan pola sorotan utama.



**Gambar 2.20** Lensa Fresnel  
(*optic\_fov*, 2015)

Namun kini, lensa Fresnel pada mobil telah ditiadakan diganti dengan lensa plain polycarbonat. Lensa Fresnel juga berguna dalam pembuatan film, tidak hanya karena kemampuannya untuk memfokuskan sinar terang, tetapi juga karena intensitas cahaya yang relatif konstan diseluruh lebar berkas cahaya.

- ***IR Filter***

*IR Filter* dimodul sensor PIR ini mampu menyaring panjang gelombang sinar inframerah pasif antara 8 sampai 14 mikrometer, sehingga panjang gelombang yang dihasilkan dari tubuh manusia yang berkisar antara 9 sampai 10 mikrometer ini saja yang dapat dideteksi oleh sensor. Sehingga Sensor PIR hanya bereaksi pada tubuh manusia saja.

- ***Pyroelectric Sensor***

*Pyroelectric sensor* yang merupakan inti dari sensor PIR ini berfungsi untuk menangkap pancaran sinar inframerah pasif yang dihasilkan

oleh benda yang bersuhu di atas nol derajat sehingga menyebabkan *Pyroelectric sensor* yang terdiri dari galium nitrida, caesium nitrat dan litium tantalate menghasilkan arus listrik. Material *pyroelectric* bereaksi menghasilkan arus listrik karena adanya energi panas yang dibawa oleh inframerah pasif tersebut. Prosesnya hampir sama seperti arus listrik yang terbentuk ketika sinar matahari mengenai *solar cell*.



**Gambar 2.21** *Pyroelectric Sensor*  
(Shenzhen Haiwang Sensor Co., Ltd, 2015)

- ***Amplifier***  
Sebuah sirkuit *amplifier* yang ada menguatkan arus yang masuk pada material *pyroelectric*.
- ***Comparator***  
Setelah dikuatkan oleh *amplifier* kemudian arus dibandingkan oleh *comparator* sehingga menghasilkan output

#### 2.5.4 Cara Kerja Sensor PIR

Cara kerja sensor gerak ini hanya memberikan respon terhadap gerakan atau energi yang berasal dari sinar inframerah yang pasif dan dimiliki oleh benda yang dapat dideteksi keberadaannya. Sedangkan jenis benda yang dapat dideteksi dengan inframerah ini pada umumnya adalah tubuh manusia.



Sistem sensor gerak yang memakai modul PIR memang sangat sederhana dan lebih mudah diaplikasikan hanya membutuhkan tegangan input berupa tegangan DC 5 Volt. Sensor ini bisa mendeteksi gerakan yang berjarak 5 meter.

Apabila tidak sedang melakukan pendeteksian, maka modul yang keluar hanya low atau rendah saja. Tetapi, bila sistem pendeteksian melihat adanya gerakan maka modul tersebut akan berganti menjadi tinggi atau high. Ukuran lebar pulsa di modul high ini kurang lebih setengah detik saja. Tingkat sensitifitas yang sangat tinggi ini membuat sistem atau cara kerja sensor gerak memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi juga.

Sensor PIR berfungsi mendeteksi gerakan dengan mengukur perubahan tingkat inframerah yang dipancarkan oleh benda-benda disekitarnya. Sensor PIR terbuat dari bahan kristal yang menghasilkan muatan listrik bila terkena radiasi inframerah. Sensor PIR dilengkapi filter khusus yang disebut lensa Fresnel yang berfungsi memfokuskan sinyal inframerah ke elemen. Sensor PIR ini membutuhkan waktu "pemanasan" untuk dapat berfungsi dengan baik, biasanya membutuhkan waktu sekitar 10-60 detik.

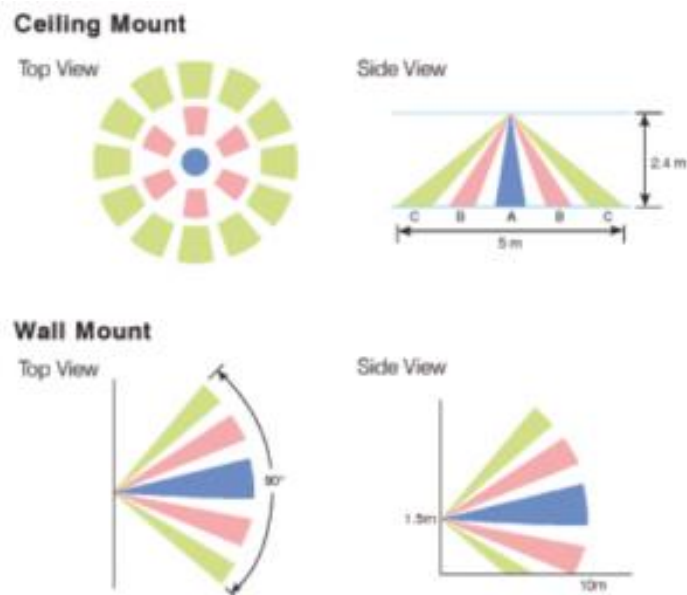
Sensor PIR bekerja dengan menangkap energi panas yang dihasilkan dari pancaran sinar inframerah berjenis pasif yang dimiliki setiap benda dengan suhu benda diatas nol mutlak. Seperti tubuh manusia yang memiliki suhu tubuh kira-kira 320C, yang merupakan suhu panas yang khas yang terdapat pada lingkungan. Pancaran sinar inframerah inilah yang kemudian ditangkap oleh pyroelectric sensor yang merupakan bagian terpenting dari sensor PIR yang kemudian akan menghasilkan arus listrik, pemunculan arus listrik tersebut dapat terjadi karena pancaran sinar yang dihasilkan inframerah membawa suatu energi atau tenaga yang sifatnya panas.

Sensor PIR hanya mendeteksi tubuh manusia dikarenakan adanya IR Filter yang menyaring panjang gelombang sinar inframerah pasif sekitar 8 hingga 14 mikrometer yang sesuai dengan panjang gelombang yang ada dalam tubuh manusia yaitu 9 hingga 10 mikrometer, sedangkan hewan memiliki panjang gelombang dengan ukuran nanometer.

Jadi, jika seseorang yang bergerak pada area sensor PIR, sensor tersebut langsung bisa menangkap bias sinar inframerah pasif yang terpancar dari tubuh manusia serta memiliki ukuran yang tidak sama dengan lingkungannya. Hal ini menjadikan material dalam pyroelectric langsung bereaksi dan menghasilkan arus listrik yang timbul dari energi panas yang sebelumnya dihasilkan oleh sinar inframerah. Lalu alat lainnya yaitu circuit amplifier menjadikan arus tersebut semakin bertambah kuat, kemudian arus itu dibandingkan lagi dengan komparator yang membuat output dapat dihasilkan.

Output pada sensor PIR hanya memberikan dua jenis logika yaitu high dan low. High untuk sistem yang mendeteksi adanya gerakan sedangkan low untuk kondisi sensor PIR tidak mendeteksi.

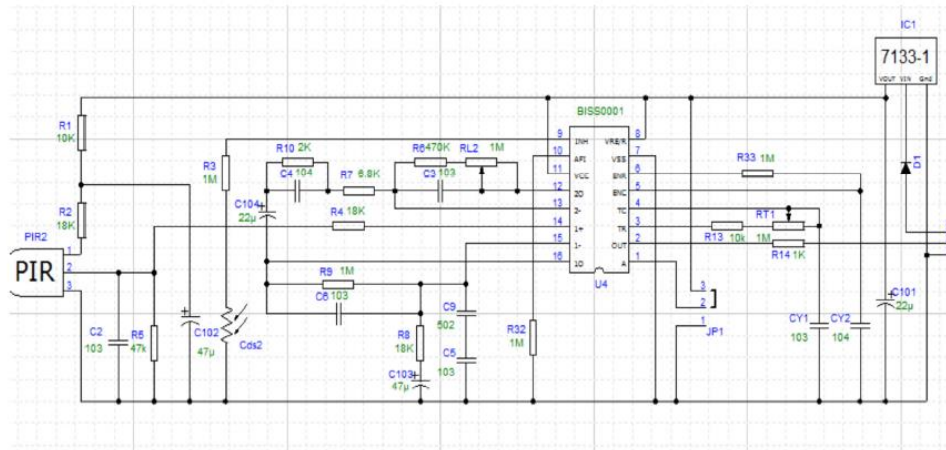
Apabila manusia ada dibagian depan sensor PIR tetapi hanya berdiam diri saja, sensor PIR bias menghitung ukuran panjang gelombang yang muncul dari tubuh manusia itu adalah konstan. Ukuran panjang gelombang ini membuat energi panas yang ada dikondisikan sama dengan keadaan yang berada disekitarnya, sehingga sensor PIR tidak akan menimbulkan reaksi apapun juga.



**Gambar 2.22** Jangkauan Sensor PIR

(Elga, Aris Prastyo, 2017)

### 2.5.5 Skematik Sensor PIR



**Gambar 2.23** Skematik Sensor PIR  
(datasheetspdf, 2015)

## 2.6 Motor DC

### 2.6.1 Pengenalan Motor DC

Motor DC (*Direct Current*) adalah peralatan elektromekanik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik yang disain awalnya diperkenalkan. 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.

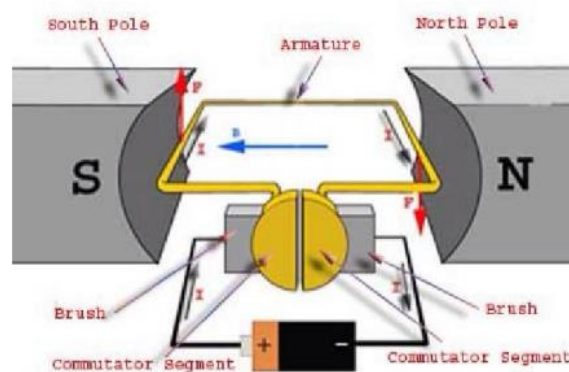
**Gambar 2.24** merupakan contoh dari motor DC yang dipakai sebagai penggerak robot.



**Gambar 2.24** Motor DC  
(Priyadi, 2013)

Pada motor DC dibedakan 2 komponen utama berdasarkan fisiknya, yaitu:

- a. Rotor, adalah bagian yang bergerak/berputar.
- b. Stator, adalah bagian yang tidak bergerak/berputar.



**Gambar 2.25** Struktur Motor Listrik  
(Priyadi, 2013)

Berdasarkan **gambar 2.25** di atas, rotor motor listrik ditunjukkan dengan sebuah kawat angker penghantar listrik (*armature*) berbentuk persegi panjang. Pada kedua ujung kawat armature terpasang komutator berbentuk lingkaran yang terbelah di tengahnya. Komponen ini disebut dengan cincin belah. Cincin belah termasuk bagian dari rotor, sehingga dia ikut berputar dengan rotor.

Sedangkan stator motor tersusun dari dua buah magnet dengan kutub berbeda yang saling berhadapan. Pada bagian yang berhubungan langsung

dengan cincin belah, stator dilengkapi dengan sikat karbon (brush) yang berfungsi untuk menghubungkan arus listrik dari sumber tegangan ke kumparan motor.

Sumber tegangan DC diilustrasikan dengan sebuah baterai yang masing-masing kutub baterai terhubung dengan sikat karbon, sehingga tercipta arus DC dengan arah arus dari kutub positif ke negatif melewati sikat karbon, satu bagian dari cincin belah, armature, kembali ke bagian lain cincin belah, sikat karbon lalu kutub negatif baterai.

### 2.6.2 Spesifikasi Motor DC

Tegangan	DC 12V
Arus	2 A
Kecepatan	400 rpm
Torsi	6.5 kg.cm
Rasio Gear	1 : 21
Dimensi Body	Panjang 5 cm x Diameter 2.5 cm
Dimensi Shaft	Panjang 1 cm x Diameter 4 mm
Berat	0.2 kg

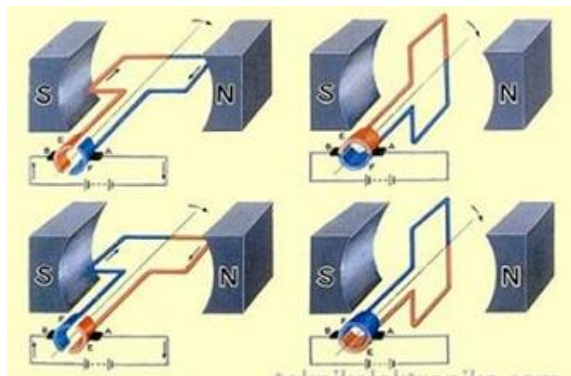
**Tabel 2.5** Spesifikasi Motor DC

### 2.6.3 Cara Kerja Motor DC

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.

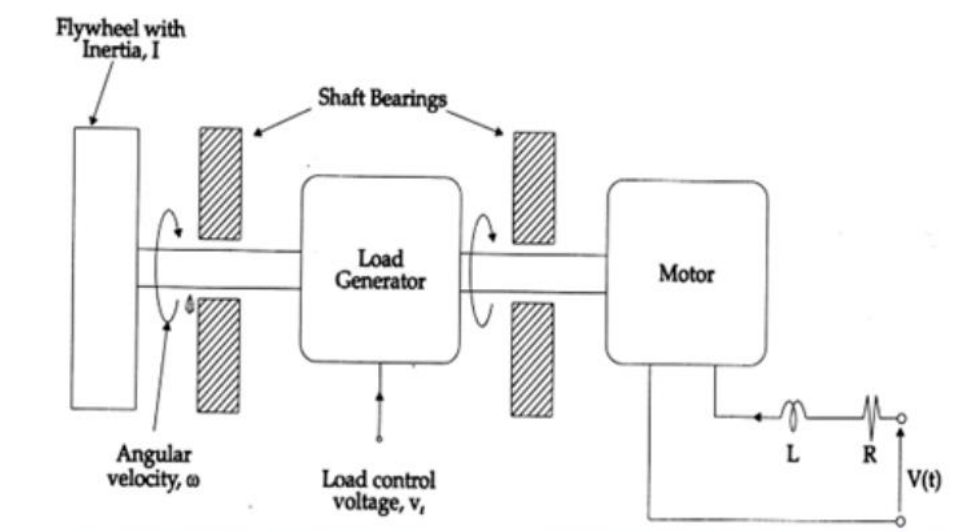
Untuk menggerakannya lagi, tepat pada saat kutub kumparan berhadapan dengan kutub magnet, arah pada arus kumparan dibalik . dengan demikian, kutub utara kumparan akan berubah menjadi kutub selatan dan

kutub selatan akan berubah menjadi kutub utara. Pada saat perubahan kutub terjadi. Kutub selatan kumparan akan berubah menjadi 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 kumpara berhadapan dengan utara magnet. Pada saat ini, arus yang mengalir ke kumparan dibalik lagi dan kumaparan akan berputar lagi karena adanya perubahan kutub. Siklus ini akan berulang-ulang hingga arus listrik pada kumparan diputuskan.

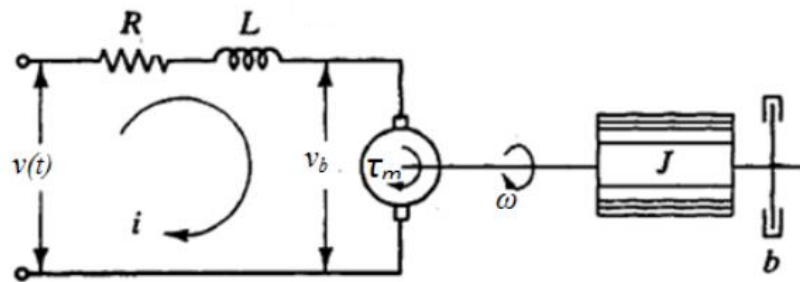


**Gambar 2.26** Kutub Magnet pada Motor DC  
(Electric City of Dream, 2017)

#### 2.6.4 Skematik Motor DC



**Gambar 2.27** Skematik Motor DC  
(Research Gate : Surajudeen Adewusi)



**Gambar 2.28** Skematik Motor DC yang Disederhanakan  
(Research Gate : Surajudeen Adewusi)

## 2.7 Driver Motor L298N

### 2.7.1 Pengenalan Driver Motor L298N

*Driver* motor L298N merupakan module driver motor DC yang paling banyak digunakan atau dipakai di dunia elektronika yang difungsikan untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC.

IC L298 merupakan sebuah IC tipe H-bridge yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC dan motor stepper. Pada 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.

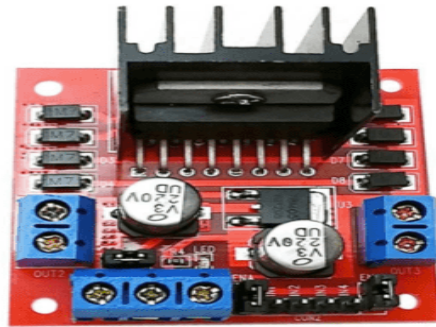
Untuk dipasaran sudah terdapat modul driver motor menggunakan ic l298 ini, sehingga lebih praktis dalam penggunaannya karena pin I/O nya sudah terpackage dengan rapi dan mudah digunakan.

Kelebihan akan modul *driver* motor L298N ini yaitu dalam hal kepresisian dalam mengontrol motor sehingga motor lebih mudah untuk dikontrol.



**Gambar 2.29** Bentuk Fisik IC Driver Motor L298N

(Nyebarilmu, 2017)



**Gambar 2.30** Modul *Driver* L298N  
(Nyebarilmu, 2017)

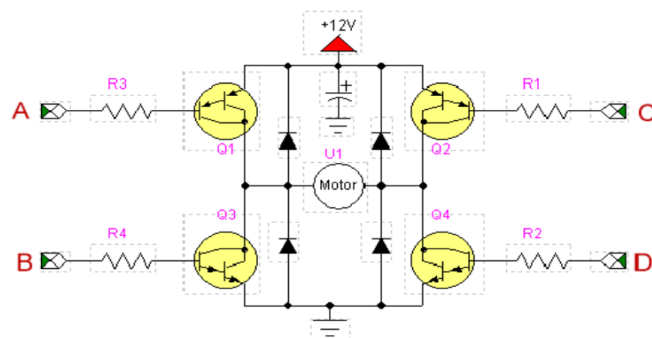
### 2.7.2 Spesifikasi *Driver* Motor L298N

IC	L298N (Double H bridge Drive Chip)
Tegangan Minimal Power Input	5V-35V
Tegangan operasional	5V
Arus Masukan	0-36mA
Arus Keluaran Maksimal	2A
Daya Maksimal	25W
Dimensi	43 x 43 x 26mm
Berat	26g

**Tabel 2.6** Spesifikasi *Driver* Motor L298N

### 2.7.3 Cara Kerja *Driver* Motor L298N

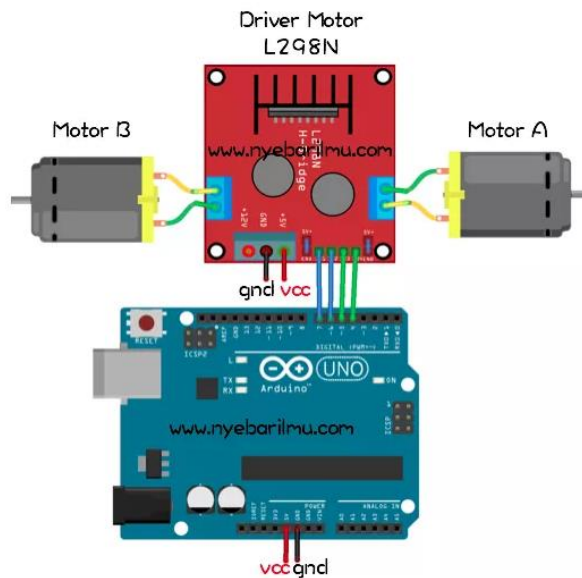
Prinsip kerja motor *driver* ini sesuai dengan bentuk rangkaian transistornya yang berupa *H-bridge*.



**Gambar 2.31** H-Bridge Transistor  
(Repository UMY, 2017)



Motor *driver* ini bekerja untuk menggerakkan maksimal 2 motor DC terpisah atau bisa digunakan untuk 1 motor stepper bipolar 2 fasa, menggunakan masukan logic-level dari Arduino atau jenis kit mikrokontroler yang lain.

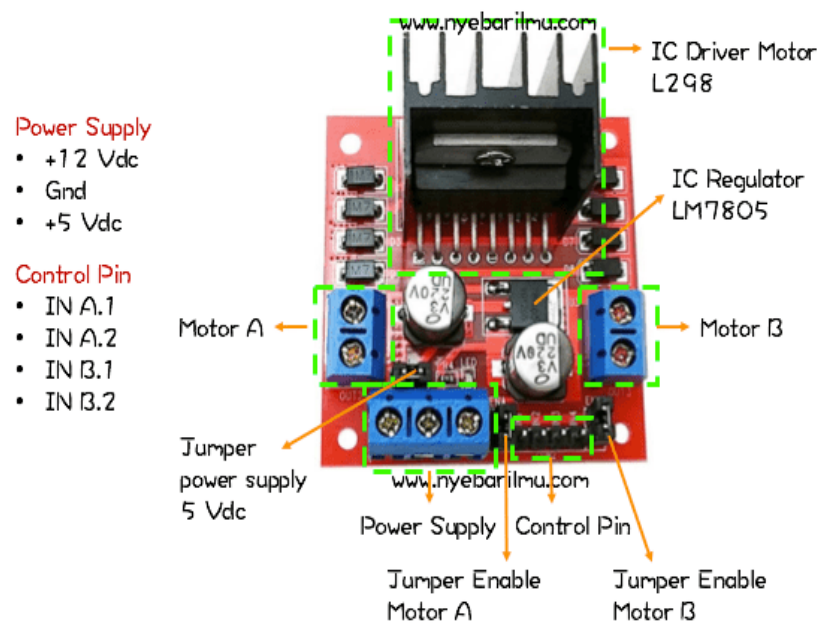


**Gambar 2.32** Pengaplikasian Motor *Driver* L298N pada Arduino (Nyebarilmu, 2017)

#### 2.7.4 Konfigurasi Pin Motor *Driver* L298N

5 V	Sumber suplai tegangan 5V ke modul
GND	Penghubung ground
Out 1, Out 2	Mengatur motor DC A
Out 3, Out 4	Mengatur motor DC B
En A	Mengaktifkan PWM untuk motor DC A
En B	Mengaktifkan PWM untuk motor DC B
In1, In2	Mengatur masukan ke motor DC A
In3, In4	Mengatur masukan ke motor DC B

**Tabel 2.7** Konfigurasi Pin Motor *Driver* L298N



**Gambar 2.33** Konfigurasi Pin Motor *Driver* L298N  
(Nyebarilmu, 2017)