

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam pembuatan robot pemadam ini membutuhkan komponen– komponen untuk mendapatkan hasil yang diharapkan adapun komponen–komponen yang digunakan adalah

#### **2.1 Sensor**

Sensor adalah alat untuk mendeteksi / mengukur suatu besaran fisis berupa variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia dengan diubah menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor itu sendiri terdiri dari transduser dengan atau tanpa penguat/pengolah sinyal yang terbentuk dalam satu sistem pengindera. Dalam lingkungan sistem pengendali dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh kontroller sebagai otaknya.

D Sharon, dkk (1982), mengatakan sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya.

Dalam memilih peralatan sensor dan transduser yang tepat dan sesuai dengan sistem yang akan disensor maka perlu diperhatikan persyaratan umum sensor berikut ini :

##### **1. Linearitas**

Ada banyak sensor yang menghasilkan sinyal keluaran yang berubah secara kontinyu sebagai tanggapan (*response*) terhadap masukan yang berubah secara kontinyu.

##### **2. Sensitivitas**

Sensitivitas akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur.

##### **3. Tanggapan Waktu (*time response*)**

Tanggapan waktu pada sensor menunjukkan seberapa cepat tanggapannya terhadap perubahan masukan.

### 2.1.1 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip kerja pantulan gelombang suara, dimana sensor menghasilkan gelombang suara yang kemudian menangkap kembali dengan perbedaan waktu sebagai dasar pengindra. Perbedaan waktu antara gelombang suara yang dipancarkan dan diterima kembali adalah berbanding lurus dengan jarak atau tinggi objek yang memantulkannya.

Sensor ultrasonik pada umumnya digunakan untuk menentukan jarak sebuah objek. Sensor ultrasonik mempunyai kemampuan mendeteksi objek lebih jauh terutama untuk benda-benda yang keras. Pada benda-benda yang keras yang mempunyai permukaan yang kasar gelombang ini akan dipantulkan lebih kuat dari pada benda yang permukaannya lunak. Tidak seperti pada sensor-sensor lain seperti inframerah atau sensor laser. Sensor ultrasonik ini memiliki jangkauan deteksi yang relatif luas. Sehingga dengan demikian untuk jarak deteksi yang didapat tanpa menggunakan pengolahan lanjutan.

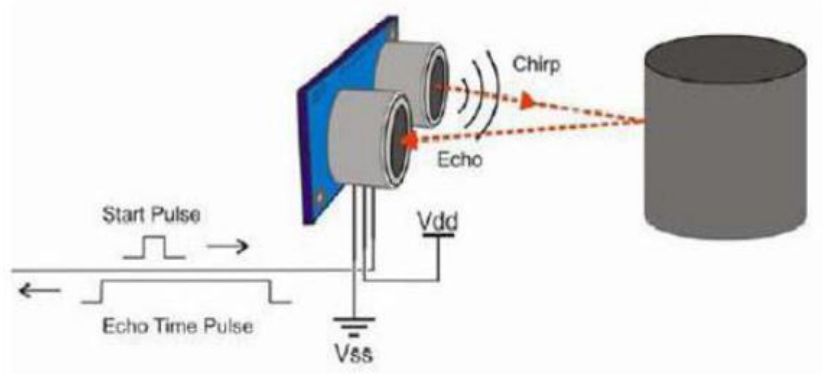
Pada perancangan alat ini digunakan sebuah sensor untuk membantu proses deteksi kecepatan dan penghitung jumlah kendaraan antara lain sensor ultrasonik. Adapun jenis sensor yang dipakai pada rancang bangun alat ini adalah sensor jarak ultrasonik HC-SR04.

### 2.1.2 Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik

Frekuensi kerja sensor ultrasonik pada daerah di atas gelombang suara dari 40 KHz – 400 KHz. Sensor ultrasonik terdiri dari dua unit, yaitu unit pemancar dan unit penerima. Struktur unit pemancar dan penerima sangatlah sederhana, sebuah kristal *piezoelectric* dihubungkan dengan mekanik jangkar dan hanya dihubungkan dengan diafragma penggetar. Tegangan bolak – balik yang memiliki frekuensi kerja 40 KHz – 400 KHz diberikan pada plat logam. Struktur atom dari kristal *piezoelectric* akan berkontraksi (mengikat), mengembang atau menyusut terhadap polaritas tegangan yang diberikan dan ini disebut dengan efek *piezoelectric*. Kontraksi yang terjadi diteruskan ke diafragma penggetar sehingga terjadi gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke udara (tempat sekitarnya). Pantulan gelombang ultrasonik akan terjadi bila ada objek tertentu dan pantulan gelombang ultrasonik akan diterima kembali oleh unit sensor penerima. Selanjutnya unit sensor penerima akan menyebabkan diafragma penggetar akan bergetar dan efek *piezoelectric* menghasilkan sebuah tegangan bolak – balik dengan frekuensi yang sama. Besar amplitudo

sinyal elektrik yang dihasilkan unit sensor penerima tergantung dari jauh dekatnya objek yang dideteksi serta kualitas dari sensor pemancar dan sensor penerima.

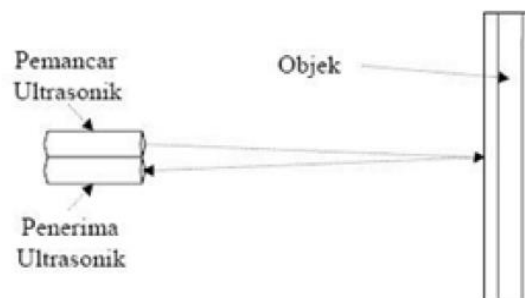
Untuk lebih jelas tentang prinsip kerja dari sensor ultrasonik ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut.



**Gambar 2.1** Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik

(Oktarima, 2018)

Proses *sensing* yang dilakukan pada sensor ini menggunakan metode pantulan untuk menghitung jarak antara sensor dengan objek sasaran. Jarak antara sensor tersebut dihitung dengan cara mengalikan setengah waktu yang digunakan oleh sinyal ultrasonik dalam perjalanannya dari rangkaian pengirim (Tx) sampai diterima oleh rangkaian penerima (Rx) dengan kecepatan rambat dari sinyal ultrasonik tersebut pada media rambat yang digunakannya, yaitu udara. Waktu dihitung ketika pemancar aktif dan sampai ada *input* dari rangkaian penerima dan bila pada melebihi batas waktu tertentu rangkaian penerima tidak ada sinyal *input* maka dianggap tidak ada halangan didepannya. Prinsip pantulan dari sensor ultrasonik ini dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini.

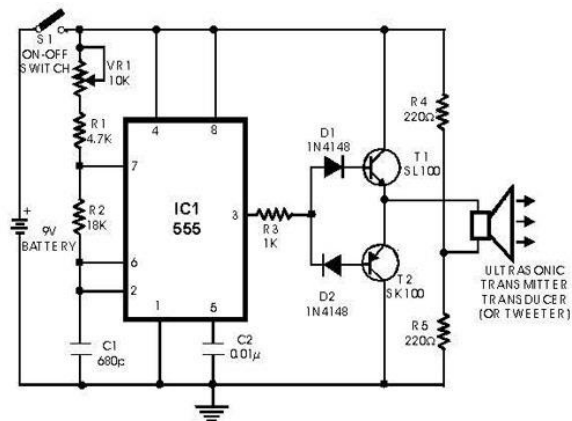


**Gambar 2.2** Prinsip Pemantulan Sensor Ultrasonik

(Oktarima, 2018)

Bagian penting rangkaian sensor ultrasonik terbagi menjadi tiga, yaitu:

- a) *Piezoelektrik*, berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Bahan *piezoelektrik* adalah material yang dapat 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 *transducer*. Karena kelebihan inilah, *transducerpiezoelektrik* lebih sesuai digunakan untuk sensor ultrasonik.
- b) *Transmitter*, 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 dibuat sebuah rangkaian osilator dan keluaran dari osilator dilanjutkan menuju penguat sinyal. Besarnya frekuensi ditentukan oleh komponen *RLC*/kristal tergantung dari desain 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 ditunjukkan pada Gambar 2.3

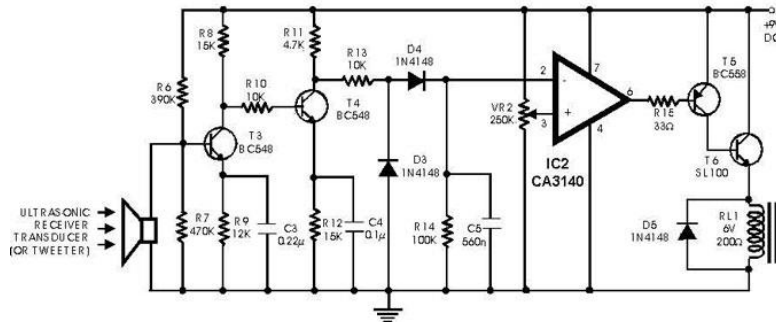


**Gambar 2.3** Rangkaian *Transmitter* Sensor Ultrasonik

(Anonim, 2018)

- c) *Receiver*, terdiri dari *transducer* ultrasonik menggunakan bahan *piezoelektrik*. Berfungsi sebagai penerima gelombang pantulan yang berasal dari *transmitter* yang dikenakan pada permukaan suatu benda atau gelombang langsung *LOS* (*Line of Sight*) dari

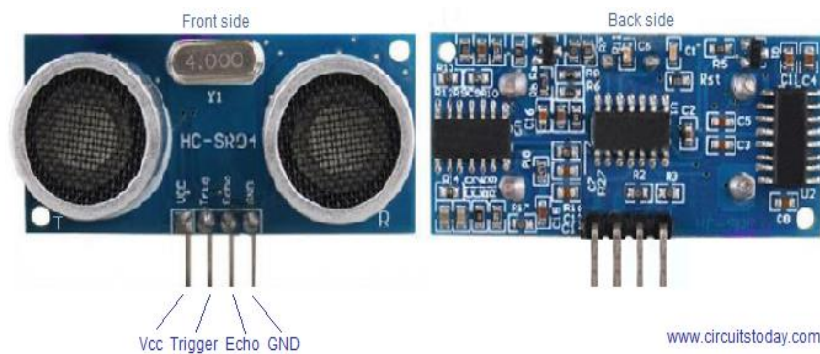
*transmitter*. Oleh bahan *piezoelektrik* memiliki reaksi yang *reversible*, elemen keramik akan membangkitkan tegangan listrik pada saat gelombang datang dengan frekuensi yang resonan dan akan menggetarkan bahan *piezoelektrik* tersebut seperti pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Rangkaian *Receiver* Sensor Ultrasonik  
(Anonim, 2018)

### 2.1.3 Sensor Ultrasonik HC-SR04

HC-SR04 adalah Sensor Ultrasonik yang memiliki dua elemen, yaitu elemen Pendeteksi gelombang ultrasonik, dan juga sekaligus elemen Pembangkit gelombang ultrasonik. Sensor Ultrasonik adalah sensor yang dapat mendeteksi gelombang ultrasonik, yaitu gelombang suara yang memiliki frekuensi ultrasonik atau frekuensi di atas kisaran frekuensi pendengaran manusia ditunjukkan pada Gambar 2.5



**Gambar 2.5** Sensor Ultrasonik HC-SR04  
(Anonim, 2018)

Salah satu sensor ultrasonik yang sering dipakai orang dalam melakukan eksperimen adalah HC-SR04. Jarak berkisar antara 2 cm hingga 400 cm, dengan tingkat presisi sebesar

0,3 cm. Sudut deteksi bisa ditangani tidak lebih dari  $15^{\circ}$ . Tegangan yang dibutuhkan sebesar +5V. Jumlah *pin* adalah 4 dapat ditunjukkan pada tabel 2.1

**Tabel 2.1 Pin-pin HC-SR04**

<i>Pin</i>	Keterangan
<i>Pin 1</i>	Vcc (dihubungkan ke tegangan +5V)
<i>Pin 2</i>	<i>Trig</i> (untuk mengirimkan gelombang suara)
<i>Pin 3</i>	<i>Echo</i> (untuk menerima pantulan gelombang suara)
<i>Pin 4</i>	Gnd (dihubungkan ke <i>ground</i> )

Dalam hal ini, T adalah waktu tempuh dari saat sinyal ultrasonik dipancarkan hingga kembali. Perlu diketahui kecepatan suara adalah 343m/detik

Spesifikasi dari sensor ultrasonik HC-SR04 adalah sebagai berikut:

- Dimensi: 45 mm (P) x 20 mm (L) x 15 mm (T).
- Tegangan: 5VDC
- Arus pada mode siaga: <2mA
- Arus pada saat deteksi: 15mA
- Frekuensi Suara: 40 kHz
- Jangkauan Minimum: 2 cm
- JangkauanMaksimum: 4 m
- *InputTrigger*: 10  $\mu$ S minimum, pulsa *level* TTL
- Pulsa *Echo*: Sinyal *level* TTL positif, lebar berbanding *proporsional* dengan jarak yang dideteksi.

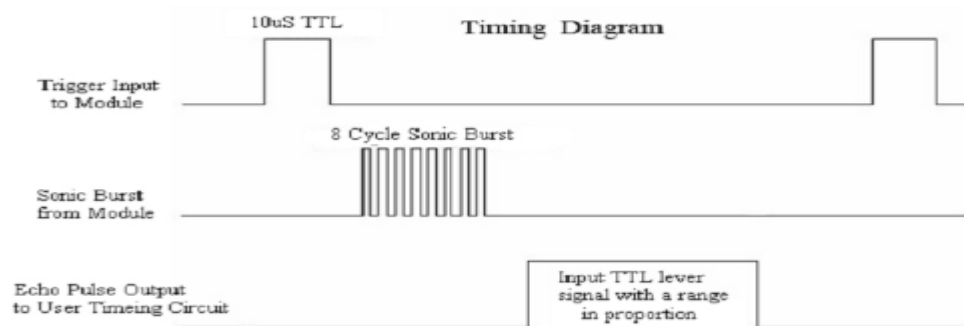
Prinsip pengiriman sinyal oleh *Trig* dan penerimaan oleh *Echo* seperti berikut :

1. *Trig* harus dalam keadaan *HIGH* paling tidak selama 10 *mikro*detik.
2. Modul ultrasonik pun akan mengirim gelombang kontak dengan frekuensi 40KHz.
3. Gelombang yang dikirim tersebut akan dipantau dengan sendirinya oleh modul ultrasonik. Dalam hal ini, waktu yang digunakan dari saat pengiriman sinyal hingga diterima balik adalah T. Pada waktu itulah *pinEcho* akan berada dalam keadaan *HIGH*.
4. Karena T telah diperoleh, jarak dihitung dengan menggunakan Rumus (2.1)

$$Jarak = \frac{KecepatanSuara \times T}{2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Pembagi 2 diperlukan karena  $T$  adalah waktu yang diperlukan untuk menempuh dari sensor ke objek dan dari objek ke sensor.

Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 2.6 *timing diagram* dibawah ini



**Gambar 2.6 Timing Diagram Pengoperasian Sensor Ultrasonik HC-SR04**

(Anonim, 2018)

Untuk menghitung frekuensi yang diterima oleh receiver (echo) maka menggunakan rumus dibawah ini (2.2) dan (2.3) :

$$f = \frac{1}{T} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$T = \frac{s \times 2}{v} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

$f$  = Frekuensi (Hz)

$T$  = Waktu tempuh gelombang (s)

$s$  = Jarak sensor ke objek (cm)

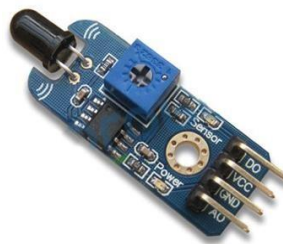
$v$  = Cepat rambat gelombang (34,4 cm/ms)

## 2.2 Sensor Flame

Sensor Flame merupakan salah satu alat instrument berupa sensor yang dapat mendeteksi nilai intensitas dan frekuensi api dalam suatu proses pembakaran. Prinsip kerja sensor flame adalah dimulai dari bahwa api akan bisa dideteksi oleh keberadaan *spectrum* cahaya *infra red* maupun *ultraviolet*, dan dari situ sensor flame akan bekerja untuk membedakan spectrum cahaya yang terdapat pada api yang terdeteksi tersebut.

Spesifikasi sensor:

1. Flame sensor ini sangat sensitive terhadap infrared yang panjang gelombang cahaya nya 760 – 1100 nm.
2. Analog output (A0): Real-time sinyal tegangan output pada tahan panas. Dengan pin Analog Output ini kita bisa memperkirakan letak api karena pembacaan sensor ini yaitu 60 derajat. Dengan memasang sensor secara parallel, kita bisa memperkirakan kira – kira posisi ap dimana, meskipun tidak terlalu akurat.
3. Digital output (D0): Jika suhu mencapai batas tertentu, output akan tinggi dan rendah ambang sinyal disesuaikan melalui potensiometer. Dengan pin Digital Output kita hanya bisa tahu ada api atau tidak namun kita tidak bisa mengetahui letak api.
4. Tegangan input untuk pin Analog adalah 5V dan jika menggunakan pin digital bisa menggunakan tegangan 3.3V untuk Gambarnya Seperti Pada Gambar 2.7



**Gambar 2.7** Sensor Flame

(Saswita, 2017)

### 2.3 *Motor DC*

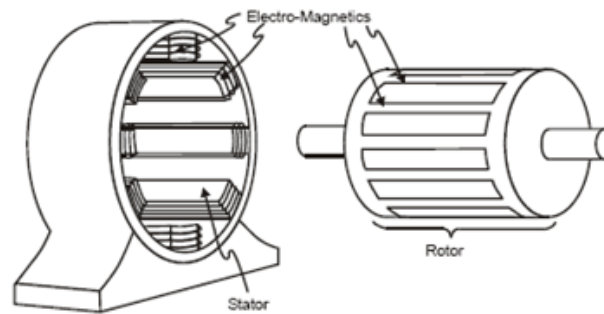
*Motor DC* adalah komponen yang membutuhkan suplai tegangan arus searah atau arus *DC (Direct Current)* untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik/gerak seperti pada Gambar 2.8.





**Gambar 2.8 Motor DC**  
(Steven, 2018)

Di dalam *motor DC* terdapat kumparan kawat dan magnet. Untuk kumparan medan pada *motor* disebut *stator*, dan kumparan jangkar disebut rotor. Dapat dilihat pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9 Rotor dan Stator**  
(Steven, 2018)

*Motor DC* memiliki 3 (tiga) bagian atau komponen utama untuk dapat berputar, sebagai berikut:

a) Kutub Medan

Pada *motor DC* sederhana hanya memiliki dua kutub medan yaitu kutub utara dan kutub selatan.

b) *Current Electro-magnetics*

*Current Electro-magnetics* atau biasa disebut dinamo. Dinamo berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus *motor DC* yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi.

c) *Cummutator*

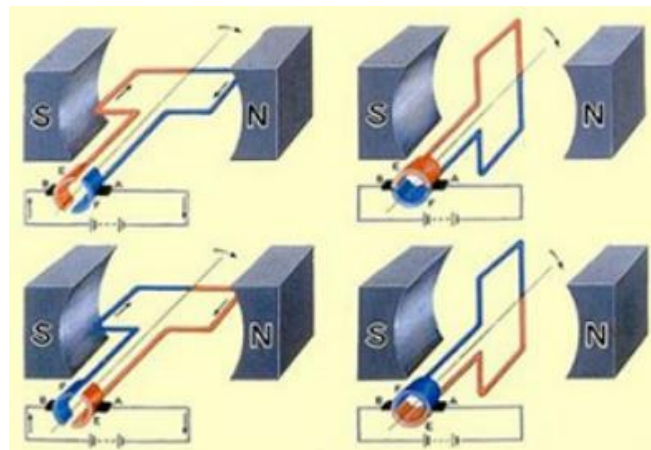
Komponen ini terutama ditemukan dalam *motor DC*. Kegunaannya adalah untuk transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.

Terdapat dua bagian utama pada sebuah Motor DC, yaitu Stator dan Rotor. Stator adalah bagian motor yang tidak berputar, bagian yang statis ini terdiri dari rangka dan kumparan medan. Sedangkan Rotor adalah bagian yang berputar, bagian Rotor ini terdiri dari kumparan Jangkar. Dua bagian utama ini dibagi menjadi beberapa komponen penting, diantaranya adalah Yoke (kerangka magnet), Poles (kutub motor), Field winding (kumparan

medan magnet), Armature Winding (Kumparan Jangkar), Commutator (Komutator) dan Brushes (kuas/sikat arang).

### 2.2.1 Prinsip Kerja *Motor DC*

Pada prinsip kerja motor 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 seperti pada Gambar 3.0.



**Gambar 2.10** Prinsip Kerja *Motor DC*  
(Steven, 2018)

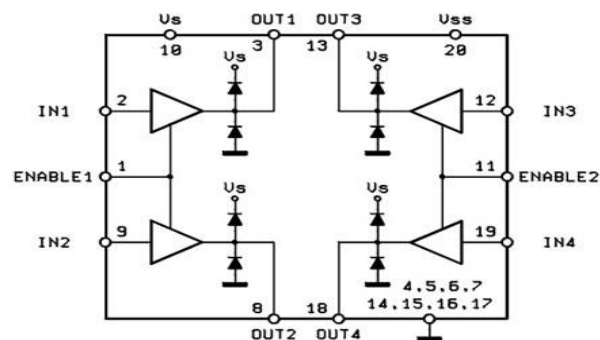
Untuk menggerakannya lagi, tepat pada saat kutub kumparan berhadapan dengan kutub magnet, arah arus pada kumparan dibalik. Dengan demikian, kutub utara kumparan akan berubah menjadi kutub selatan dan kutub selatannya akan berubah menjadi kutub utara. Pada saat perubahan kutub tersebut terjadi, kutub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

Keuntungan utama dari *motor DC* ini adalah sebagai pengendali kecepatan, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Pengendalian ini dapat dilakukan dengan cara:

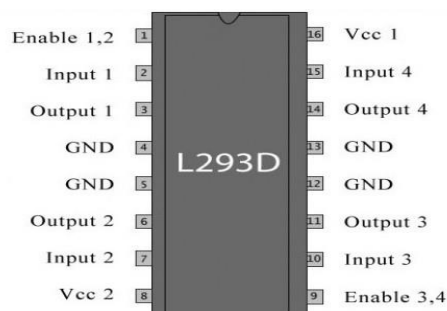
- Mengubah tegangan dinamo. Bila dinaikkan maka akan meningkatkan kecepatan, dan apabila diturunkan maka akan menurunkan kecepatan.
- Mengubah arus medan. Kenaikkan arus medan sebanding dengan kenaikan kecepatan.

#### 2.4 Driver Motor IC L293D

IC L293D berfungsi sebagai pengendali motor. IC L293D adalah suatu bentuk rangkaian daya tinggi terintegrasi yang mampu melayani 4 buah beban dengan arus nominal 600 mA hingga maksimum 1,2 A. Keempat kanal input didesain untuk dapat menerima masukan level logika TTL maupun mikrokontroler. IC L293D biasa dipakai sebagai driver relay, motor DC, motor stepper maupun pengganti transistor sebagai saklar dengan kecepatan switching mencapai 5 kHz. Driver tersebut berupa dua pasang rangkaian H-bridge yang masing-masing dikendalikan oleh enable 1 dan enable 2 seperti pada Gambar 3.1 dan 3.2.



**Gambar 2.11** Rangkaian Internal *Driver L293D*  
(Hidayatullah, 2017)



**Gambar 2.12 Datasheet IC L293D**  
(Hidayatullah, 2017)

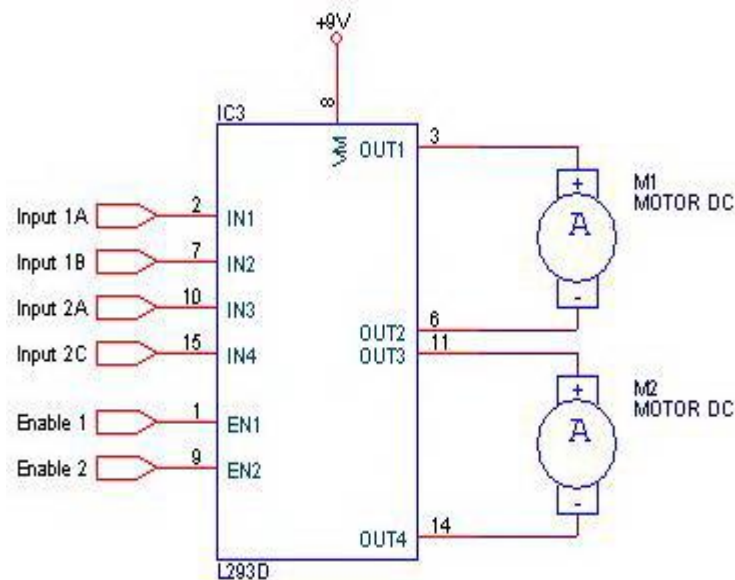
**Tabel 2.2 Fungsi Pin Motor Driver IC L293D**

Pin	Fungsi	Nama
1	Pin <i>Enable</i> untuk Motor 1; <i>high</i> aktif	<i>Enable</i> 1,2
2	Input 1 untuk Motor 1	Input 1
3	Output 1 untuk Motor 1	Ouput 1
4	<i>Ground</i> (0 V)	<i>Ground</i>
5	<i>Ground</i> (0 V)	<i>Ground</i>
6	Output 2 untuk Motor 1	Output 2
7	Input 2 untuk Motor 1	Input 2
8	Sumber tegangan untuk Motor; 9-12 V (sampai 36 V)	Vcc 2
9	<i>Enable</i> pin untuk Motor 2; <i>high</i> aktif	<i>Enable</i> 3,4
10	Input 1 untuk Motor 1	Input 3
11	Output 1 untuk Motor 1	Output 3
12	<i>Ground</i> (0 V)	<i>Ground</i>
13	<i>Ground</i> (0 V)	<i>Ground</i>
14	Output 2 untuk Motor 1	Output 4
15	Input 2 untuk Motor 1	Input 4
16	Sumber tegangan; 5 V (sampai 36 V)	Vcc 1

#### 2.4.1 Prinsip Kerja Driver Motor IC L293D

Prinsip kerja driver L293D yakni dengan memberikan tegangan 5 V sebagai Vcc pada pin 16 dan 12 V pada pin 8 untuk tegangan motor, maka IC siap digunakan. Ketika terdapat tegangan pada input 1 dan input 2, maka dengan memberikan logika tinggi pada enable 1 maka output 1 dan output 2 akan aktif. Sedangkan jika enable 1 berlogika rendah, meskipun terdapat tegangan pada input 1 dan input 2, output tetap nol (tidak aktif). hal ini juga berlaku untuk input 3, 4 dan output 3, 4 serta enable 2. konfigurasi pin IC L293D

tersebut dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 3.2. Driver IC L293D dapat digunakan untuk mengontrol dua motor DC sekaligus, dan juga dapat mengontrol motor DC secara kontinu dan dengan teknik PWM ditunjukkan pada Gambar 3.3



**Gambar 2.13** Penerapan Driver Motor IC L293D pada Motor DC

(Anonim, 2018)

Penerapan *driver* L293D adalah dengan memberikan sinyal kontrol dalam bentuk logika atau pulsa ke jalur input 1 A—1 B untuk kontrol motor DC M 1 dan jalur kontrol 2 A—2 B untuk kontrol motor DC M 2 dengan mengacu pada ketentuan Tabel 2.3 berikut.

**Tabel 2.3** Pola Pemberian Kontrol pada *Driver Motor IC L293D*

Enable	Input		Aksi Motor
	A	B	
0	X	X	Diam
1	0	0	Berhenti
1	0	1	Berputar searah jarum jam
1	1	0	Berputar berlawanan arah jarum jam
1	1	1	Berhenti

## 2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program didalamnya. Mikrokontroler umumnya terdiri dari *CPU (Central Processing Unit)*, memori, *I/O* tertentu dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter (ADC)* yang sudah terintegrasi didalamnya. Kelebihan utama dari mikrokontroler ialah tersedianya *RAM* dan peralatan *I/O* pendukung sehingga ukuran *board* mikrokontroler menjadi sangat ringkas. Salah jenis mikrokontroler adalah *Arduino Mega 2560*.

*Arduino Mega 2560* adalah papan microcontroller berbasis *ATmega 2560*. *Arduino Mega 2560* seperti gambar 2.9 memiliki 54 pin digital input / output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output *PWM*, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai *UART (port serial hardware)*, 16 MHz kristal osilator, koneksi *USB*, *jack power*, *header ICSP*, dan tombol *reset*. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung *microcontroller*. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel *USB* atau *power* dihubungkan dengan adaptor AC – DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya.

*Arduino Mega 2560* berbeda dari papan sebelumnya, karena versi terbaru sudah tidak menggunakan *chip driver FTDI USB-to-serial*. Tetapi, menggunakan *chip Atmega 16U2 (Atmega 8U2 pada papan Revisi 1 dan Revisi 2)* yang diprogram sebagai konverter *USB-to-serial*.

*Arduino Mega 2560* Revisi 3 memiliki fitur-fitur, sebagai berikut:

a) Pin Out

Ditambahkan pin *SDA* dan pin *SCL* yang dekat dengan pin *AREF* dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin *RESET*, *IOREF* memungkinkan *shield* untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia pada papan.

b) Sirkuit *RESET*

c) *Chip ATmega16U2* menggantikan *chip ATmega 8U2* Seperti Pada Gambar 3.4 dan 3.5 serta Table spesifikasi *Arduino* dapat dilihat pada Tabel 2.5

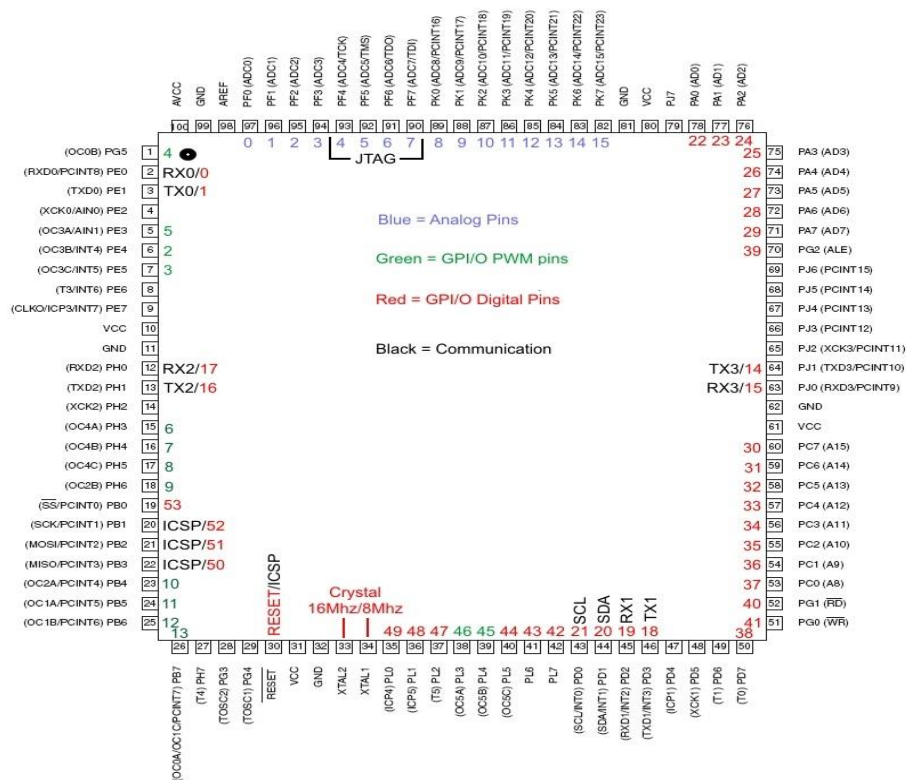


**Gambar 2.14** *Board Arduino Mega 2560*

(anonim, 2018)

**Tabel 2.4** *Spesifikasi Arduino Mega 2560*

<b>Mikrokontroler</b>	<b><i>ATmega 2560</i></b>
Tegangan Operasi	5 V
Input <i>voltage</i> (disarankan)	7–12 V
Input <i>voltage</i> (limit)	6–20 V
Jumlah pin I/O digital	54 (15 pin digunakan sebagai output <i>PWM</i> )
Jumlah pin input analog	16
Arus DC setiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3,3 V	50 mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB (8 KB digunakan untuk <i>bootloader</i> )
<i>SRAM</i>	8 KB
<i>EEPROM</i>	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 Mhz



**Gambar 2.15 Pin ATmega 2560**  
(anonim, 2018)

### 2.5.1 Daya (Power)

*Arduino Mega* dapat diaktifkan melalui koneksi *USB* atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (*non-USB*) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan steker 2,1 mm yang bagian tengahnya terminal positif ke ke *jack* sumber tegangan pada papan. Jika tegangan berasal dari baterai dapat langsung dihubungkan melalui header pin *Gnd* dan pin *Vin* dari konektor *POWER*.

Papan *Arduino ATmega 2560* dapat beroperasi dengan daya eksternal 6 Volt sampai 20 Volt. Jika diberi tegangan kurang dari 7 Volt, maka, pin 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt.



Pin tegangan yang tersedia pada papan *Arduino* adalah sebagai berikut:

a. *VIN*

*VIN* adalah input tegangan untuk papan *Arduino* ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai ‘saingan’ tegangan 5 Volt dari koneksi *USB* atau sumber daya ter-regulator lainnya). Dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika memberi tegangan untuk papan melalui *jack power*, dapat mengakses/mengambil tegangan melalui pin ini.

b. 5 V

Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 Volt, dari pin ini tegangan sudah diatur (ter-regulator) dari regulator yang tersedia (built-in) pada papan. *Arduino* dapat diaktifkan dengan sumber daya baik berasal dari *jack power DC* (7–12 Volt), konektor *USB* (5 Volt), atau pin *VIN* pada – (7–12 Volt). Memberikan tegangan melalui pin 5V atau 3,3V secara langsung tanpa melewati regulator dapat merusak papan *Arduino*.

c. 3 V 3

Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (*on board*). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.

d. *GND*

Pin *Ground* atau Massa.

e. *IOREF*

Pin ini pada papan *Arduino* berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada *microcontroller*. Sebuah *shield* dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan *IOREF* dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan (*voltage translator*) pada output untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt.

### 2.5.2 Memori

*Arduino ATmega 2560* memiliki 256 KB *flash memory* untuk menyimpan kode (8 KB digunakan untuk *bootloader*), 8 KB *SRAM* dan 4 KB *EEPROM*.

### 2.5.3 Input dan Output

Masing-masing dari 54 digital pin pada *Arduino Mega* dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*.

*Arduino Mega* beroperasi pada tegangan 5 Volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-up* internal (yang terputus secara *default*) sebesar 20–50 K $\Omega$ . Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus, antara lain:

- a) Serial yang digunakan untuk menerima (*RX*) dan mengirimkan (*TX*) data serial *TTL* ditunjukkan pada Tabel 2.6

**Tabel 2.5 Pin Serial *RX* dan *TX***

Nomor Pin	Nama Pin	Peta Nama Pin
2	PE0 (RXD0/PCINT8)	Digital pin 0 (RX0)
3	PE1 (TXD0)	Digital pin 1 (TX0)
12	PH0 (RXD2)	Digital pin 17 (RX2)
13	PH1 (TXD2)	Digital pin 16 (TX2)
45	PD2 (RXDI/INT2)	Digital pin 19 (RX1)
46	PD3 (TXD1/INT3)	Digital pin 18 (TX1)
63	PJ0 (RXD3/PCINT9)	Digital pin 15 (RX3)
64	PJ1 (TXD3/PCINT10)	Digital pin 14 (TX3)

- b) Eksternal Interupsi: Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, ataupun berubah nilai ditunjukkan pada Tabel 2.7

**Tabel 2.6 Pin Eksternal Interupsi**

Nomor Pin	Nama Pin	Peta Nama Pin
6	PE4 (OC3B/INT4)	Digital pin 2 (PWM)
7	PE5 (OC3C/INT5)	Digital pin 3 (PWM)
43	PD0 (SCL/INT0)	Digital pin 21 (SCL)
44	PD1 (SDA/INT1)	Digital pin 20 (SDA)
45	PD2 (RXDI/INT2)	Digital pin 19 (RX1)
46	PD3 9TXD1/INT3)	Digital pin 18 (TX1)

c) SPI: Pin ini mendukung komunikasi *SPI* menggunakan *SPI library*. Pin *SPI* juga terhubung dengan *header ICSP*, yang secara fisik kompatibel dengan *Arduino Uno*, *Arduino Duemilanove*, dan *Arduino Diecimila* seperti Tabel 2.8

**Tabel 2.7 Pin SPI**

Nomor Pin	Nama Pin	Peta Nama Pin
19	PB0 (SS/PCINT0)	Digital pin 53 (SS)
20	PB1 (SCK/PCINT1)	Digital pin 52 (SCK)
21	PB2 (MOSI/PCINT2)	Digital pin 51 (MOSI)
22	PB3 (MISO/PCINT3)	Digital pin 50 (MISO)

d) LED: Pin 13. Tersedia secara *built-in* pada papan *Arduino ATmega LED* terhubung ke pin digital 13. Ketika pin diset bernilai *HIGH*, maka *LED* menyala (*ON*), dan ketika pin diset bernilai *LOW*, maka *LED* padam (*OFF*).

e) TWI: Pin 20 (*SDA*) dan pin 21 (*SCL*). Yang mendukung komunikasi *TWI* menggunakan *Wire library*.

*Arduino Mega 2560* memiliki 16 pin sebagai analog input, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default pin ini dapat diukur/diatur dari mulai *Ground* sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah menggunakan pin *AREF* dan fungsi *Analog Reference()*.

Ada beberapa pin lainnya yang tersedia, antara lain:

- a. *AREF*: Referensi tegangan untuk input digunakan dengan fungsi *Analog Reference()*.
- b. *RESET*: Jalur *LOW* ini digunakan untuk *me-reset* (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol *reset* pada *shield* yang menghalangi papan utama *Arduino*.

#### 2.5.4 Komunikasi

*Arduino Mega 2560* memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, dengan *Arduino* lain, atau dengan *microcontroller* lainnya. Sebuah *chip ATmega 16U2* (*ATmega 8U2* pada papan Revisi 1 dan Revisi 2) yang terdapat pada papan digunakan

sebagai media komunikasi serial melalui *USB* dan muncul sebagai *COM Port Virtual* (pada *Device* komputer) untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pada komputer, untuk sistem operasi *Windows* masih tetap memerlukan *file inf*, tetapi untuk sistem operasi *OS X* dan *Linux* akan mengenali papan sebagai *port COM* secara otomatis. Perangkat lunak *Arduino* termasuk didalamnya serial monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan *Arduino*. *LED RX* dan *TX* yang tersedia pada papan akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui *chip USB-to-serial* yang terhubung melalui *USB* komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial seperti pada pin 0 dan 1).

Sebuah *Software Serial library* memungkinkan untuk komunikasi serial pada salah satu pin digital *Mega 2560*. *ATmega 2560* juga mendukung komunikasi *TWI* dan *SPI*. Perangkat lunak *Arduino* termasuk *Wire library* digunakan untuk menyederhanakan penggunaan bus *TWI*. Untuk komunikasi *SPI*, menggunakan *SPI library*.

### 2.5.5 *Reset Otomatis*

*Arduino Mega 2560* didesain dengan cara me-*reset* melalui perangkat lunak yang berjalan pada komputer yang terhubung. Salah satu jalur kontrol *hardware (DTR)* mengalir dari *ATmega 8U2/16U2* dan terhubung ke jalur *reset* dari *ATmega 2560* melalui kapasitor 100 nF. Bila jalur ini di-*set* rendah/*low*, jalur *reset drop* cukup lama untuk me-*reset* chip. Perangkat lunak *Arduino* menggunakan kemampuan ini untuk meng-*upload* kode dengan hanya menekan tombol *upload* pada perangkat lunak *Arduino*. Ini berarti bahwa *bootloader* memiliki rentang waktu yang lebih pendek, seperti menurunkan *DTR* dapat terkoordinasi (berjalan beriringan) dengan dimulainya *upload*.

Pengaturan ini juga memiliki implikasi lain. Ketika *Mega 2560* terhubung dengan komputer yang menggunakan sistem operasi *Mac OS X* atau *Linux*, papan *Arduino* akan di-*reset* setiap kali dihubungkan dengan *software* komputer (melalui *USB*). Dan setengah detik kemudian atau lebih, *bootloader* berjalan pada papan *Mega 2560*. Proses *reset* melalui program ini digunakan untuk mengabaikan data yang cacat (yaitu apapun selain meng-*upload* kode baru), sehingga akan memotong dan membuang beberapa *byte* pertama dari data yang dikirim ke papan setelah sambungan dibuka. Jika sebuah sketsa dijalankan pada papan untuk menerima satu kali konfigurasi atau menerima data lain ketika pertama kali dijalankan, pastikan bahwa perangkat lunak diberikan waktu untuk berkomunikasi dengan menunggu satu detik setelah terkoneksi dan sebelum mengirim data.

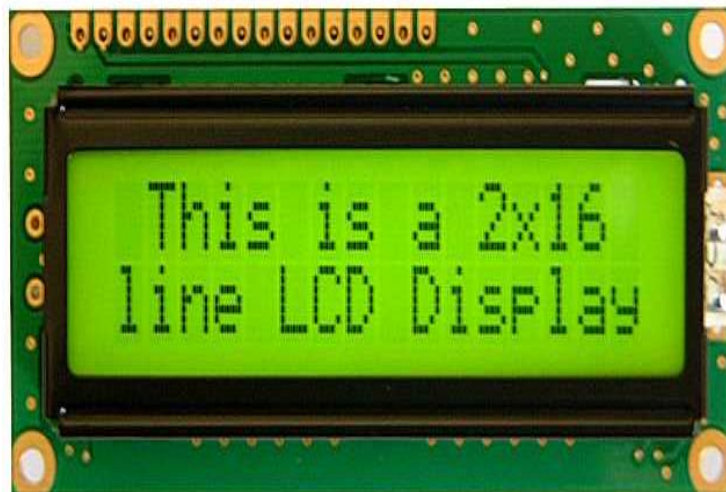
*AtMega 2560* memiliki trek jalur yang dapat dipotong untuk menonaktifkan fungsi *auto-reset*. Pada di kedua sisi jalur dapat hubungkan dengan disolder untuk mengaktifkan kembali fungsi *auto-reset*. Pada berlabel “*RESET-EN*”. Dapat menonaktifkan *auto-reset* dengan menghubungkan resistor 110  $\Omega$  dari 5V ke jalur *reset*.

### 2.5.6 Perlindungan Beban Berlebih pada USB

*Arduino Mega 2560* memiliki *polyfuse reset* yang melindungi *port USB* komputer dari hubungan singkat dan arus lebih. Meskipun pada dasarnya komputer telah memiliki perlindungan internal pada *port USB*, sekring memberikan lapisan perlindungan tambahan. Jika arus lebih dari 500 mA dihubungkan ke port USB, sekring secara otomatis akan memutuskan sambungan sampai hubungan singkat atau *overload* dihapus/dibuang.

### 2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2

*LCD* berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik menggunakan kristal cair. *LCD* adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen seperti pada Gambar 3.6 dan Fungsi konfigurasi pada Tabel 2.9.



**Gambar 2.16** *LCD (Liquid Crystal Display) 16x2*

(Munandar, 2012)

**Tabel 2.8** Fungsi dan Konfigurasi Pin-pin *LCD* 16x2

Pin	Nama	Fungsi
1	VSS	<i>Ground</i>
2	VCC	5V
3	VEE	Tegangan Kontras
4	RS	<i>Register Select</i>
		0 = Register Instruksi      1 = Register Data
5	R/W	Read/White, untuk memilih mode tulis atau baca
		0 = mode tulis      1 = mode baca
6	E	<i>Enable</i>
		0 = <i>enable</i> (mulai menahan data ke LCD) 1 = <i>disable</i>
7	DB0	Data bit 0, LSB
8	DB1	Data bit 1
9	DB2	Data bit 2
10	DB3	Data bit 3
11	DB4	Data bit 4
12	DB5	Data bit 5
13	DB6	Data bit 6
14	DB7	Data bit 7, MSB
15	BPL	<i>Back Plane Light</i>
16	GND	<i>Ground</i>

Dalam modul *LCD* terdapat *microcontroller* yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter *LCD*. *Microcontroller* pada suatu *LCD* dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan *microcontroller* internal *LCD* adalah :

- a. *DDRAM (Display Data Random Access Memory)* merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
- b. *CGRAM (Character Generator Random Access Memory)* merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
- c. *CGROM (Character Generator Read Only Memory)* merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat *LCD* tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam *CGROM*.

Register *control* yang terdapat dalam suatu *LCD* diantaranya adalah:

- a) Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel *LCD* pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel *LCD* dapat dibaca pada saat pembacaan data.
- b) Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke *DDRAM*. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut ke *DDRAM* sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Berikut ini Konfigurasi Biner pin *LCD* ditunjukkan pada Tabel 2.10

**Tabel 2.9** Konfigurasi Biner Pin *LCD*

Pin	Bilangan Biner	Keterangan
RS	0	Inisialisasi
	1	Data
RW	0	Tulis <i>LCD</i> /W (Write)
	1	Baca <i>LCD</i> /R (Read)
E	0	Pintu Data Terbuka
	1	Pintu Data Tertutup

Lapisan film yang berisi kristal cair diletakkan di antara dua lempeng kaca yang telah ditanami elektroda logam transparan. Saat tegangan dicatukan pada beberapa pasang elektroda, molekul-molekul kristal cair akan menyusun diri agar cahaya yang mengenainya akan dipantulkan atau diserap. Dari hasil pemantulan atau penyerapan cahaya tersebut akan terbentuk pola huruf, angka, atau gambar sesuai bagian yang diaktifkan.

LCD membutuhkan tegangan dan daya yang kecil sehingga sangat populer untuk aplikasi pada kalkulator, arloji digital, dan instrument elektronik lain seperti Global Positioning System (GPS), bargraph *display*, dan multimeter digital.

LCD umumnya dikemas dalam bentuk Dual In-line Package (DIP) dan mempunyai kemampuan untuk menampilkan beberapa kolom dan baris dalam satu panel. Untuk membentuk pola, baik karakter ataupun gambar, pada kolom dan baris secara bersamaan digunakan metode screening. Metode screening adalah mengaktifkan daerah perpotongan suatu kolom dan suatu baris secara bergantian dan cepat sehingga seolah-olah aktif semua. Penggunaan metode ini dimaksudkan untuk menghemat jalur yang digunakan untuk mengaktifkan panel LCD.

## 2.7 LCD dengan I<sup>2</sup>C

I<sup>2</sup>C (Inter Integrated Circuit) adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I<sup>2</sup>C/TWI terdiri dari saluran SCL (Serial Clock) dan SDA (Serial Data) yang membawa informasi data antara I<sup>2</sup>C dengan pengontrolnya serta pull up resistor yang digunakan untuk transfer data antar perangkat. I<sup>2</sup>C/TWI juga merupakan transmisi serial setengah duplex oleh karena itu aliran data dapat diarahkan pada satu waktu. Tingkat transfer data mengacu pada sinyal clock pada SCL Bus 1/16th slave. Informasi data antara I<sup>2</sup>C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I<sup>2</sup>C Bus dapat dioperasikan sebagai Master dan Slave. Master adalah piranti yang memulai transfer data pada I<sup>2</sup>C Bus dengan membentuk sinyal Start, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal Stop, dan membangkitkan sinyal clock. Slave adalah piranti yang dialamati master.

Untuk LCD 16x2 yang dilengkapi dengan modul I<sup>2</sup>C/TWI yang didesain untuk meminimalkan penggunaan pin pada saat menggunakan display LCD 16x2. Normalnya sebuah LCD 16x2 akan membutuhkan sekurang-kurangnya 8 pin untuk dapat diaktifkan. Namun LCD 16x2 jenis ini hanya membutuhkan 2 pin saja. Adapun spesifikasinya sebagai berikut :

- I<sup>2</sup>C Address : 0x3F
- Back lit (Blue char color)
- Supply voltage : 5 V



- Dimensi : 82x35x18mm
- Berat : 40 gram
- Interface : I<sup>2</sup>C

Pada LCD 16x2 yang dilengkapi dengan I<sup>2</sup>C/TWI sistem komunikasi hanya memerlukan 4 kabel yang dihubungkan dengan pin Arduino. Seperti pada Gambar 3.7 merupakan bentuk modul I<sup>2</sup>C pada LCD.



**Gambar 2.17** Komunikasi 4 kabel I<sup>2</sup>C  
(Anonim, 2018)

## 2.8 Kamera Pixy

Kamera yang digunakan pada skripsi ini adalah kamera CMUcam5. Kamera Cmucam5 yang disebut juga pixy merupakan *image sensor* yang memiliki prosesor sendiri sehingga bisa memproses gambar yang dilihat sehingga data yang dikirim sudah berupa data atau informasi yang dibutuhkan. Proses pengiriman data dari pixy dapat dilakukan dengan menggunakan komunikasi UART Serial, SPI, I<sup>2</sup>C, digital dan analog output. Pixy mampu mengingat 7 warna berbeda sekaligus yang disimpan dalam *signature*. Selain itu sensor ini juga dapat mendeteksi ratusan benda dalam waktu bersamaan dengan kecepatan 50fps. Pixy didukung dengan aplikasi *open source* yang bisa digunakan Mac, Windows dan Linux yang disebut PixyMon. Contoh Cameracmu5 seperti pada Gambar 3.8



## **Gambar 2.18 Kamera CMUcam5 Pixy**

(Nurfaizi, 2017)

Berikut spesifikasi kamera CMUcam5 [5]:

1. Processor : NXP LPC4330, 204MHz, dual core
2. Sensor : Omnivision OV975, 1/4", 1280x800
3. Jangkauan lensa : 75 derajat horizontal, 47 derajat vertikal
4. Tipe lensa : M12
5. Konsumsi daya : 140mA
6. Daya masukan masukan USB (5V) atau masukan tidak teregulasi (6V sampai 10V)
7. RAM : 264KB
8. Flash : 1MB
9. Data keluaran : UART serial, SPI, I2C, USB, digital, Analog
10. Dimensi : 5.3cm x 5cm x 3.5cm Berat : 27gram

### **2.9 Aerator (pompa)**

#### **2.9.1 Pengertian pompa**

Pompa adalah suatu peralatan mekanik yang digerakkan oleh tenaga mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan (*fluida*) dari suatu tempat ke tempat lain, dimana cairan tersebut hanya mengalir apabila terdapat perbedaan tekanan. Pompa juga dapat diartikan sebagai alat untuk memindahkan energi dari pemutar atau penggerak ke cairan ke bejana yang bertekanan yang lebih tinggi. Selain dapat memindahkan cairan pompa juga berfungsi untuk meningkatkan kecepatan, tekanan dan ketinggian cairan. Adapun bentuk pompa bermacam-macam, dengan demikian maka pompa dalam pelayanannya dapat diklasifikasikan menurut:

1. Pemakaiannya

2. Prinsip kerjanya
3. Cairan yang dialirkan
4. Material atau bahan konstruksinya

Rangkaian pompa merupakan rangkaian yang berfungsi untuk menyembrotkan air yang dihisap dari wadah air yang ada pada *body* robot. *Input* pada rangkaian ini merupakan data keluaran dari mikrokontroller sesuai dengan instruksi program yang diterima dari mikrokontroller. Lama waktu penyiraman akan ditentukan oleh *user*/pengguna yang mengendalikan robot dari *smartphone* android, yang memberikan masukan ke mikrokontroller. contoh Aerator Pompa Seperti Pada Gambar 2.13.



**Gambar 2.19** Aerator (pompa)

(Ayu Lestari, 2017)

## 2.9.2 Konstruksi pompa

Konstruksi sebuah pompa agar dapat memindahkan cairan dari suatu bejana ke bejana lain adalah sebagai berikut:

### 2.9.2.1 Mesin penggerak (motor)

Penggerak merubah energi listrik menjadi energi mekanik yang diperlukan untuk menggerakkan pompa. Energi ditransmisi ke pompa oleh suatu *belt* ke *pully* penggerak pompa.

### 2.9.2.2 Pompa

Pompa menggerakkan energi mekanik sebagai berikut:

- Untuk menggerakkan atau mengalirkan cairan yang diproses melalui pompa pada

kapasitas cairan yang diperlukan.

- Untuk memindahkan energi kedalam cairan yang diproses, yang terlihat dengan bertambahnya tekanan cairan pada lubang keluar pompa.
- Sistem pipa masuk dan keluar cairan

Sistem pipa masuk memindahkan cairan yang bersih dari bejana penyimpanan pompa. Dari sebuah konstruksi pompa *reciprocating* data yang harus diperoleh meliputi:

1. Jumlah atau banyaknya silinder pompa. Silinder dari suatu pompa *reciprocating* sering dijadikan sebagai penamaan terhadap suatu pompa yang bersangkutan.

- Pompa yang dikonstruksikan dengan sebuah silinder disebut pompa simpleks
- Pompa yang dikonstruksikan dengan dua buah silinder disebut pompa dupleks
- Pompa yang dikonstruksikan dengan banyak silinder disebut pompa multipleks

2. Ukuran atau diameter silinder pompa

Pada keterpasangan pompa *reciprocating* ditemui bahwa *piston* tidak dilengkapi dengan *ring piston*, sebagai pengganti *piston* dipakai batang *plunger (plunger/rod)*. Sehingga memperoleh ukuran diameter silinder pompa dinyatakan sebagai diameter batang *plunger*.

3. jumlah atau banyaknya aksi kerja pompa

Aksi kerja pompa dimaksud adalah terjadinya kerja pemompaan yang dilakukan oleh pompa *reciprocating* untuk satu siklus gerak bolak-balik batang *plunger* silinder. Berdasarkan jumlah aksi kerja maka pompa *reciprocating* dapat dibedakan atas dua macam yaitu:

- Pompa aksi kerja tunggal (*single acting*)
- Pompa aksi kerja ganda (*double acting*)

### 2.9.3 Klasifikasi pompa

Berdasarkan klasifikasi standar yang sering dipakai. Ada tiga kelas yang digunakan sekarang ini, *sentrifugal*, *rotari*, dan *torak reciprocating*. Istilah ini hanya berlaku pada mekanik *fluida* bukan pada desain pompa itu sendiri, ini penting karena

banyak pompa yang dijual untuk keperluan yang khusus, hanya dengan melihat detail dan desain yang terbaik saja, sehingga masalah yang berdasarkan kepada kelas dan jenis pompa menjadi sejumlah yang berbeda-beda sesuai dengan pompa tersebut.

