

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. *Mobile Robot* [6]

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu. Seiring dengan perkembangannya, peran robot menjadi semakin penting tidak hanya dalam bidang industri tetapi di berbagai bidang yang lainnya, seperti bidang medis, pertanian bahkan militer. Salah satu klasifikasi umum robot berdasarkan mobilitasnya adalah *Mobile robot*.

*Mobile robot* merupakan robot yang dapat melakukan gerakan berpindah tempat. Struktur *mobile robot* yang bergerak dan dapat berpindah tempat terdiri dari:

- a. Sistem pengendali pergerakan merupakan gabungan antara algoritma program dan peralatan mekanik yang dibuat yang secara langsung memberi perintah kepada robot untuk bergerak sesuai dengan kondisi masukan dan umpan balik yang diterima.
- b. Sistem sensor yang merupakan bagian yang berfungsi untuk mengenali kondisi lingkungan yang akan menjadi informasi umpan balik pada pengendali robot.
- c. Sistem aktuator yang terhubung ke peralatan mekanik yang menjadi alat gerak robot dan membentuk konstruksi fisik robot.

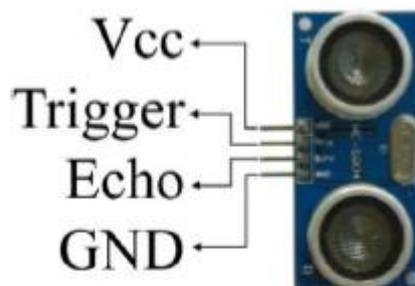
*Mobile robot* diklasifikasikan menjadi robot beroda dan robot berkaki. Perbedaan keduanya adalah pada sistem pergerakannya, yaitu di bagian mekanik robot yang terhubung langsung dengan aktuator yang terkontrol. Pada robot beroda aktuator langsung terhubung ke mekanik roda dan pada robot berkaki aktuator terhubung ke alat gerak yang bentuk mekaniknya didesain menyerupai kaki. Dalam hal perancangan *mobile robot* jenis robot beroda maka struktur tersebut dan bentuk fisiknya disesuaikan dengan alat gerak *mobile robot* berupa roda. Gerak berpindah tempat yang dapat dilakukan oleh robot beroda adalah termasuk ke dalam jenis gerak *non holonomic*.

Terdapat beberapa model pengemudian robot beroda yaitu :

- a. *Single wheel drive* adalah sistem kemudi roda robot dengan menggunakan dua buah roda bebas pada bagian belakang badan robot dan satu roda yang terhubung dengan motor dc sebagai kontrol kemudi gerak robot yang tepat diposisikan pada bagian depan tengah badan robot.
- b. *Differential drive* adalah sistem kemudi roda robot dengan menggunakan dua buah roda yang masing-masing terhubung dengan motor dc sebagai kontrol kemudi gerak robot dan dua buah roda bebas.
- c. *Ackerman steering* adalah sistem kemudi roda robot dengan menggunakan dua buah roda yang masing-masing terhubung dengan motor dc sebagai kontrol kemudi gerak robot dan dua buah roda yang saling terhubung yang terletak pada bagian belakang badan robot.

## 2.2. Sensor Ultrasonic HC-SR04[7]

Sensor jarak ultrasonic HC-SR04 adalah sensor 40 KHz. HC-SR04 merupakan sensor ultrasonik yang dapat digunakan untuk mengukur jarak antara penghalang dan sensor. Konfigurasi pin dan tampilan sensor HC-SR04 diperlihatkan pada gambar 2.1.

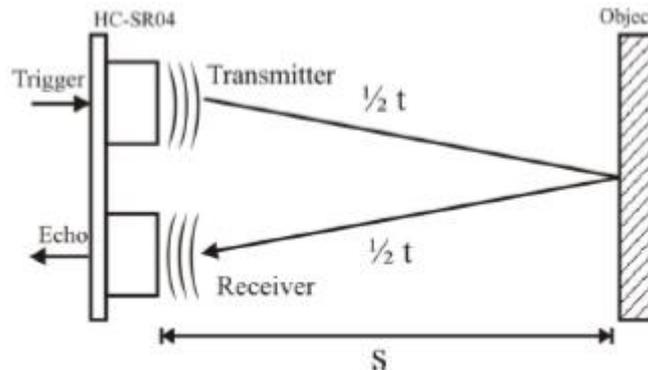


**Gambar 2. 1** Sensor Ultrasonik HC-SR04

(Sumber : <https://mirrobo.ru/>)

HC-SR04 memiliki 2 komponen utama sebagai penyusunnya yaitu *ultrasonic transmitter* dan *ultrasonic receiver*. Fungsi dari *ultrasonic transmitter* adalah memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz kemudian *ultrasonic receiver* menangkap hasil pantulan gelombang ultrasonik yang mengenai suatu objek. Waktu tempuh gelombang ultrasonik dari pemancar hingga sampai ke penerima

sebanding dengan 2 kali jarak antara sensor dan bidang pantul seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.2.



**Gambar 2. 2** Waktu Tempuh Gelombang Ultrasonik

(Sumber : <https://mirrobo.ru/>)

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.

$$s = t \times \frac{340 \text{ m/s}}{2} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

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

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

Pemilihan HC-SR04 sebagai sensor jarak yang akan digunakan pada penelitian ini karena memiliki fitur sebagai berikut; kinerja yang stabil, pengukuran jarak yang akurat dengan ketelitian  $0,3 \text{ cm}$ , pengukuran maksimum dapat mencapai

4 meter dengan jarak minimum 2 cm, ukuran yang ringkas dan dapat beroperasi pada level tegangan.

### 2.3. Sensor GY 26[8]

Sensor GY 26 adalah modul magnetik kompas, modul kompas ini didesain khusus dalam bidang robotik untuk tujuan navigasi robot. Pada modul kompas telah dipasang rangkaian pengkondisi sinyal dan mikrokontroler. Sehingga kita dapat mengakses berapa derajat posisi kompas secara langsung.

Prinsip kerjanya adalah komponen magnet dari medan magnet bumi secara bersamaan diinduksi oleh dua sumbu yang saling tegak lurus pada sensor magnetik untuk mendapatkan sudut azimuth. Kompas berkomunikasi dengan perangkat lain melalui protokol RS232 dan IIC protokol. Produk ini memiliki presisi tinggi dan stabilitas tinggi. Ini memiliki fungsi kalibrasi ulang dan bisa mendapatkan azimuth yang akurat di posisi apa pun.



**Gambar 2. 3** Sensor GY 26

(Sumber : <https://indonesian.alibaba.com/>)

Spesifikasi:

Rentang pengukuran:  $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$

Resolusi:  $0.1^{\circ}$

Akurasi pengukuran: lebih baik dari 2% setelah kalibrasi

Pengulangan:  $1^{\circ}$

Frekuensi respons: 15 HZ

Tegangan kerja: 3 ~ 5 V

Suhu kerja: -20 ° ~ 85 °

Suhu penyimpanan: -40 ° ~ 125 °

Ukuran: 25.6mm × 25.6mm

#### 2.4. Sensor Warna TCS3200[9]

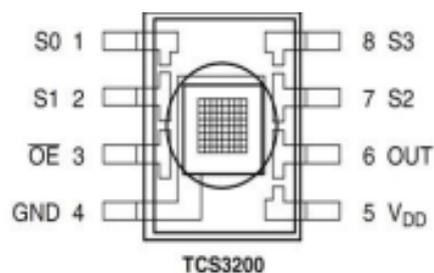
TCS3200 merupakan konverter yang diprogram untuk mengubah warna menjadi frekuensi yang tersusun atas konfigurasi silicon photodiode dan konverter arus ke frekuensi dalam IC CMOS monolithic yang tunggal. Keluaran dari sensor ini adalah gelombang kotak (duty cycle 50%) frekuensi yang berbanding lurus dengan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

Di dalam TCS3200 (Gambar 2.4), konverter mengubah warna ke ke frekuensi dengan cara membaca sebuah array 8x8 photodiode, dimana, 16 photodiode mempunyai penyaring warna biru, 16 photodiode mempunyai penyaring warna merah, 16 photodiode mempunyai penyaring warna hijau dan 16 photodiode untuk warna terang tanpa penyaring.



**Gambar 2. 4** Sensor TCS3200

(Sumber : <https://media.neliti.com/>)



**Gambar 2. 5** Pin-pin Sensor Warna TCS3200

(Sumber : <https://components101.com/>)

Sensor warna TCS 3200 memiliki konfigurasi pin dengan fungsi yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Tabel 1.

**Tabel 2. 1** Fungsi Pin Sensor Warna TCS3200

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

Sensor warna TCS3200 bekerja dengan cara membaca nilai intensitas cahaya yang dipancarkan oleh LED super bright terhadap objek, pembacaan nilai intensitas cahaya tersebut dilakukan melalui matrik 8x8 photodiode, dimana 64 photo diode tersebut dibagi menjadi 4 kelompok pembaca warna, setiap warna yang disinari LED akan memantulkan sinar LED menuju photodiode, pantulan sinar tersebut memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda, tergantung pada warna objek yang terdeteksi.

**Tabel 2. 2** Mode pemilihan photo diode pembaca warna

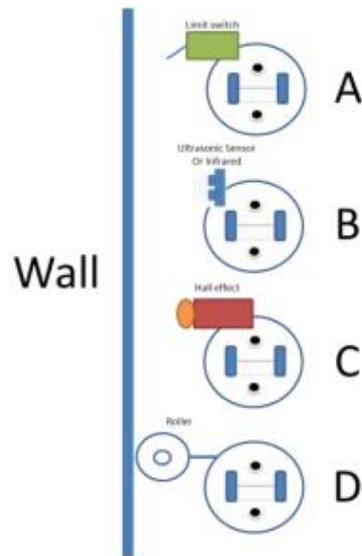
S2	S3	Photo diode
0	0	Merah
0	1	Biru
1	0	Clear (no filter)
1	1	Hijau

Hal ini yang membuat sensor warna TCS3200 dapat membaca beberapa macam warna. Mode pemilihan photodiode dalam membaca warna dapat dilihat pada Tabel 2.

## **2.5. Wall Following[10]**

Wall following adalah suatu algoritme untuk menyediakan orientasi navigasi kepada robot dengan menyusuri dinding. Salah satu keuntungannya adalah tidak perlu adanya garis penuntun ataupun suatu tanda khusus sebagai arahan bagi robot. Cara kerja sistem ini adalah dengan mengatur jarak dinding dengan robot tetap konstan. Bila terjadi perubahan, maka robot akan bergerak untuk kemudian menyesuaikan jarak lagi. Proses ini dilakukan secara berulang-ulang. Ada empat metode wall following yang dijelaskan pada Gambar , yaitu sebagai berikut:

- 1). Contact: Robot menggunakan saklar mekanik yang merasakan sentuhan dengan dinding. Ini adalah metode yang paling mudah, tetapi saklar akan cenderung mengalami kerusakan mekanis setelah beberapa waktu.
- 2). Non-contact, Active Sensor: Robot menggunakan sensor aktif yang beroperasi dalam jarak dekat seperti inframerah atau ultrasonik untuk mengukur jarak antara dinding dengan robot.
- 3). Non-contact, Passive Sensor: Robot menggunakan sensor pasif seperti saklar efek Hall untuk mengukur jarak antara robot dengan dinding. Pada kasus ini, dinding harus berbahan logam atau dipasang kabel elektrik agar sensor dapat menangkap medan magnetik saat robot mendekati dinding.
- 4). Soft-contact: Robot menggunakan bahan mekanik untuk mendeteksi sentuhan dengan dinding, tetapi sentuhan ini diperhalus dengan memasang material lunak atau lentur seperti roda dengan busa atau karet. Kelebihan metode ini adalah berkurangnya kerusakan mekanis



**Gambar 2. 6** Metode-Metode Wall Following[10]

## 2.6. Mikrokontroler Arduino Mega 2560[11]

Arduino adalah Board berbasis mikrokontroler atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (*Intergrated Circuit*) yang bisa deprogram menggunakan computer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan proses input, dan output sebuah rangkaian elektronik.

Arduino mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (*serial port hardware*). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah *oscillator* 16 Mhz, sebuah port USB , power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler.

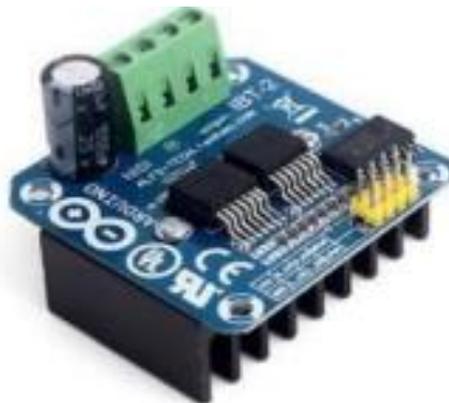


**Gambar 2. 7** Arduino Mega 2560

(Sumber : [www.makerlab-electronics.com](http://www.makerlab-electronics.com))

## 2.7. Motor Driver BTS7960[12]

M Pada driver motor DC ini dapat mengeluarkan arus hingga 43A, dengan memiliki fungsi PWM. Tegangan sumber DC yang dapat diberikan antara 5.5V-27VDC, sedangkan tegangan input level antara 3.3V-5VDC, driver motor ini menggunakan rangkaian full H-bridge dengan IC BTS7960 dengan perlindungan saat terjadi panas dan arus berlebihan. Seperti gambar 2.8 Model driver bts 7960.



**Gambar 2. 8** BTS7960 Driver 43A H-Bridge Drive PWM

(Sumber : <http://depoinovasi.com/>)

Pin konfigurasi dari penggunaan driver 43A H-Brige Drive PWM ini dapat dilihat berikut :

### Detail Pin Input

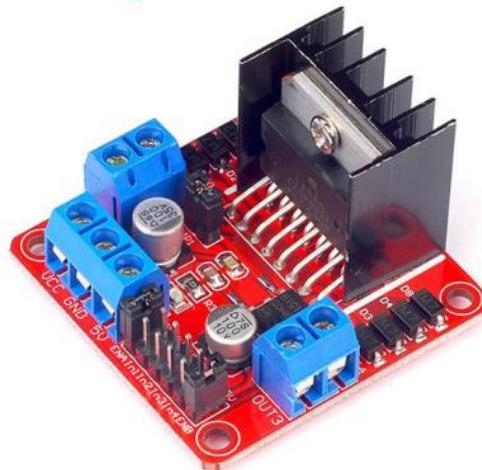
1. RPWM = Input PWM Forward Level ,Aktif High
2. LPWM = Input PWM Reverse Level ,Aktif High
3. R\_EN = Input Enable Forward Driver, Aktif High

4. L\_EN = Input Enable Reverse Driver, Aktif High
5. R\_IS = Forward Drive ,Side current alarm output
6. L\_IS = Reverse Drive ,Side current alarm output
7. Vcc = +5 V Power Supply Mikrokontroler
8. Gnd = Gnd Power Supply Mikrokontroler

#### **Detail Pin Output**

1. W- = Di hubungkan ke Motor DC (V-)
2. W+= Di hubungkan ke Motor DC (V+)
3. B+ = Tegangan Input V+ Motor
4. B- = Tegangan Input V- Motor

#### **2.8. Driver Motor L298N[6]**



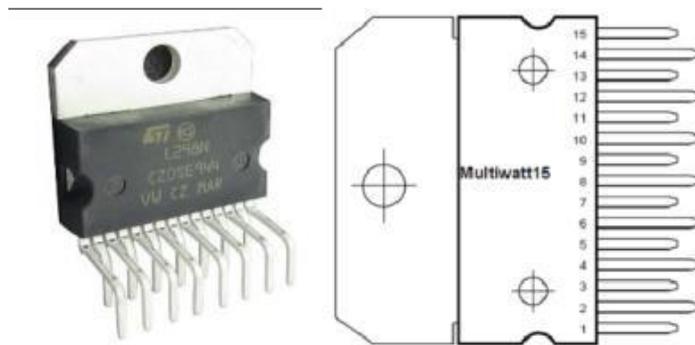
**Gambar 2. 9** Modul Motor Driver L298N

*(Sumber : Nyebarilmu, 2017)*

Driver motor adalah rangkaian yang digunakan untuk mengatur arah putaran dari motor DC. Rangkaian terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang nand yang memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor DC. Tetapi dipasaran telah disediakan IC L298N sebagai driver motor DC yang dapat mengatur arah putar dan disediakan pin untuk input yang berasal dari PWM untuk mengatur kecepatan motor DC. Motor DC tidak dapat dikendalikan secara langsung oleh mikrokontroler, karena kebutuhan arus listrik yang besar pada motor DC sedangkan arus keluaran pada mikro sangat kecil. Driver motor

merupakan pilihan alternatif yang harus digunakan untuk mengendalikan motor DC pada robot beroda.

L298N adalah *driver* motor yang memiliki dua buah rangkaian H-Bridge didalamnya, sehingga dapat digunakan untuk men-*drive* dua buah motor DC. Hbridge *driver* motor DC L298N masing-masing dapat menghantarkan arus hingga 2A. IC L298N memiliki 15 kaki yang memiliki fungsi tersendiri



**Gambar 2. 10** IC Driver motor L298N

(Sumber : [www.robotics-university.com](http://www.robotics-university.com))

## 2.9. Motor DC[6]

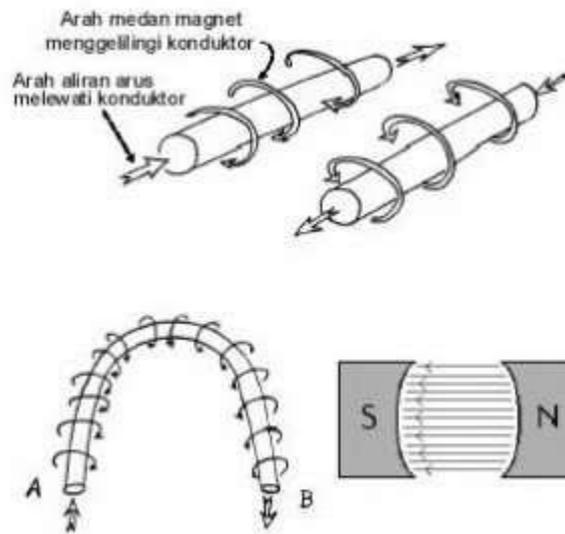
Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Bagian utama motor DC adalah stator dan rotor dimana kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar).



**Gambar 2. 11** Motor DC

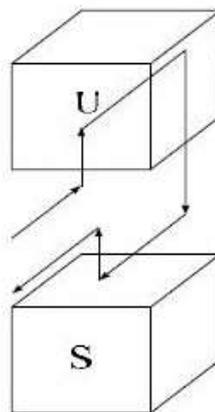
(Sumber : <http://zoniaelektro.net/motor-dc/>)

Prinsip dasar cara kerja motor DC yaitu jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet disekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh aliran arus pada konduktor dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 2. 12** Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor aturan tangan kanan

(Sumber : *elektronika-dasar.web.id*)



**Gambar 2. 13** Prinsip kerja motor DC

(Sumber : *elektronika-dasar.web.id*)

Supaya proses perubahan energi mekanik dapat berlangsung secara sempurna, maka tegangan sumber harus lebih besar dari pada tegangan gerak yang disebabkan reaksi lawan. Memberi arus pada kumparan jangkar yang dilindungi oleh medan akan menimbulkan perputaran pada motor.

### 2.11. *Liquid Cristal Display (LCD)*[6]

LCD adalah suatu display dari bahan cairan kristal yang pengoperasiannya menggunakan sistem dot matriks. LCD banyak digunakan sebagai display dari alat-alat elektronika seperti kalkulator, multimeter digital, jam digital dan sebagainya. Tipe LCD yang digunakan yaitu M1631, tipe ini dilengkapi dengan HD44780 sebagai pengendali LCD yang memiliki CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) yang digunakan untuk mengembangkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut telah ditentukan secara permanen dari HD44780, CGRAM (*Character Generator Random Acces Memory*) yang digunakan untuk mengembangkan pola sebuah karakter dan DDRAM (*Display Data Random Acces Memory*) sebagai memori tempat kedudukan karakter yang ditampilkan.



**Gambar 2. 14** LCD M1631

(Sumber : *elektronika-dasar.web.id*)

### 2.12. *Motor Pump*

Motor *pump* merupakan motor DC yang dalam hal ini digunakan untuk menggerakkan fluida dari tempat bertekanan rendah ke tempat bertekanan tinggi sehingga untuk mengatasi perbedaan tekanan maka diperlukan tenaga (energi) untuk dapat memompa air.[14]

Jenis Motor *pump* yang dipakai yaitu motor *pump* R385 yang memiliki tegangan 12V. Motor *pump* R385 dapat dilihat pada gambar 2.14

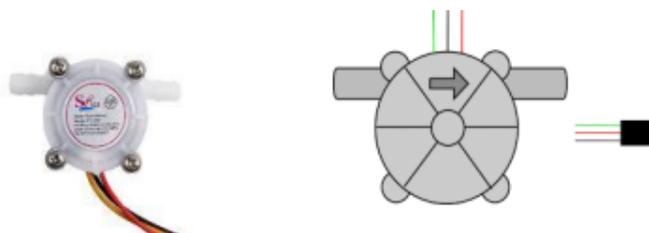


**Gambar 2. 15** Motor *Pump* R385  
(Sumber : <https://www.gmelectronic.com/>)

### 2.13. Sensor *Flow Meter*[13]

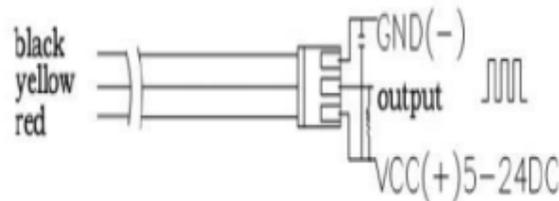
Sensor Water Flow atau sensor aliran air, adalah sensor yang berfungsi untuk mengetahui volume air atau fluida pada suatu pipa atau saluran yang melewati sensor tersebut. Sensor Water Flow memiliki sebuah penutup plastik, baling-baling yang berputar jika air mengalir serta adanya sensor efek hall. Efek ini akan aktif jika air mengalir melalui generator untuk mengetahui berapa debit air yang keluar, kecepatan baling-baling akan berubah sesuai yang diinginkan. Sensor ini memanfaatkan fenomena efek hall.

Efek hall bekerja ketika penghantar arus terhambat oleh medan magnetik, medan magnet membelokkan aliran listrik pada sensor baling-baling. Efek hall difungsikan sebagai pendeteksi medan magnet serta bisa membuat tegangan yang seimbang dengan gaya medan magnet yang terima oleh sensor water flow. Kelebihan sensor Water Flow ini hanya membutuhkan satu sinyal selain jalur 5V, DC dan ground. Bentuk fisik dari sensor ini ditunjukkan pada Gambar 2.15



**Gambar 2. 16** Water Flow Sensor YF S40[13]

Baling-baling yang berputar pada sensor disebabkan oleh aliran air yang mengalir sehingga menyebabkan fluida. Berputarnya baling-baling pada sensor menyebabkan adanya medan magnetik pada sensor water flow. efek hall akan mengkonversi medan magnetik . pada Gambar 2.16 ditunjukkan sebuah skematik instalasi Water flow meter.



**Gambar 2. 17** Skematik Sensor Flow Meter[13]

Skematik instalasi sensor Water Flow meter mempunyai tiga pengkabelan yang ditandai oleh tiga warna yaitu merah (red) untuk vcc 5 sampai 24 vdc, kuning (yellow) untuk keluaran berupa nilai pulsa dan hitam (black) untuk ground.

Rumus menghitung debit air:

$$Debit = \frac{Volume}{Waktu} \dots \dots \dots (2)$$

Rumus menghitung waktu aliran:

$$Waktu = \frac{Volume}{Debit} \dots \dots \dots (3)$$

Berikut spesifikasi dari sensor Water Flow meter ini akan ditunjukkan pada tabel dibawah :

**Tabel 2. 3** Spesifikasi Sensor Flow Meter

NO	Item	Deskripsi
1	Kinerja tahanan tekana air	0.8 Mpa
2	Voltage range	DC 3-18V
3	Arus maximum	10 mA
4	Output pulsa tinggi	4,5 V

5	Output pulsa rendah	0.5V
6	Flow range	0.15-1.5L/min
7	Arus DC per pin I/O	20 mA
8	Syarat Temperatur	$\leq 80^{\circ} \text{C}$
9	Syarat kelembaban	35%-90%RH

#### 2.14. *Nozzle Kabut*[14]

Nozzle adalah bagian sprayer yang menentukan karakteristik semprotan yaitu pengeluaran, sudut penyemprotan, lebar penutupan, pola semprotan, dan pola penyebaran yang dihasilkan. Nozzle dibuat dalam bermacam-macam disain. Setiap tipe butiran cairan yang khas dihasilkan oleh nozzle yang khas sesuai dengan kebutuhan. Nozzle kabut berfungsi untuk mengkabutkan air. Alat ini berfungsi untuk memecah suatu cairan, larutan atau suspensi menjadi butiran cairan (*droplets*) atau kabut. Dengan alat tersebut kelembapan udara dapat bertambah.



**Gambar 2. 18** Nozzle Kabut  
(Sumber : <https://sumberplastik.co.id>)

### **2.15. Disinfektan[15]**

Disinfektan adalah bahan kimia yang digunakan untuk menghambat atau membunuh mikroorganisme (misalnya pada bakteri, virus dan jamur kecuali spora bakteri) pada permukaan benda mati, seperti *furniture*, ruangan, lantai, dll. Disinfektan tidak digunakan pada kulit maupun selaput lendir, karena berisiko mengiritasi kulit dan berpotensi memicu kanker. Hal ini berbeda dengan antiseptik yang memang ditujukan untuk disinfeksi pada permukaan kulit dan membran mukosa.

Disinfektan dapat digunakan untuk membersihkan permukaan benda dengan cara mengusapkan larutan disinfektan pada bagian yang terkontaminasi, misalnya pada lantai, dinding, permukaan meja, daun pintu, saklar listrik dll. Penggunaan disinfektan dengan teknik *spray* atau *fogging* telah digunakan untuk mengendalikan jumlah antimikroba dan virus di ruangan yang berisiko tinggi. Pada ruangan yang sulit dijangkau biasanya digunakan sinar UV dengan panjang gelombang tertentu. Proses ini akan mencegah penularan mikroorganisma patogen dari permukaan benda ke manusia.

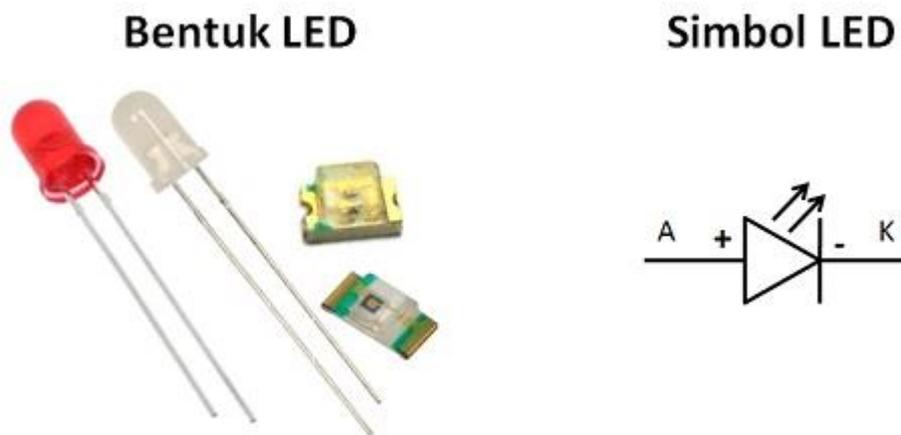
Terdapat beberapa produk disinfektan yang direkomendasikan untuk disinfeksi, misalnya sodium hipoklorit, amonium kuarterner (sejenis deterjen kationik), alkohol 70 % dan hidrogen peroksida. Perhatikan petunjuk penggunaan pada label agar produk dapat digunakan dengan efektif dan aman. Perlu diperhatikan, konsentrasi disinfektan yang digunakan serta waktu kontak antara objek dengan disinfektan (antara 1 hingga 10 menit tergantung dari jenis disinfektan). Hal yang perlu diperhatikan adalah penggunaan sarung tangan dan pastikan ventilasi yang baik untuk mengurangi paparan pada saat menggunakan disinfektan .

### **2.16. LED(Light Emitting Diode)[16]**

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada

jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. LED juga dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak tampak oleh mata seperti yang sering kita jumpai pada Remote Control TV ataupun Remote Control perangkat elektronik lainnya.

Bentuk LED mirip dengan sebuah bohlam (bola lampu) yang kecil dan dapat dipasangkan dengan mudah ke dalam berbagai perangkat elektronika. Berbeda dengan Lampu Pijar, LED tidak memerlukan pembakaran filamen sehingga tidak menimbulkan panas dalam menghasilkan cahaya. Oleh karena itu, saat ini LED (Light Emitting Diode) yang bentuknya kecil telah banyak digunakan sebagai lampu penerang dalam LCD TV yang mengganti lampu tube.



**Gambar 2. 19** Simbol dan Bentuk LED (Light Emitting Diode)  
(Sumber : <https://teknikelektronika.com>)