

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Tipe sensor ultrasonik yang digunakan pada tugas akhir ini adalah sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor ultrasonik HC-SR04 merupakan sensor yang menggunakan gelombang suara berupa sinyal ultrasonik yang berfungsi untuk mengukur jarak antara objek dan sensor [4]. Sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki 2 komponen utama yaitu sebuah speaker ultrasonik (*ultrasonic transmitter*) dan sebuah mikrofon ultrasonik (*ultrasonic receiver*). Fungsi dari speaker ultrasonik adalah memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz sedangkan mikrofon ultrasonik adalah menangkap hasil pantulan gelombang ultrasonik yang mengenai suatu objek [5].

Pemakaian sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai sensor jarak yang digunakan pada tugas akhir ini karena memiliki fitur sebagai berikut; kinerja komponen yang cukup stabil, pengukuran jarak yang akurat dengan ketelitian 0,3 cm, pengukuran maksimum dapat mencapai 4 meter dengan jarak minimum 2 cm, dan dapat beroperasi pada level tegangan TTL.

##### 2.1.1 Konfigurasi Pin Sensor Ultrasonik HC-SR04



**Gambar 2.1** Pin Sensor Ultrasonik HC-SR04  
(Sumber : [www.TheEngineeringProjects.com](http://www.TheEngineeringProjects.com))

**Gambar 2.1** menunjukkan bentuk dari sensor ultrasonik HC-SR04 tampak depan. Sensor ultrasonik mempunyai 4 pin yaitu pin VCC, GND, TRIG, dan

ECHO. Dimana 4 pin tersebut memiliki fungsi masing-masing diantaranya, pin VCC berfungsi sebagai sumber tegangan pada sensor sebesar 5V. Pin VCC selalu dihubungkan dengan tegangan 5V dari mikrokontroler. Pin GND berfungsi sebagai grounding untuk rangkaian tersebut. Pin GND selalu dipasangkan ke ground pada mikrokontroler agar rangkaian berjalan baik.

Pin TRIG bisa disebut pin pemicu berfungsi untuk memancarkan sinyal ultrasonik. Pin ini harus tetap tinggi agar 10  $\mu$ s untuk menginisialisasi pengukuran dengan mengirimkan gelombang ultrasonik. Pin ECHO bisa disebut pin geta berfungsi untuk menerima sinyal ultrasonik. Pin ini menjadi tinggi untuk periode waktu yang akan sama dengan waktu yang dibutuhkan untuk gelombang ultrasonik untuk kembali ke sensor.

### 2.1.2 Karakteristik Sensor Ultrasonik HC-SR04

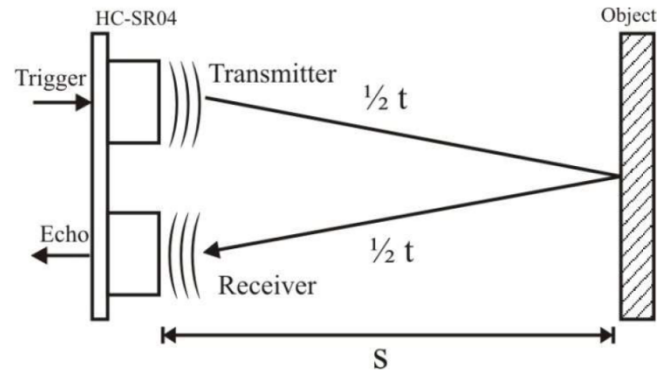
Adapun karakteristik dari sensor ultrasonik HC-SR04, yaitu:

1. Bekerja pada tegangan +5 V.
2. Memiliki arus bekerja pada 15 mA dan arus diam pada <2 mA.
3. Memiliki sudut deteksi <15°.
4. Memiliki jarak pengukuran teoritis 2 cm sampai 450 cm dan jarak pengukuran praktis 2 cm sampai 80 cm
5. Memiliki resolusi sekitar 0,3cm.
6. Bekerja pada frekuensi 40KHz.
7. Memiliki sinyal *trigger input* >10  $\mu$ s TTL *pulse* dan sinyal *output* adalah TTL *pulse with width representing distance*.
8. Memiliki dimensi ukurannya 45mm x 20mm x 15mm dan berat sekitar 10g.

### 2.1.3 Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik HC-SR04

Prinsip kerja sensor ultrasonik HC-SR04 adalah *transmitter* yang memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz, kemudian jika gelombang ultrasonik mengenai objek padat di depannya maka *receiver* menangkap hasil pantulan gelombang ultrasonik tersebut dan 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** Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik HC-SR04

(Sumber : [www.google.com/prinsipkerjasensorultrasonik/](http://www.google.com/prinsipkerjasensorultrasonik/))

Untuk prinsip pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 adalah ketika pulsa *trigger* diberikan pada sensor dalam keadaan logika “1” atau “HIGH” selama 10  $\mu$ s, *transmitter* akan mulai memancarkan sinyal gelombang ultrasonik dengan frekuensi sebesar 40 KHz, pada saat yang sama sensor akan menghasilkan *output* TTL (*Time to Live*) transisi naik yang menandakan sensor mulai menghitung waktu pengukuran. Sinyal akan diterima pin *echo*, kemudian *receiver* menerima pantulan yang dihasilkan oleh suatu objek maka pengukuran waktu akan dihentikan dengan menghasilkan *output* TTL transisi turun[5].

Jika waktu pengukuran adalah  $t$  dan sinyal yang dipancarkan merambat melalui udara dengan kecepatan sekitar 340 m/s, maka jarak antara sensor dengan objek dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1.

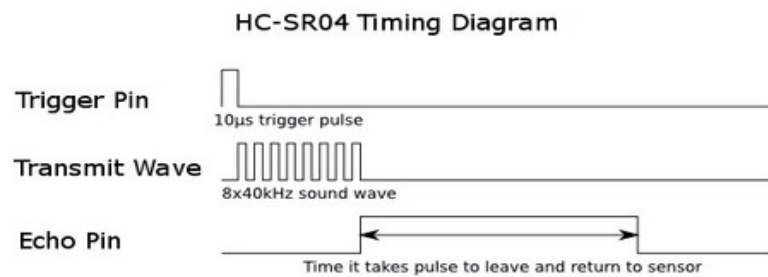
$$s = t \times \frac{340 \text{ m/s}}{2} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

$s$  = Jarak antara sensor dengan objek (meter).

$t$  = Waktu pengukuran gelombang (detik).

Untuk lebih jelas cara operasi sensor ultrasonik HC-SR04 dengan *timing* diagram pada **Gambar 2.3**.



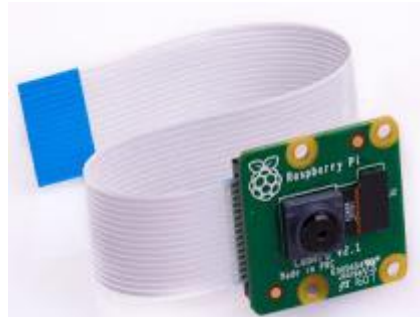
**Gambar 2.3** Timing Diagram Pengoperasian Sensor Ultrasonik HC-SR04  
(Sumber: datasheet)

## 2.2 Kamera

Kamera adalah sensor gambar yang terintegrasi dengan lensa, kontrol elektronik, dan antarmuka. Kamera yang digunakan pada tugas akhir ini adalah modul kamera *raspberry* Pi atau *Pi camera* yang berupa papan kecil, sekitar 36mm x 36mm, sehingga cocok untuk *mobile application* atau lainnya, dimana ukuran dan kualitas gambar yang penting. Kamera terhubung ke prosesor BCM2835/BCM2836 pada *raspberry* Pi melalui bus CSI, *link bandwidth* yang lebih tinggi yang membawa data pixel dari kamera kembali ke prosesor[6].

Dengan ukuran kecil, *Pi camera* dapat digunakan untuk mengambil gambar dengan kualitas *high-definition* (HD) memiliki resolusi asli dari 5 megapixel, dan memiliki lensa fokus tetap di papan. Dalam hal gambar diam, kamera ini mampu 2592 x 1944 pixel gambar statis, dan juga mendukung 1080p/30, 720p/60 dan 640x480p/60/90 video, dapat bekerja pada semua model Raspberry Pi yang terhubung pada port CSI. *Pi camera* juga dilengkapi dengan *software* yang akan mengambil gambar-gambar dari kamera digital secara terus menerus ataupun dalam interval waktu tertentu dan menampilkannya.

Ada beberapa metode penampilan gambar, metode yang paling umum adalah *hardware* mengubah gambar ke dalam bentuk *file* JPG. *Frame rate* mengindikasikan jumlah gambar sebuah *software* dapat ambil dan transfer dalam satu detik. Untuk *streaming* video, dibutuhkan minimal 15 *frame per second* (fps) atau idealnya 30 fps. Bentuk gambar dari *Pi camera modul* dapat dilihat pada **Gambar 2.4** berikut.



**Gambar 2.4** Modul kamera *Raspberry Pi*

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

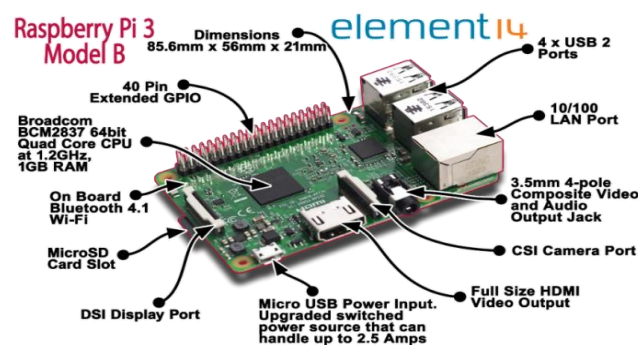
### 2.3 *Raspberry Pi*

*Raspberry Pi* merupakan mini komputer berukuran seperti kartu kredit yang dikembangkan di Inggris oleh Yayasan *Raspberry Pi* dengan tujuan untuk mempromosikan pengajaran ilmu pengetahuan dasar komputer di sekolah[6]. Perangkat ini sangat praktis jika digunakan untuk berbagi keperluan yang tidak terlalu membutuhkan memori yang besar untuk mengolah data. Dengan dilengkapi modul I/O yang dapat digunakan sebagai masukan maupun keluaran sinyal digital maupun sinyal analog maka *raspberry* dapat digunakan layaknya sebuah mikrokontroler yang dapat digunakan untuk sistem kendali[7].

*Raspberry Pi* berfungsi sebagai pengendali kamera untuk mendapat acuan posisi suatu objek dari apa yang dilihat oleh kamera dan memprosesnya untuk *input trigger* mikrokontroler. Dengan memanfaatkan fungsi fitur digitalnya kamera untuk diambil data koordinat posisi ter-tengah suatu daerah cakupan sekitar satu pixel yang ter-tengah pada suatu bentuk dasar dari hasil konversi warna RGB ke HSV oleh mikroprosesor, data koordinat x dan y yang diterima dan diproses dapat dikirim ke mikrokontroler untuk sebagai input acuan posisi suatu objek.

*Raspberry Pi* memiliki Processor bernama Broadcom BCM2835 *system on chip* (SOC) yang telah memiliki ARM1176JZF-S 700 MHz CPU, untuk Graphics telah disertakan VideoCore IV GPU, serta telah memiliki ram sebesar 256MB untuk model A, dan telah ditingkatkan ke 512 MB untuk model B dan B+ pada generasi pertama. Sedangkan untuk generasi kedua *Raspberry Pi*, dimana diperkenalkan pada Februari 2015 memiliki *Processor* Broadcom BCM2836 SoC, dengan *Processor quad-core* ARM Cortex-A7 CPU dan sebuah VideoCore IV

dual-core GPU; serta memiliki ram sebesar 1 GB. *System on Chip* yang dipakai oleh *Raspberry Pi* diciptakan oleh *Boradcom*, dan menggunakan arsitektur ARM. Arsitektur ARM merupakan arsitektur prosesor 32-bit RISC yang dikembangkan oleh ARM Limited[7]. Dikenal sebagai *Advanced RISC Machine* dimana sebelumnya dikenal sebagai *Acorn RISC Machine*. Agar lebih jelas bisa dilihat dalam **Gambar 2.5** terdapat port-port penjelasan *Raspberry Pi* seperti di bawah ini :



**Gambar 2.5** *Raspberry Pi Model B*

(Sumber: <http://www.technoon.co.uk/raspberry-pi-3-vs-odroid-c2-%C2%B7-2016s-newest-micro-computing-boards-go-head-to-head/>)

1. *Micro USB power*, dengan power input 5V 1A DC untuk memenuhi kebutuhan tegangan dan arus pada *Raspberry Pi B*.
2. HDMI out HDMI 1.3 *a-compliant* mendukung sinyal HDMI dan DVI-D.
3. *CSI connector camera*, dengan 15 pin *flat flex* kabel *header* untuk CSI-2 interface MIPI Aliansi. Standar antarmuka CSI mendefinisikan standar antarmuka serial searah untuk perangkat kamera CSI-compliant.
4. *Broadcom BCM2835 ARM11 700Mhz* merupakan otak dari *Raspberry Pi B*.
5. *Ethernet Out* (hanya dalam model 256 Mb) Mendukung fungsi Wakeon-LAN dan TCP / UDP - USB 2.0 Fungsi USB disediakan oleh SMSC LAN9512 pada kedua Model A dan Model B. LAN9512 adalah paket menarik dan cara yang sangat baik untukV menghemat ruang PCB. *Port* USB pada Pi adalah USB 2.0 dengan maksimum menarik arus yang disarankan 100 mA.
6. AUDIO OUPUT sebagai stereo audio output.

7. *JTAG Header* *JTAG interface* digunakan untuk memprogram *chip* SoC dan chip SMSC didalam *board*. Pabrikan juga menggunakan JTAG untuk menguji hardware pada saat pembuatannya.
8. *RCA Video output* sebagai video output cadangan pada Raspberry Pi apabila fungsi HDMI tidak digunakan.
9. *GPIO Header* terdiri dari 26 pin yang berfungsi untuk pengontrolan suatu perangkat yang dikontrol oleh suatu perangkat lunak baik dikonfigurasi sebagai pin input maupun sebagai pin output. Fitur-fitur pada GPIO diantaranya: pin I2C, pin RX TX, pin PWM, pin PPM dan disediakan pin dengan tegangan 5V dan 3.3V. Semua pin pada GPIO memiliki tingkat logika 3.3V.
10. *DSI Display connector*, dengan 15 pin *flat flex* yang tampak persis dengan dega *CSI-2 interface*, biasanya digunakan untuk display LCD seperti LCD pada ponsel. DSI juga dapat digunakan sebagai I2C.
11. *SD card slot* sebagai *slot* untuk SD card atau *slot* mikro SD, yang berisikan OS untuk di akses oleh pengguna *Raspberry Pi B*.
12. *Status LED* Memiliki 4 Led sebagai indicator status dari setiap fungsi pada *Raspberry Pi*. D5 menyala hijau menjelaskan *system/* akses terkoneksi dengan SD card, D6 menyala merah menjelaskan *power* terkoneksi, 3.3V. D7 menyala hijau sebagai *full duplex, half duplex* jika LED padam. D8 menyala hijau menjelaskan *link activity* untuk LAN.

## 2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah chip terintegrasi yang biasanya menjadi bagian dari sebuah *embedded system* (sistem yang didesain untuk melakukan satu atau lebih fungsi khusus yang *real time*). Mikrokontroler terdiri dari CPU, Memory, I/O port dan timer seperti sebuah komputer standar, tetapi karena didesain hanya untuk menjalankan satu fungsi yang spesifik dalam mengatur sebuah sistem[8].

Mikrokontroler yang digunakan pada tugas akhir ini adalah Mikrokontroler ATmega328. Mikrokontroler ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang

dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*)[5].

Mikrokontroler ATmega328 berfungsi untuk menerima data jarak yang dikirim oleh sensor ultrasonik dan data koordinat dikirim oleh *Raspberry Pi* melalui sambungan kabel USB dengan komunikasi serial secara langsung. Dari data yang diterima lalu diproses menggunakan mikrokontroler ATmega328 untuk menentukan operasi pergerakan menggunakan motor dc dan penyemprotan pestisida menggunakan mini pump dari *mobile robot* pembasmi hama. Bentuk fisik dari mikrokontroler ATmega328 dapat dilihat pada **Gambar 2.6** berikut.



**Gambar 2.6** Bentuk Fisik Mikrokontroler ATmega328  
(Sumber: datasheet)

Mikrokontroler ATmega328 memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan parallelism. Instruksi – instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program.

Konsep inilah yang memungkinkan instruksi – instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus clock. 32 x 8-bit register serba guna digunakan untuk mendukung operasi pada ALU ( Arithmetic Logic unit ) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. 6 dari register serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah register pointer 16-bit pada mode pengalamatan tak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data.

Ketiga register pointer 16-bit ini disebut dengan register X ( gabungan R26 dan R27 ), register Y ( gabungan R28 dan R29 ), dan register Z ( gabungan R30 dan R31 ). Hampir semua instruksi AVR memiliki format 16-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit. Selain register serba guna

di atas, terdapat register lain yang terpetakan dengan teknik memory mapped I/O selebar 64 byte. Beberapa register ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai register control Timer/ Counter, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi I/O lainnya[8].

Mikrokontroler ATmega328 memiliki beberapa fitur antara lain :

1. Memiliki 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus clock.
2. 32 x 8-bit register serba guna.
3. Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan clock 16 MHz.
4. 32 KB Flash memory dan pada arduino memiliki bootloader yang menggunakan 2 KB dari flash memori sebagai bootloader.
5. Memiliki EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanent karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
6. Memiliki SRAM (Static Random Access Memory) sebesar 2KB.
7. Master / Slave SPI Serial interface
8. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM (Pulse Width Modulation) output.

## 2.5 Metode Neural Network

*Neural network* merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang di desain dengan menirukan cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan suatu masalah atau *output*. Otak manusia terdiri dari beberapa sel saraf yang saling terhubung lain untuk memproses informasi dasar, yang disebut *neuron*. *Neuron* berfungsi untuk memproses setiap informasi yang masuk ke sistem. Pada umumnya sistem ini mempunyai ciri khas yang mampu menunjukkan kemampuan dalam hal :

1. Menyimpan informasi,
2. Menggunakan informasi yang dimiliki untuk melakukan pekerjaan dan memutuskan *output*,
3. Beradaptasi dengan keadaan baru.

---

*Neural network* dapat disimulasikan dan juga diimplementasikan pada sebuah robot yang terprogram. Fungsi dari *neural network* diantaranya adalah:

1. Pengklasifikasian pola.
2. Memetakan pola yang didapat dari *input* ke dalam pola baru pada *output*.
3. Penyimpanan pola yang akan dipanggil kembali.
4. Pengoptimasi permasalahan.
5. Prediksi.

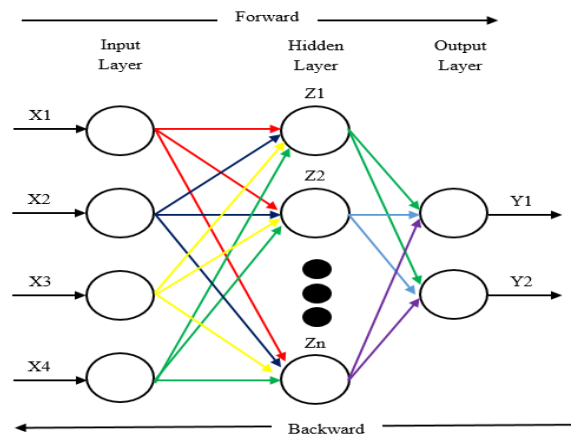
Keunggulan yang utama dari sistem *neural network* adalah adanya kemampuan untuk pengujian dari data *training*, sedangkan untuk kelemahan utamanya dari *neural network* yakni dibutuhkan waktu yang lama untuk pengujian proses *neural network*.

*Neural network* dirancang dari *node – node* yang saling berhubungan satu dengan lainnya. *Node – node* tersebut terhubung melalui *link* yang biasa disebut *weight*. *Node* adalah sebuah sel *neuron* yang di setiap *node* nya memiliki *output*, *error*, dan *weight*. *Output* adalah keluaran dari suatu *node*. *Error* adalah tingkat kesalahan yang terdapat pada *node* setelah proses dilakukan. *Weight* adalah bobot dari *node* ke *node* yang lain pada *layer* yang berbeda. Nilai *weight* berkisar antara -1 sampai 1.

Pada umumnya arsitektur *neural network* dibagi berdasarkan jumlah *layer* jaringan yang dapat diklasifikasikan menjadi dua kelas yang berbeda yaitu jaringan layer tunggal (*single layer network*) dan jaringan layer jamak (*multi layer network*). Arsitektur jaringan *neural network* yang digunakan pada tugas akhir ini adalah jaringan layer jamak (*multi layer network*).

### 2.5.1 Jaringan Layer Jamak (*Multi Layer Network*)

*Multi Layer Network* merupakan jaringan yang memiliki dua *layer* atau lebih dari dua dimana setiap *node* pada *input layer* terhubung ke *hidden layer* kemudian terhubung pada *output layer*, meskipun dengan *weight* yang berbeda – beda. *Multi layer network* ini memiliki kinerja yang sangat baik dalam sisi keakuratan. Dan *multi layer network* dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih kompleks[9]. Berikut contoh *multi layer network* dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.



**Gambar 2.7** Multi layer Network  
(Sumber : dok. Pribadi, 2020)

*Multi layer network* mempunyai dua fase dalam *training* yaitu fase *forward* dan *backward*. Fase *forward* adalah proses pengolahan data secara maju dari *input layer* melewati tiap *neuron* pada *hidden layer* sampai kepada *output layer* kemudian akan didapatkan hasil prediksi *output*. Nilai prediksi *output* yang dihasilkan akan dibandingkan dengan nilai target, kemudian akan dihasilkan nilai *error* bagi masing-masing *node* di *output layer*. Sedangkan fase *backward* adalah proses pengolahan nilai *error* yang ditransmisikan balik atau mundur dari *output layer* ke masing-masing *node* pada *hidden layer* sampai ke *input layer*. Proses algoritma *training* di *multi layer network* ini dikenal dengan *backpropagation*[10].

### 2.5.2 Backpropagation

*Backpropagation* merupakan algoritma yang berfungsi untuk memperkecil nilai *error* menjadi atau mendekati sama dengan nol dengan menyesuaikan *weight* berdasarkan nilai *output* dan nilai target yang diinginkan. Dalam proses *training* algoritma *Backpropagation* terdiri dari 3 fase dengan langkah-langkah sebagai berikut[10]:

1. Menginisialisasi *weight* pada jaringan dengan bilangan acak kecil.
2. Lakukan langkah 3 sampai 7 apabila kondisi berhenti belum tercapai.
3. Lakukan langkah 4 sampai 6 pada tiap data *training*.
4. Fase I, *Feed Forward Propagation* :
  - a. Jumlahkan seluruh sinyal yang masuk pada *neuron hidden*.

$$z_{netj} = v_0j + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

$z_{netj}$  = Total sinyal input pada neuron hidden j

$x_i$  = Nilai input pada neuron i.

$v_{ij}$  = Weight antara neuron input i dengan neuron hidden j.

b. Menghitung keluaran seluruh neuron hidden j pada hidden layer.

$$z_j = f(z_{netj}) = \frac{1}{1+e^{-z_{netj}}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

$z_j$  = Keluaran dari neuron hidden j

$z_{netj}$  = Total sinyal input pada neuron hidden j

c. Jumlahkan seluruh sinyal yang masuk pada neuron output k.

$$y_{netk} = w_{0k} + \sum_{j=1}^m z_j w_{jk} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

$y_{netk}$  = Total sinyal input pada neuron output k

$z_j$  = Nilai input pada neuron j.

$w_{jk}$  = Weight antara neuron hidden j dengan neuron output k.

d. Menghitung keluaran pada semua neuron pada output layer.

$$y_k = f(y_{netk}) = \frac{1}{1+e^{-y_{netk}}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan :

$y_k$  = Keluaran dari neuron output k

$y_{netk}$  = Total sinyal input pada neuron output k.

5. Fase II, *Backward Propagation*

a. Menghitung faktor kesalahan pada output layer

$$\delta_k = (t_k - y_k)y_k(1 - y_k) \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan :

$\delta_k$  = Faktor kesalahan dari neuron output k

$t_k$  = Target pada neuron output k

$y_k$  = Hasil keluaran neuron output k

b. Menghitung suku perubahan bobot dari hidden layer.

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan :

$\alpha$  = *Learning rate* dengan nilai 0 hingga 1. Jika  $\alpha$  bernilai kecil, maka perubahan bobot yang akan terjadi dalam setiap iterasi akan sedikit pula. Begitu pula dengan nilai *Learning Rate* yang akan berkurang selama proses pelaksanaan pembelajaran

c. Menghitung penjumlahan *error* dari *neuron hidden*.

$$\delta_{netj} = \sum_{k=1}^l \delta_k w_{jk} \dots\dots\dots(2.8)$$

d. Menghitung faktor kesalahan pada *hidden layer*

$$\delta_j = \delta_{netj} z_j (1 - z_j) \dots\dots\dots(2.9)$$

e. Menghitung suku perubahan bobot dari *input layer*.

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i \dots\dots\dots(2.10)$$

6. Fase III, Perubahan *weight* (meng-update *weight*)

a. Mengubah *weight* diantara *hidden layer* dan *output layer*

$$w_{jk}[t + 1] = w_{jk}[t] + \Delta w_{jk} + \mu(w_{jk}[t] - w_{jk}[t - 1]) \dots\dots\dots(2.11)$$

b. Mengubah *weight* diantara *input layer* dan *hidden layer*

$$v_{ij}[t + 1] = v_{ij}[t] + \Delta v_{ij} + \mu(v_{ij}[t] - v_{ij}[t - 1]) \dots\dots\dots(2.12)$$

7. Uji kondisi berhenti.

## 2.6 Driver Motor L298N

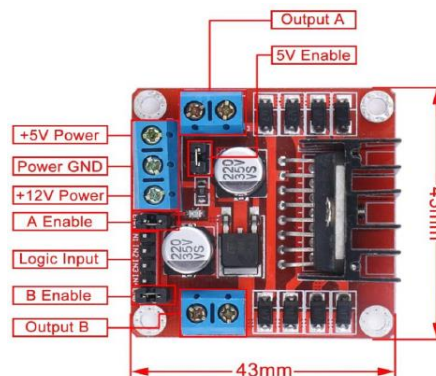
*Driver motor* adalah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk mengendalikan gerak atau aktivitas aktuator robot yang berupa motor DC [8]. *Driver motor* yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *driver motor* L298N. *Driver motor* L298N yang memiliki dua buah rangkaian *H-bridge* didalamnya, agar dapat digunakan untuk mengendalikan dua buah motor DC yang umumnya bekerja dengan arus yang dibutuhkan sebesar 250 mA[11]. *Mobile robot* ini menggunakan enam buah motor DC sehingga diperlukan tiga buah *driver motor* L298N agar bisa mengendalikan enam buah motor DC tersebut.

*Driver motor* L298N beroperasi dengan menggunakan masukan logic-level dari Arduino atau jenis kit mikrokontroler yang lain bisa dilihat pada **Tabel 2.1**. Pada IC L298 terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang nand yang berfungsi sebagai pengendalian dalam menentukan arah putaran suatu motor DC. Kelebihan akan modul *driver motor* L298N ini yaitu dalam hal kepresisian dalam mengendalikan motor sehingga motor lebih mudah untuk dikendalikan.

**Tabel 2.1** Kondisi Gerak Motor dengan Menggunakan *Driver Motor L298N*.

| Input Logika      |     |                  |     |        |     | Keluaran Motor |            |                            |
|-------------------|-----|------------------|-----|--------|-----|----------------|------------|----------------------------|
| Input Motor Kanan |     | Input Motor Kiri |     | Enable |     | Motor Kanan    | Motor Kiri | Keterangan                 |
| In1               | In2 | In3              | In4 | EnA    | EnB |                |            |                            |
| 0                 | 0   | 0                | 0   | 0      | 0   | Diam           | Diam       | Tidak bergerak             |
| 1                 | 0   | 1                | 0   | 1      | 1   | Maju           | Maju       | Bergerak maju              |
| 0                 | 1   | 0                | 1   | 1      | 1   | Mundur         | Mundur     | Bergerak mundur            |
| 0                 | 0   | 1                | 0   | 1      | 1   | Diam           | Maju       | Bergerak belok kanan depan |
| 1                 | 0   | 0                | 0   | 1      | 1   | Maju           | Diam       | Bergerak belok kiri depan  |

### 2.6.1 Konfigurasi Pin *Driver Motor L298N*



**Gambar 2.8** Pin *Driver Motor L298N*  
(Sumber : datasheet)

**Gambar 2.8** menunjukkan bentuk dari *driver motor L298N* tampak depan. *Driver motor L298N* memiliki 5 pin dan memiliki fungsi masing-masing. Pin 1 yaitu pin VCC ( $VCC1 = +5V$ ,  $VCC2 = +12V$ ) berfungsi sebagai jalur input tegangan sumber *driver motor DC*, dimana  $VCC1$  adalah jalur input sumber tegangan rangkaian kontrol *driver* dan  $VCC2$  adalah jalur input sumber tegangan untuk motor DC atau stepper. Pin 2 yaitu pin GND (*Ground*) berfungsi sebagai jalur yang harus dihubungkan ke *ground* mikrokontroler.

Pin 3 yaitu pin *Enable* (*Enable A*, *Enable B*) berfungsi untuk mengizinkan *driver* menerima perintah untuk menggerakkan motor DC. Pin 4 yaitu pin *Logic Input* (Input, 1A, 2A, 3A, 4A) sebagai *input* sinyal kendali perputaran dan

kecepatan motor yang dihubungkan ke mikrokontroller. Pin 5 yaitu *Output* (Output A, Output B) berfungsi untuk menjalankan masing-masing motor.

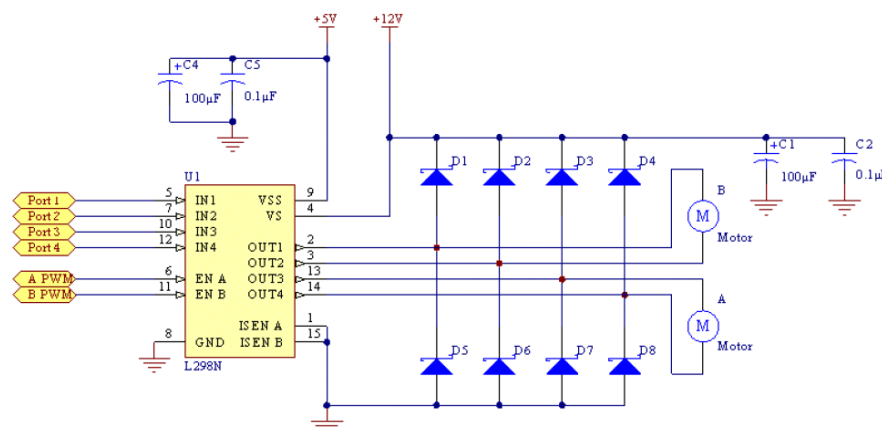
### 2.6.2 Karakteristik *Driver Motor L298N*

Adapun karakteristik dari *driver motor L298N*, yaitu :

1. Menggunakan IC L298N (Double H bridge Drive Chip)
2. Tegangan minimal untuk masukan power antara 5V-35V
3. Tegangan operasional : 5V
4. Arus untuk masukan antara 0-36mA
5. Arus maksimal untuk keluaran per Output A maupun B yaitu 2A
6. Daya maksimal yaitu 25W
7. Dimensi modul yaitu 43 x 43 x 26mm dan berat : 26g.

### 2.6.3 Prinsip Kerja *Driver Motor*

Untuk mengendalikan putaran motor DC menggunakan *driver motor L298N* perlu melibatkan 3 buah pin/kaki IC L298, yaitu: Kaki In1 (Input 1) dan kaki In2 (Input 2) untuk menentukan arah putaran motor DC yang dikendalikan, apakah berputar searah jarum jam atau berputar berlawanan jarum jam. Kaki EnA (Enable A) yang berfungsi untuk mengaktifkan atau menonaktifkan *driver motor L298N*. Aktif ketika kaki EnA diberi logika high dan nonaktif ketika kaki EnA diberi logika low) atau memasukkan nilai PWM pada kaki EnA untuk mengatur kecepatan motor[11].

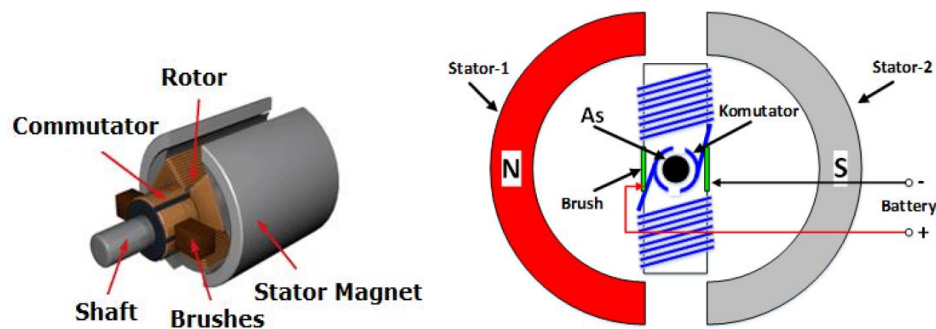


**Gambar 2.9** Skematik IC L298 sebagai *driver motor DC*  
(Sumber : <http://fritzing.org/projects/working-with-l298n-dc-motor-driver>, 2020)

## 2.7 Motor DC sebagai Aktuator Robot

Pada *mobile robot* ini dibutuhkan motor DC yang digunakan sebagai aktuator yang menggerakkan *mobile robot* secara otomatis. Motor DC didayai dengan tegangan DC (*Direct Current* = arus searah). Dengan demikian arah putaran motor DC ditentukan oleh arus maju atau arus berbalik atau tegangan positif dan tegangan negatif pada motor DC. Sedangkan kecepatan motor DC ditentukan oleh perubahan/meningkatnya tegangan terminal pada motor DC tersebut[12].

Dalam motor DC terdapat dua bagian utama motor DC yaitu kumparan medan yang disebut stator (bagian yang tidak berputar) berfungsi untuk menghasilkan medan magnet dan kumparan jangkar yang disebut rotor (bagian yang berputar) berfungsi sebagai tempat terbentuknya gaya gerak listrik (GGL). Agar lebih jelas bisa dilihat dalam **Gambar 2.10** bagian-bagian motor DC seperti di bawah ini :



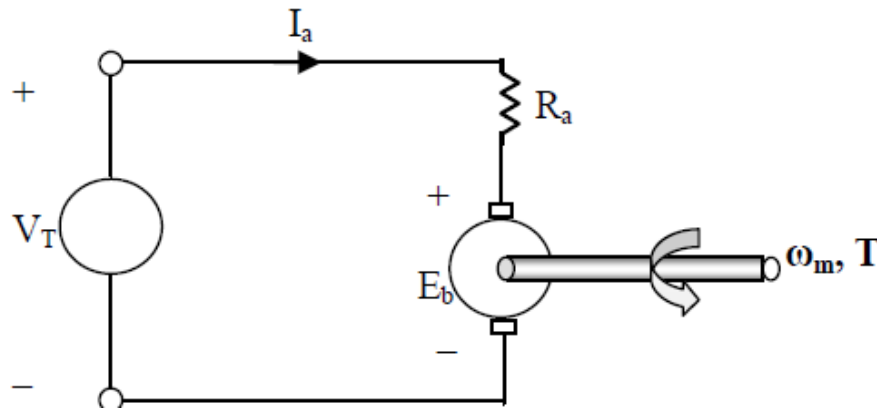
**Gambar 2.10** Bagian-bagian Motor DC

(sumber : [www.robotics-university.com/2014/12/motor-dc-magnet-permanent-dcmp.html](http://www.robotics-university.com/2014/12/motor-dc-magnet-permanent-dcmp.html))

Prinsip kerja motor DC adalah ketika sikat rotor diberi tegangan listrik DC, maka akan dihasilkan medan elektromagnet (yaitu sifat magnet yang timbul karena adanya arus listrik yang mengalir pada suatu kumparan medan) pada kumparan medan dan ujung inti besi rotor. Untuk tiap-tiap ujung inti besi akan menjadi kutub magnet yang berlainan, yaitu ada ujung inti besi yang menjadi magnet berkutub selatan (S) dan ada ujung inti besi yang menjadi magnet berkutub utara (N). Seketika dengan bangkitnya medan elektromagnet pada kumparan jangkar, maka rotor akan berputar. Perputaran rotor ini disebabkan oleh

adanya gaya tolak-menolak antara kutub-kutub magnet pada ujung inti besi rotor dengan kutub magnet permanen pada bagian stator yang senama[12].

### 2.7.1 Pengaturan Kecepatan Motor DC



**Gambar 2.11** Rangkaian Motor DC  
(sumber : <https://www.project.com/rangkaian-motor-dc/>)

**Gambar 2.11** menunjukkan bentuk dari rangkaian motor DC, dimana untuk pengaturan kecepatan motor DC berarti adanya perubahan nilai tegangan. Salah satu fitur penting motor DC adalah kecepatannya dapat dikendali dengan relatif mudah. Cara untuk mengatur kecepatan putar motor DC ( $N$ ) dirumuskan dengan Persamaan 2.13 berikut.

$$N = \frac{V_t - I_A R_A}{K \Phi} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

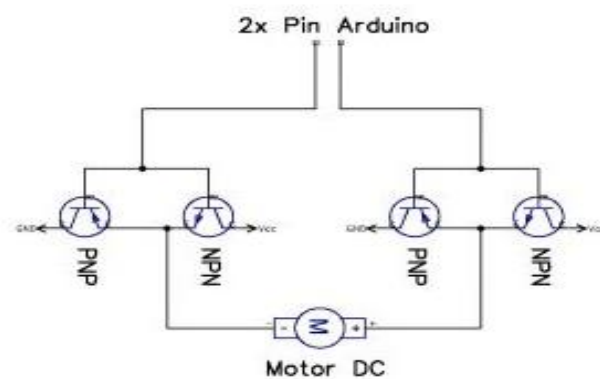
- $N$  = Putaran motor
- $V_t$  = Tegangan terminal
- $I_A$  = Arus jangkar motor
- $R_A$  = Hambatan jangkar motor
- $K$  = Konstanta motor
- $\Phi$  = Fluks magnet yang terbentuk pada motor

Dari persamaan diatas, dapat dilihat bahwa kecepatan putar ( $N$ ) motor DC dapat diatur dengan tegangan terminal karena tegangan jangkar relatif kecil dan fluks magnet dan  $K$  bernilai konstan alias tidak bisa diubah. Sehingga kecepatan

putaran motor akan tergantung dari besarnya tegangan terminal yang menyalurkan tegangan ke motor.

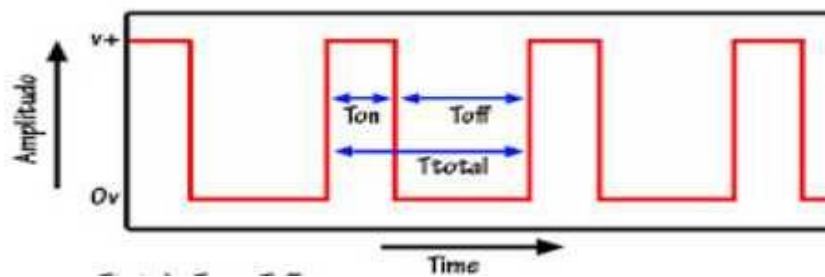
Motor DC tersedia dalam berbagai ukuran rpm dan bentuk. Kebanyakan Motor DC memberikan kecepatan rotasi sekitar 3000 rpm hingga 8000 rpm dengan tegangan operasional dari 1,5V hingga 24V. Apabila tegangan terminal yang diberikan ke motor DC lebih rendah dari tegangan operasionalnya maka akan dapat memperlambat rotasi motor DC tersebut sedangkan tegangan terminal yang lebih tinggi dari tegangan operasional akan membuat rotasi motor DC menjadi lebih cepat.

### 2.7.2 Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan *Pulse Width Modulation* (PWM)



**Gambar 2.12** Rangkaian Mengatur Kecepatan Motor DC dengan PWM  
(sumber : <https://www.semesin.com/project/2018/03/31/>)

**Gambar 2.12** menunjukkan bentuk dari rangkaian mengatur kecepatan motor dc dengan PWM yang merupakan salah satu metode untuk mengendalikan kecepatan putaran motor DC. PWM (*Pulse Width Modulation*) merupakan sebuah teknik modulasi dengan mengubah lebar pulsa (*duty cycle*) dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap. Satu siklus pulsa merupakan kondisi high kemudian berada di zona transisi ke kondisi low[13].

**Gambar 2.13** Sinyal *Pulse Width Modulation*(sumber : <https://depokinstruments.com/pwm-pulse-width-modulation/>)

**Gambar 2.13** menunjukkan sinyal PWM dimana  $T_{on}$  adalah waktu ketika tegangan keluaran berada pada posisi *high* (bernilai 1) sedangkan  $T_{off}$  adalah waktu ketika tegangan keluaran berada pada posisi *low* (bernilai 0). Dan  $T_{total}$  adalah waktu satu siklus pulsa yang terjadi atau penjumlahan antara  $T_{on}$  dengan  $T_{off}$  dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \dots\dots\dots(2.14)$$

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

$$D = \frac{T_{on}}{T_{total}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Tegangan keluaran dapat bervariasi *duty cycle* dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_{out} = D \times V_{in} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan :

$D$  = *Duty cylce*

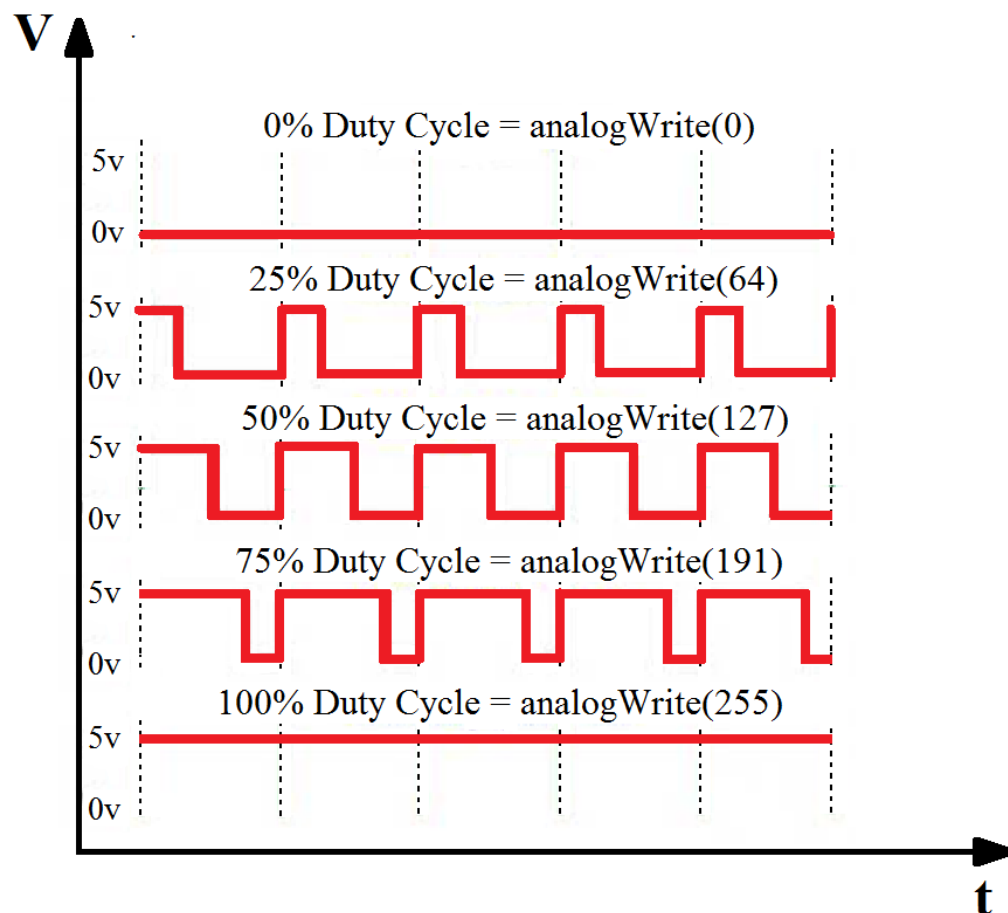
$V_{in}$  = Tegangan masukan

$V_{out}$  = Tegangan keluaran

*Duty cycle* merupakan representasi dari kondisi logika high dan low dalam suatu periode sinyal dan dinyatakan dalam bentuk (%) dengan range 0% sampai 100%. Presentase *duty cycle* akan berbanding lurus dengan tegangan rata-rata yang dihasilkan. Semakin besar nilai *duty cycle* yang diberikan maka akan

berpengaruh terhadap kecepatan putaran motor. Apabila nilai *duty cycle* kecil maka motor akan bergerak lambat[13].

Dengan menggunakan metode analog setiap perubahan PWM-nya sangat halus, sedangkan menggunakan metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Misalkan suatu PWM digital 8 bit berarti PWM ini memiliki resolusi sebanyak  $2^8 = 256$ , dimana nilai variasinya mulai dari 0 – 255 yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut. Untuk lebih jelas perubahan nilai bisa dilihat pada **Gambar 2.14**.



**Gambar 2.14** Perubahan Pulsa *Pulse Width Modulation*  
(Sumber : dok. Pribadi, 2020)

## 2.8 Mini Pump DC

Mini pump dc merupakan peralatan mekanis yang berfungsi untuk mendorong cairan dari area rendah ke area tinggi atau sebaliknya. Pada prinsipnya, pump mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran cairan.

Energi yang diterima oleh cairan akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan yang terdapat pada saluran yang dilaluinya[14].

Mini *pump* dc ini terbagi menjadi dua bentuk, yaitu *vertical pump* dan *horizontal pump*. Pada tugas akhir ini mini *pump* dc yang digunakan berbentuk *horizontal pump* yang berfungsi untuk menyemprot cairan pestisida dari tangki pestisida ke tumbuhan. Pemilihan *horizontal pump* yang digunakan karena memiliki desain kecil, mudah dalam pemasangan, dan mudah dalam pemeliharaan. Bentuk gambar dari mini *pump* dc dapat dilihat pada **Gambar 2.15** berikut:



**Gambar 2.15** Mini Pump DC

(sumber : <https://tokokomputer007.com/mini-water-pump-pompa-air-mini/>)

### 2.8.1 Spesifikasi Mini Pump DC

Mini *pump* dc memiliki beberapa spesifikasi seperti berikut .

1. Bekerja pada tegangan DC 6-12 V.
2. Memiliki arus bekerja 1,2 A.
3. Memiliki maksimal volume 700ml/30s.
4. Memiliki *input* dan *output* adalah luar 8mm dalam 4,8mm.
5. Memiliki dimensi 92 x 46 x 35 mm.

### 2.8.2 Prinsip Kerja Mini Pump DC

Prinsip kerja mini *pump* dc merupakan adanya perubahan energi mekanik (putaran) menjadi energi *fluida head* yang terdapat sudut-sudut impeller yang diletak pada poros *pump* yang saling berhubungan dengan *range* tegangan 6-12V. Ketika poros *pump* berputar maka zat cair yang ada didalam saluran ikut berputar juga, kemudian tekanan dan kecepatan akan mulai mengalirkan cairan dari tengah *pump* menuju *nozzle* untuk keluarnya cairan[14].