BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Perkembangan Robot

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, atau pun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu (kecerdasan buatan). Kata robot sendiri, diperkenalkan oleh seorang penulis sains-fiksi berkebangsaan Ceko (Czech), Karel Čapek (9 Januari 1890 - 25 Desember 1938). Robot sendiri, menurut Karel Čapek, bukanlah pengertian "robot" yang seperti kita kenal sekarang ini. Robot menurut dia adalah sesuatu yang lebih mengarah kepada "monoton", dan "pekerja". Karel Čapek memperkenalkan istilah robot (robota, bahasa Ceko - Ensiklopedia Indonesia) dalam sebuah karya sandiwaranya, Rossum's Universal Robot.

Pada tahun 1942, Issac Asimov mengemukakan tiga aturan robot, yaitu robot tidak boleh melukai manusia, atau membahayakan kehidupan manusia dalam kegiatannya. Robot harus mematuhi perintah-perintah yang diberikan manusia kecuali peintah-perintah yang bertentangan dengan aturan yang pertama. Robot harus dapat melindungi keberadaanya sendiri sepanjang tidak bertentangan aturan pertama dan kedua.

Setiap tahun robot mengalami perkembangan diantaranya adalah tahun 1950 dan 1951, W. Grey Walter membuat sebuah wahana gerak mandiri yang pertama dinamakan *electronics turtle* (kura-kura elektronik).

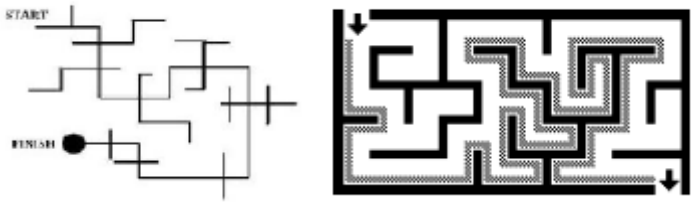
Tahun 1966 – 1972, Nils Nissen, Charles Rosen dan tim peneliti lain membuat sebuah *mobile* robot yang dikendalikan menggunakan *artificial intellegent*. Tahun 1973 -1979, *stanford card* dikembangkan oleh sebuah kelompok yang terdiri dari hans moravec. Tahun 1980, Carnegie *mellon university* mengembangkan *rover*.

Penciptaan robot yang sesunguhnya (bukan robot dalam sandiwara Karel Čapek), bermula dari keinginan manusia untuk membuat tiruan binatang atau manusia itu sendiri. Namun fasilitas pengetahuan pada masa itu nampaknya menjadi kendala terbesar dalam terwujudnya proyek tersebut. Akhirnya, dibuatlah robot sederhana beroda yang digunakan untuk keperluan navigasi, pengamatan tingkah laku, sampai dengan perencanaan jalur. Berkembanglah robot dengan konsep *heksapoda* (konsep kaki enam) dan beberapa *platform* kaki banyak lainya. Pada pada masa itu, serangga menjadi inpirasi dalam pembuatan robot.

2.2 Mobile Robot *Maze Solving*

Robot *maze solving/solver* atau bisa disebut dengan robot pemecah labirin adalah *mobile* robot yang dapat menelusuri jalur rumit, mengingat jalur tersebut dan mengambil jalur terpendek.

Robot *maze solving* yang pertama dibuat oleh seorang yang bernama Claude Elwood Shannon pada tahun 1950. Pada saat itu robot *maze solving* dikendalikan oleh suatu rangkaian relay, robot tersebut menyerupai tikus yang berukuran sama dengan tikus yang sesungguhnya. Robot tersebut mengembara pada lorong (dinding) rumit dengan 25 penyiku. Lorong tersebut bisa di ubah sesuka hati dan robot tersebut kemudian memeriksa secara menyeluruh jalan yang harus ditempuh untuk menemukan titik tujuan. Setelah melalui lorong tersebut, robot bisa ditempatkan di manapun dan akan bergerak secara langsung sampai tujuan.



Gambar 2. 1 Jalur Berupa Garis dan Jalur Berupa Dinding Gambar

2.3 Sensor Sharp GP2Y0A41SK0F

Sensor jarak sharp adalah salah satu pilihan untuk banyak proyek yang membutuhkan pengukuran jarak akurat. Sensor *Infra Red* (IR) ini lebih ekonomis daripada pengukur jarak sonar, selain itu sensor sharp juga memberikan kinerja yang jauh lebih baik daripada alternatif. IR lain. *Interfacing* ke mikrokontroler yang paling mudah adalah output analog tunggal dapat dihubungkan ke sebuah konverter analog ke digital untuk melakukan pengukuran jarak, atau output dapat dihubungkan ke komparator untuk mendeteksi ambang batas. Jangkauan deteksi sensor ini adalah 4 cm sampai 30 cm.

Sensor ini termasuk kategori sensor jarak optik. Pada dasarnya sensor ini sama seperti sensor *Infra Red* (IR) konvensional, GP2Y0A41SK0F memiliki bagian *transmitter* dan *receiver*. Bagian *transmitter* akan memancarkan sinyal IR, apabila pantulan dari sinyal IR mengenai objek maka akan ditangkap oleh bagian detektor yang terdiri dari lensa pemfokus dan sebuah *linear charge-couple device* (CCD) *array*. *Linier* CCD *array* terdiri atas sederetan elemen peka cahaya yang disebut piksel (*picture element*). Pada gambar 2.2 memperlihatkan bentuk fisik dari sensor sharp GP2Y0A41SK0F.

Gambar 2. 2 Sensor Sharp GP2Y0A41SK0F
(Sumber: https://www.pololu.com/file/0J713/GP2Y0A41SK0F.pdf)

Sensor ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan sensor jarak ultrasonik, dimana dapat mengatasi tipuan-tipuan dalam bentuk cermin, tetapi sensor ini memiliki kelemahan apabila objek yang dideteksi berupa dinding yang bergelombang di mana sinyal sonar akan dipantulkan ke arah lain sehingga jarak tidak terdeteksi. Untuk mengatasi hal ini, sensor inframerah sebagai pendukung sistem pengukuran jarak adalah alternatif yang baik. Berbeda dengan sensor ultrasonik, sensor inframerah tidak menghitung waktu pancaran sinar melainkan menghitung di bagian mana sinar inframerah yang dikembalikan diterima oleh rangkaian photo transistor. Semakin jauh jarak maka semakin ke kanan sinar inframerah yang diterima pada rangkaian photo transistor dan semakin kecil tegangan outputnya. Hasil output ini akan diterima oleh ADC terlebih dahulu sebelum diambil oleh mikrokontroler.

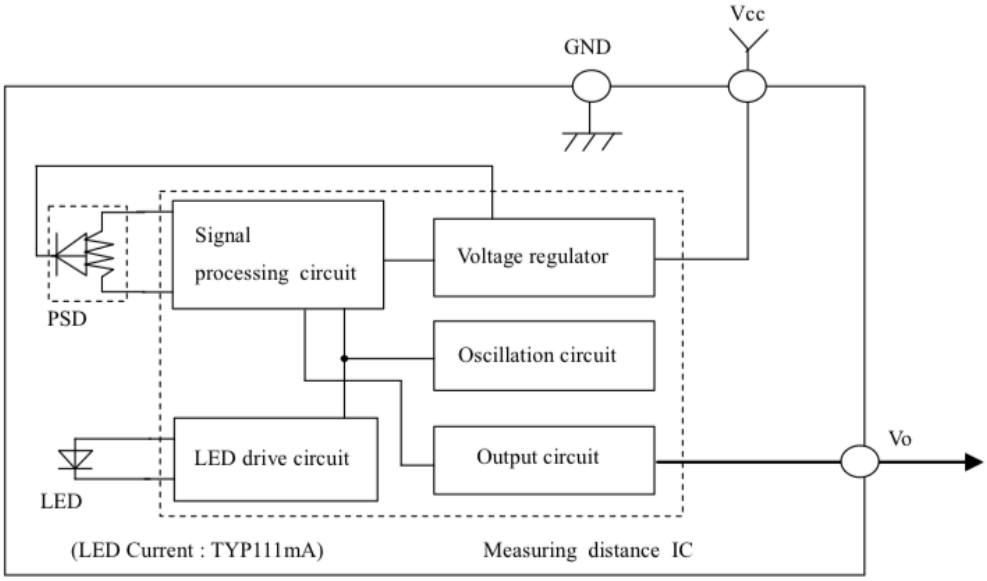
Sensor ini memiliki 3-pin, *Voltage*, *Ground*, *Signal*. Output sensor ini adalah analog tunggal, dapat terhubung ke sebuah konverter analog ke digital untuk mengambil pengukuran jarak, atau output dapat dihubungkan ke komparator untuk deteksi ambang batas. Untuk menghubungkan sensor ke mikrokontroler, sensor Sharp GP2Y0A41SK0F menggunakan konektor JST 3 pin yang terhubung ke kabel 3 in JST untuk sensor jarak itu sendiri.

Tabel 2. 1 Sensing Jarak dan Range Voltage

Sensing Jarak (min-max)	4 cm – 30 cm
Range Voltage	4,5 – 5,5 Volt DC

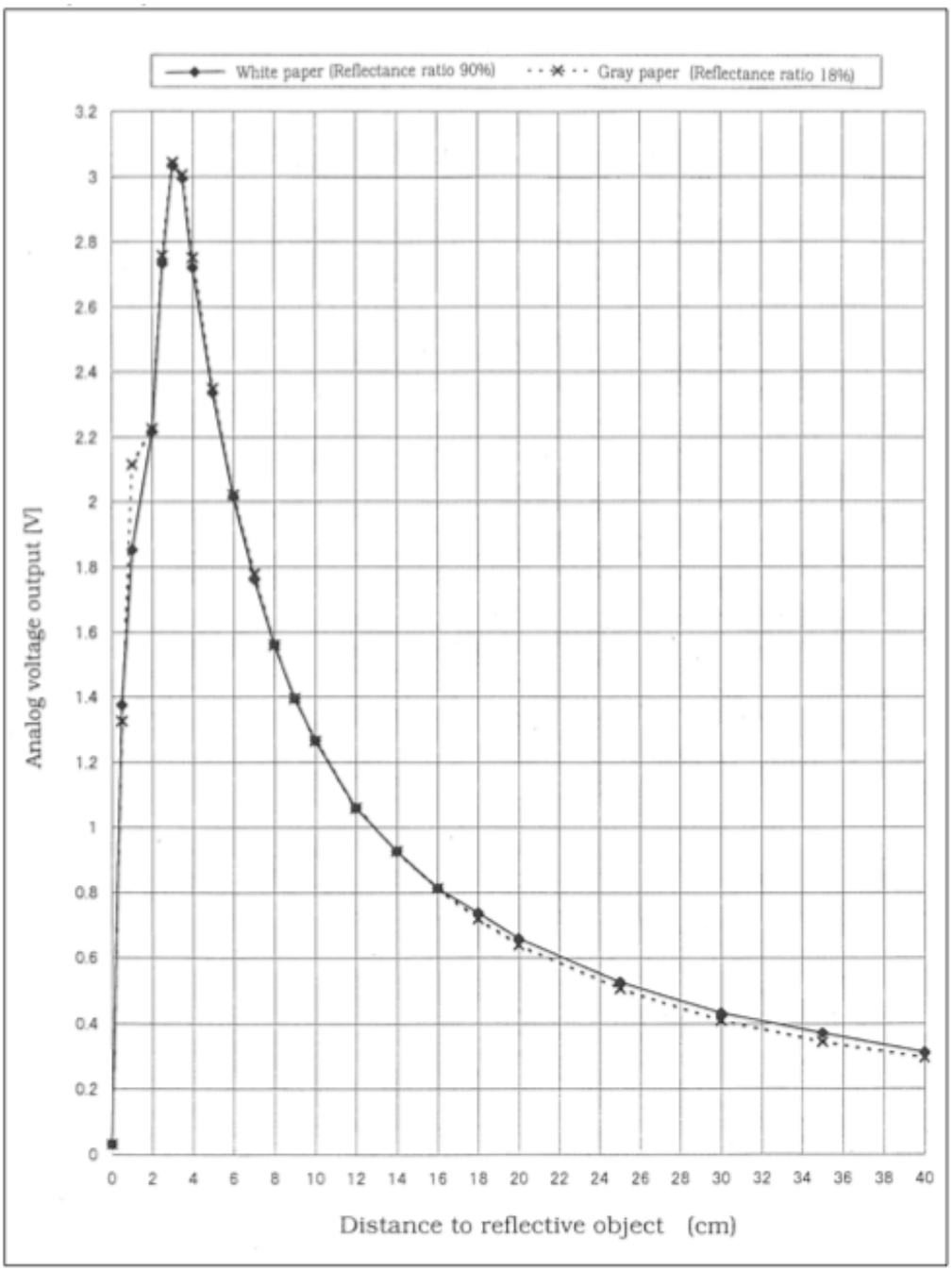
Sharp GP2Y0A41SK0F merupakan versi terbaru dari Sharp GP2D12 . Bagian LED *drive circuit* akan memancarkan cahaya inframerah ke objek dan memantulkan dalam sudut yang sama. Apabila objek menjauh maka sinar akan diterima semakin ke kanan dan tegangan keluaran akan semakin mengecil. Sinar diterima pada phototransistor yang ada

di dalam bagian *signal processing circuit* dan menghasilkan tegangan analog yang dikeluarkan ke bagian output.



Gambar 2. 3 Diagram Blok Sensor Sharp GP2Y0A41SK0F
(Sumber: https://www.pololu.com/file/0J713/GP2Y0A41SK0F.pdf)

Hasil output tegangan tersebut tidaklah linier melainkan membentuk kurva seperti pada gambar berikut. Sensor mulai menampilkan jarak yang valid saat berada di jarak sekitar 4 cm hingga 30 cm.



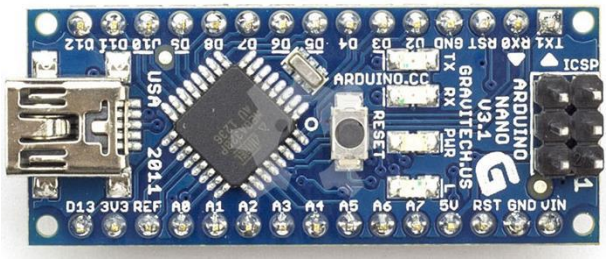
Gambar 2. 4 Grafik Perbandingan Jarak Terhadap Tegangan Sensor Sharp GP2Y0A41SK0F
(Sumber: https://www.pololu.com/file/0J713/GP2Y0A41SK0F.pdf)

2.4 Arduino Nano

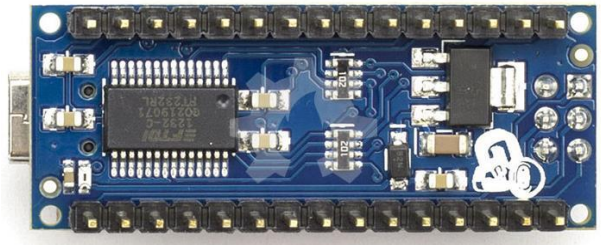
Arduino merupakan kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah *chip* atau IC (*Integrated Circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. 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 input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik. Secara umum, Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu hardware berupa papan I/O yang *open source* dan *software* Arduino yang juga *open source*, meliputi software Arduino IDE untuk menulis program dan *driver* untuk koneksi dengan komputer.

Arduino Nano adalah salah satu papan pengembangan mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan *breadboard*. Arduino Nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328 (untuk Arduino Nano versi 3.x) atau ATmega 168 (untuk Arduino versi 2.x). Arduino Nano kurang lebih memiliki fungsi yang sama dengan Arduino Duemilanove, tetapi dalam paket yang berbeda. Arduino Nano tidak menyertakan colokan DC berjenis Barrel Jack, dan dihubungkan ke komputer menggunakan port USB Mini-B. Arduino Nano dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Gravitech.



Gambar 2. 5 Arduino Nano Tampak Depan



Gambar 2. 6 Arduino Nano Tampak Belakang
(Sumber:
http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/62649/Chapter%20II.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

2.4.1 Catu Daya Arduino Nano

Arduino Nano dapat diaktifkan melalui koneksi USB Mini-B, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan belum teregulasi antara 6-20 Volt yang dihubungkan melalui pin 30 atau pin VIN, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan teregulasi 5 volt melalui pin 27 atau pin 5V. Sumber daya akan secara otomatis dipilih dari sumber tegangan yang lebih tinggi. *Chip* FTDI FT232L pada Arduino Nano akan aktif apabila memperoleh daya melalui USB, ketika Arduino Nano diberikan daya dari luar (Non-USB) maka *Chip*

FTDI tidak aktif dan pin 3.3V pun tidak tersedia (tidak mengeluarkan tegangan), sedangkan LED TX dan RX pun berkedip apabila pin digital 0 dan 1 berada pada posisi HIGH.

2.4.2 Spesifikasi Arduino Nano

Berikut ini adalah spesifikasi yang dimiliki oleh Arduino Nano:

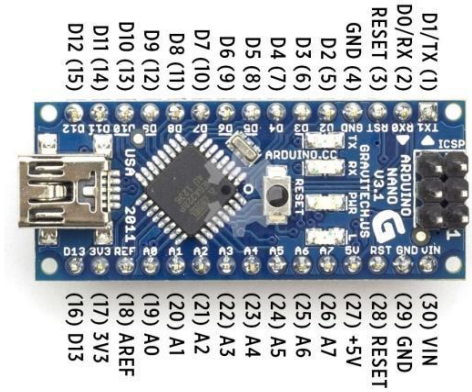
1. MikrokontrolerAtmel ATmega168 atau ATmega328.
2. 5 V Tegangan Operasi.
3. 7-12VInput Voltage (disarankan).
4. 6-20VInput Voltage (limit).
5. Pin Digital I/O14 (6 pin digunakan sebagai output PWM).
6. 8 Pin Input Analog.
7. 40 mA Arus DC per pin I/O.
8. Flash Memory16KB (ATmega168) atau 32KB (ATmega328) 2KB digunakan oleh Bootloader.
9. 1 KbyteSRAM (ATmega168) atau 2 Kbyte(ATmega328).
10. 512 ByteEEPROM (ATmega168) atau 1Kbyte (ATmega328).
11. 16 MHz Clock Speed.
12. Ukuran1.85cm x 4.3cm.

2.4.3 Konfigurasi Pin Arduino Nano

Arduino nano memiliki 30 pin, berikut konfigurasi pin Arduino nano.

1. Input Analog (A0-A7) merupakan pin yang berfungsi sebagai pin yang dapat diukur/diatur mulai dari ground sampai dengan 5 volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan fungsi analogReference().
2. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya digital.
3. GND mrupakan ground untuk catu daya digital.
4. AREF merupakan referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan fungsi analogReference().
5. RESET merupakan jalur LOW ini digunakan untuk me-reset mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada shield yang menghalangi papan utama Arduino.
6. Serial RX (0) merupakan pin yang berfungsi sebagai penerima TTL data serial.

7. Serial TX (1) merupakan pin yang berfungsi sebagai pengirim TTL data serial.
8. External Interrupt (Interupsi Eksternal) merupakan pin yang dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubahan nilai.
9. LED merupakan pin yang berfungsi sebagai pin yag diset bernilai HIGH, maka LED akan menyala, ketika pin diset bernilai LOW maka LED padam. LED Tersedia secara built-in pada papan Arduino Nano.
10. Output PWM 8-Bit merupakan pin yang berfungsi untuk analogWrite.
11. SPI merupakan pin yang berfungsi sebagai pendukung komunikasi.



Gambar 2. 7 Konfigurasi Pin Arduino Nano

Tabel 2. 2 Konfigurasi Pin Arduino Nano

Nomor Pin Arduino Nano	Nama Pin Arduino Nano
1	Digital Pin 1 (TX)
2	Digital Pin 0 (RX)
3 & 28	Reset
4 & 29	GND
5	Digital Pin 2
6	Digital Pin 3 (PWM)
7	Digital Pin 4
8	Digital Pin 5 (PWM)
9	Digital Pin 6 (PWM)

10	Digital Pin 7
11	Digital Pin 8
12	Digital Pin 9 (PWM)
13	Digital Pin 10 (PWM-SS)
14	Digital Pin 11 (PWM-MOSI)
15	Digital Pin 12 (MISO)
16	Digital Pin 13 (SCK)
18	AREF
19	Analog Input 0
20	Analog Input 1
21	Analog Input 2
22	Analog Input 3
23	Analog Input 4
24	Analog Input 5
25	Analog Input 6
26	Analog Input 7
27	VCC
30	Vin

2.5 Kompas

Kompas merupakan salah satu alat yang paling penting dalam navigasi yang berfungsi dalam menentukan arah berdasarkan posisi kutub bumi. Kompas bekerja berdasarkan gaya medan magnet. Kompas memiliki sifat magnet yang selalu menunjuk arah utara-selatan, meskipun arah utara yang dimaksud disini bukan sebenarnya, tetapi arah utara secara magnetis. Pada umumnya kompas hanya dirancang dalam bentuk visual, sehingga hanya dapat digunakan bagi mereka yang dapat melihat. Para tuna netra akan kesulitan jika menggunakan kompas biasa, karena tidak dapat melihat dan lebih banyak mengandalkan pendengaran. Adapun fungsi utama dari kompas adalah:

1. Untuk mencari arah utara magnetis.
2. Untuk mengukur besarnya sudut peta.
3. Untuk mengukur besarnya sudut kompas.
4. Untuk menentukan letak orientasi.

Alat apapun yang memiliki batang atau jarum magnetis yang bebas bergerak menunjuk arah utara magnetis magnetosfer sebuah planet sudah bisa dianggap sebagai kompas.

2.5.1 Susunan Kompas

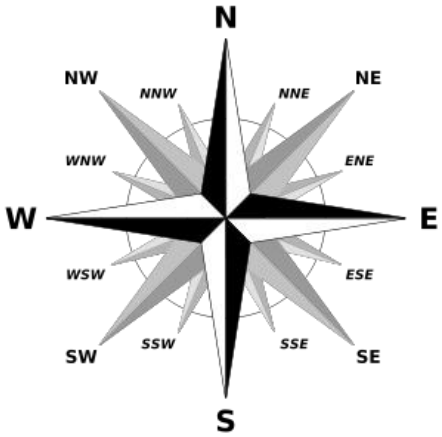
Secara fisis kompas terdiri dari:

1. Badan, sebagai pembungkus dan pelindung komponen utama kompas.
2. Jarum, selalu menunjuk arah utara selatan, dengan catatan tidak dekat dengan magnet lain/ tidak dipengaruhi medan magnet dan pergerakan jarum tidak terganggu/ peta dalam posisi horizontal.
3. Skala penunjuk, merupakan pembagian derajat sistem mata angin. Jenis kompas yang biasa digunakan dalam navigasi darat ada dua macam, yaitu kompas bidik dan kompas orienteering. Skala penunjuk umumnya berupa lingkaran 360^0 dan arah mata angin.

2.5.2 Arah Mata Angin

Mata angin biasa digunakan untuk menentukan arah yang umumnya digunakan dalam navigasi, kompas dan peta. Berikut adalah arah mata angin yang dapat dtentukan kompas:

1. Utara (0^0) disingkat U atau N.
2. Timur laut (45°) terletak antar timur dan utara, disingkat TL atau NE.
3. Timur (90°) disingkat T atau E.
4. Tenggara (135^0) terletak diantara timur dan selatan, disingkat TG atau SE.
5. Selatan (180^0) disingkat S.
6. Barat daya (225^0) terletak diantara barat dan selatan, disingkat BD atau SW.
7. Barat (270^0) disingkat B atau W.
8. Barat laut (315^0) diantara barat dan utara, disingkat BL atau NW.



Gambar 2. 8 Arah Mata Angin
(Sumber: http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/44326/Chapter%20II.pdf?sequence=4)

Utara, timur, selatan dan barat merupakan empat mata angina utama. Utara dan selatan menggambarkan kutub bumi, manakala timur dan barat menentukan arah putaran angina bumi. Matahari terbit di timur dan tenggelam di barat.

2.5.3 Sensor Kompas Digital HMC5883L

Sensor kompas HMC5883L merupakan sebuah sensor yang digunakan untuk menunjukkan arah mata angin, atau bisa juga disebut sebagai kompas digital. Sensor ini menggunakan komponen utama berupa IC HMC5883L yang merupakan IC kompas digital 3 axis yang memiliki *interface* berupa 2 pin I2C. HMC5883L memiliki sensor *magneto-resistive* HMC118X series ber-resolusi tinggi, ditambah ASIC dengan konten *amplification, automatic degaussing strap driver, offset cancellation* dan 12 bit ADC yang memungkinkan keakuratan kompas mencapat 1 sampai 2 derajat. Modul ini biasa digunakan untuk keperluan sistem navigasi otomatis, *mobile phone, netbook* dan perangkat navigasi personal. Modul ini memiliki 5 pin, diantaranya adalah VCC, Gnd, SDA, SCL, dan DRDY.

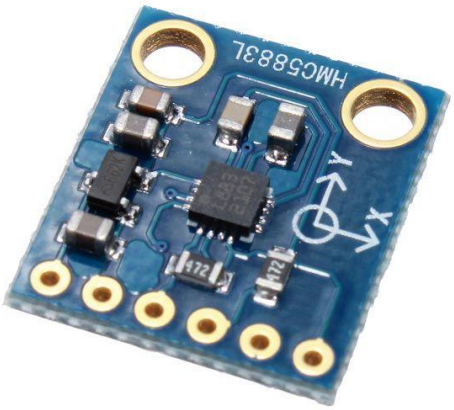
HMC5883L menggunakan tiga unsur *magnetoresistif*. Salah satunya adalah dapat mengubah perlawanan secara proporsional dengan kekuatan medan magnet di sepanjang sumbunya. Poin penting yang perlu dicatat bahwa kepekaan setiap elemen individu *magnetoresistif* merupakan komponen yang sejajar antara medan magnet dengan sumbu elemen. Ketiga unsur dalam paket sensor yang berorientasi sedemikian rupa sehingga masing-masing adalah *orthogonal* dengan dua lainnya. Dengan kata lain, masing-masing sumbu X, Y dan Z adalah searah. Dengan demikian, ketika paket sensor terkena medan magnet, kekuatan dan arah medan yang dalam ruang tiga-dimensi dapat ditentukan dari

resistensi yang ditunjukkan oleh tiga elemen. HMC5883L menyajikan kepekaan medan magnet sebagai vektor terhadap ketiga sumbu yang ditandai dengan 16-bit (satu untuk setiap sumbu). Hal ini juga secara otomatis mengkompensasi setiap ketergantungan internal terhadap pengaruh *offset* dan sudut pada masing-masing elemen.

HMC5883L adalah sensor magnet terkemas dalam *surface mount* 3.0x3.0x0.9 mm 16-pin leadless chip carrier (LCC). Menggunakan teknologi *anisotropic magneto-resistive* (AMR) Honeywell, HMC5883L menyediakan kepresisian lebih pada sensitifitas dan linieritas sumbu dan dirancang untuk mengukur kedua arah dan medan magnet bumi. Port I2C ini adalah port I/O dari sensor ini, jika dihubungkan ke port miktokontroler maka dihubungkan ke port C.0 (SCL) dan port C.1 (SDA).

Spesifikasi:

1. ADC 12-bit ADC terkopling dengan sensor AMR *low noise* yang akan menghasilkan resolusi 2 mili gauss pada medan ±8 gauss.
2. Tersedia *self-test* yaitu fitur tambahan yang dikemas dalam ASIC yang dapat digunakan untuk; secara cepat menguji fungsi-fungsi sensor tanpa perlu membutuhkan peralatan pengujian yang mahal, pencocokan sensitifitas dari sumbu/sensor yang berbeda, dan menyetel pergeseran sensitifitas karena suhu.
3. Mengizinkan akurasi kompas 1 sampai 2 derajat.
4. Tegangan kerja rendah (2.16 – 3.6 volt) dan konsumsi daya rendah (100uA).
5. Tersedia rangkaian *drive strap.*
6. Menyediakan demagnetisasi sensor untuk setiap pengukuran, dan juga kompensasi *offset* untuk mendapatkan pengukuran yang konsisten dengan akurasi hingga sampai 1 2 derajat dan mereduksi perlunya kalibrasi ulang.
7. Antarmuka I2C
8. *Range* medan magnet yang dapat diukur cukup lebar (+/- 8 Oe)
9. Sensor bisa digunakan pada lingkungan dengan medan magnet yang kuat dengan akurasi kompas 1 sampai 2 derajat.

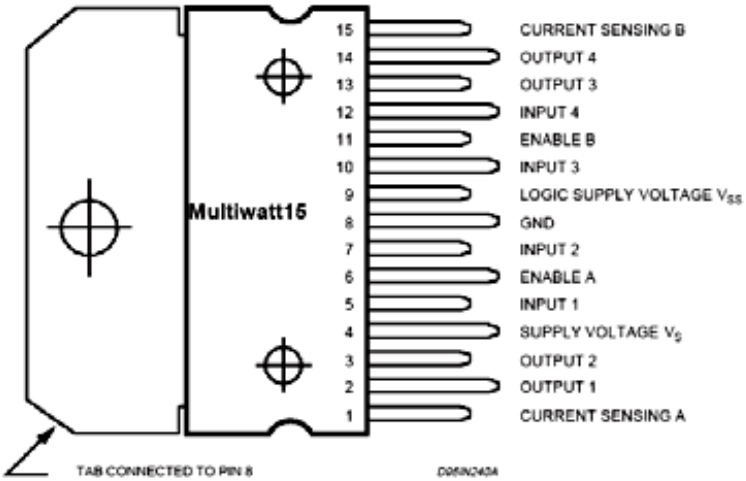


Gambar 2. 9 Sensor Kompas Digital HMC5883L
(Sumber: http://domoticx.com/arduino-kompas-3-assen-hmc5883l/)

2.6 Driver Motor DC

Driver motor merupakan suatu rangkaian khusus yang memiliki fungsi untuk mengatur arah ataupun kecepatan pada motor DC. Perlunya rangkaian driver motor ini dikarenakan pada umumnya suatu motor DC membutuhkan arus lebih dari 250mA untuk beberapa IC contohnya NE555, ATMEGA 16 dan IC seri 74 tidak bisa memberikan arus lebih dari nilai tersebut. Jika motor langsung dihubungkan ke IC, maka hal ini akan menyebabkan kerusakan pada IC tersebut. Driver motor yang digunakan pada perancangan robot micromouse yaitu IC tipe L298N.

IC L298N adalah IC yang didesain khusus sebagai driver motor DC dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL maupun mikrokontroler. Motor DC yang dikontrol dengan driver IC L298N dapat dihubungkan ke ground maupun ke sumber tegangan positif karena di dalam driver L298N 20ontro driver yang digunakan adalah totem pool. Dalam 1 unit chip IC L298N terdirsi dari 4 buah driver motor DC yang berdiri sendiri-sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1 Ampere tiap drivernya. Sehingga dapat digunakan untuk membuat driver H-bridge untuk 2 buah motor DC. Gambar 2.10 berikut menunjukan Konstruksi pin driver motor L298N.



Gambar 2. 10 Konstruksi IC L298N
(Sumber: http://eprints.polsri.ac.id/1792/3/BAB%20II.pdf)

Adapun Fungsi pin driver motor L298N adalah sebagai berikut

- Pin EN (Enable, EN1.2, EN3.4) berfungsi untuk mengijinkan driver menerima perintah untuk menggerakan motor DC.
- Pin Input (IN1, IN2, IN3, IN4) adalah pin input sinyal kendali motor DC.
- Pin Output (OUT1, OUT2, OUT3, OUT4) adalah jalur output masing- masing driver yang dihubungkan ke motor DC.
- Pin VCC (VCC1, VCC2) adalah jalur input tegangan sumber driver motor DC, dimana VCC1 adalah jalur input sumber tegangan rangkaian 21ontrol dirver dan VCC2 adalah jalur input sumber tegangan untuk motor DC yang dikendalikan.

Pin GND adalah jalur yang harus dihubungkan ke ground, pin GND ini ada 4 buah yang berdekatan dan dapat dihubungkan ke sebuah pendingin kecil. Pengaruh logic IN1 dan logic IN2 terhadap kondisi motor dijelaskan pada tabel 2.3

Tabel 2. 3 Arah Putaran Motor

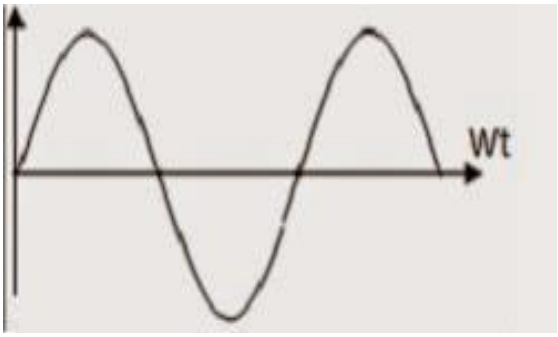
IN1	IN2	Kondisi Motor
0	0	Fast motor stop
0	1	CW
1	0	CCW
1	1	Fast motor stop

Jika menginginkan motor berputar CW (*Clock Wise)*, maka pin mikrokontroler PD6 (IN1) diberi logika *low* dan PD7 (IN2) diberi logika *high*. Sedangkan EN1 dihubungkan dengan output PWM mikrokontroler (PD4).

2.7 Motor DC

Sebuah motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Kebanyakan motor listrik beroperasi melalui interaksi medan magnet dan konduktor pembawa arus untuk menghasilkan kekuatan, meskipun motor elektrostatik menggunakan gaya elektrostatik. Proses sebaliknya, menghasilkan energi listrik dari energi mekanik, yang dilakukan oleh generator seperti alternator, atau dinamo. Banyak jenis motor listrik dapat dijalankan sebagai generator, dan sebaliknya.Motor listrik dan generator yang sering disebut sebagai mesin-mesin listrik.

Pada motor DC kumparan medan disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebur rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan(GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip dari arus searah adalah membalik phasa negatif dari gelombang sinusoidal menjadi gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet, dihasilkan tegangan (GGL) seperti yang terlihat pada gambar 2.11 sebagai berikut.



Gambar 2. 11 Prinsip dari Arus Searah
(Sumber: http://repository.untag-sby.ac.id/228/3/bab%202.pdf)

Adapun bagian penting dari motor DC sebagai berikut.

1. Badan Mesin

   Badan mesin ini berfungsi sebagai tempat mengalirnya fluks magnet yang dihasilkan kutub magnet, sehingga harus terbuat dari bahan ferromagnetic. Fungsi lainnya adalah untuk meletakkan alat-alat tertentu dan mengelilingi bagian-bagian dari mesin, sehungga harus terbuat dari bahan yang benar-benar kuat seperti besi tuang dan plat campuran baja.

2. Inti Kutub Magnet dan Belitan Penguat Magnet

   Inti kutub magnet dan belitan penguat magnet ini berfungsi untuk mengalirkan arus listrik agar dapat terjadi proses elektromagnetik. Adapun aliran fluks magnet dari kutub utara melalui celah udara yang melewati badan mesin.

3. Sikat-Sikat

   Sikat – sikat ini berfungsi sebagai jembatan bagi aliran arus jangkar dengan bebas, dan juga memegang peranan penting untuk terjadinya proses komutasi.

4. Komutator

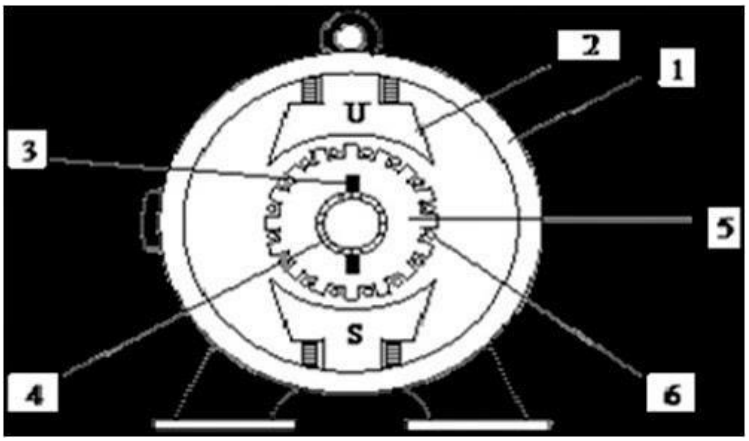
   Komutator ini berfungsi sebagai penyearah mekanik yang akan dipakai bersama-sama dengan sikat. Sikat-sikat ditempatkan sedemikian rupa sehingga komutasi terjadi pada saat sisi kumparan berbeda.

5. Jangkar

   Jangkar dibuat dari bahan ferromagnetic dengan maksud agar kumparan jangkar terletak dalam daerah yang induksi magnetiknya besar, agar ggl induksi yang dihasilkan dapat bertambah besar.

6. Belitan Jangkar

   Belitan jangkar merupakan bagian yang terpenting pada mesin arus searah, berfungsi untuk tempat timbulnya tenaga putaran motor.



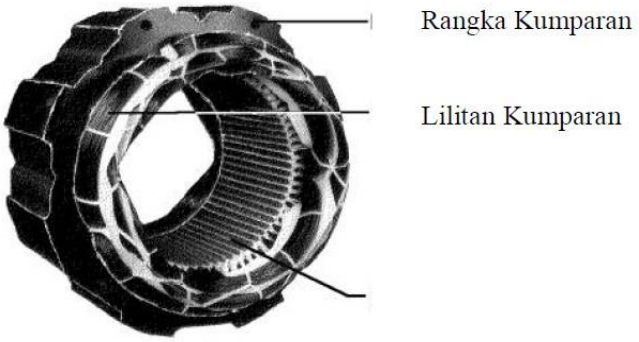
Gambar 2. 12 Bagian-Bagian pada Motor DC
(Sumber: http://repository.untag-sby.ac.id/228/3/bab%202.pdf)

2.7.1 Konstruksi Motor DC

Secara garis besar motor DC mempunyai susunan konstruksi sebagai berikut:

- Stator

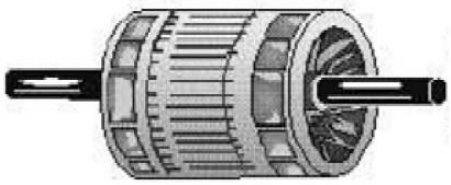
  Stator ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektromagnetik) ataupun magnet permanen. Bagian stator terdiri dari bodi motor yang memiliki magnet yang melekat padanya. Untuk motor kecil, magnet tersebut adalah magnet permanen. Fungsi dari stator adalah untuk menghasilkan medan magnet. Stator terdiri dari rumah dengan kutup magnet yang dibuat dari pelat-pelat yang dipejalkan dengan gulungan penguat magnet.



Gambar 2. 13 Konstruksi Stator pada Motor DC
(Sumber: http://eprints.polsri.ac.id/165/3/BAB%202.pdf)

- Rotor dan Jangkar Motor DC

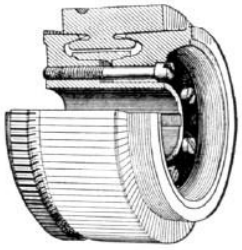
  Fungsi dari rotor atau jangkar yaitu untuk merubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gerak putar. Rotor terdiri dari poros baja dimana tumpukan keping-keping inti yang berbentuk silinder dijepit. Pada inti terdapat alur-alur dimana lilitan rotor diletakkan. Suatu kumparan motor akan berfungsi apabila mempunyai kumparan medan, kumparan tersebut berfungsi sebagai penghasil medan magnet. Kumparan jangkar, berfungsi sebagai penghasil medan magnet. Kumparan jangkar, berfungsi sebagai pembangkit GGL pada konduktor yang terletak pada alur-alur jangkar. Celah udara yang memungkinkan berputarnya jangkar dalam medan magnet.



Gambar 2. 14 Konstruksi Rotor dan Jangkar Motor pada Motor DC
(Sumber: http://eprints.polsri.ac.id/165/3/BAB%202.pdf)

- Komutator

  Konstruksi dari komutator terdiri dari lamel-lamel, antar lamel dengan lamel lainnya diisolasi dengan mica. Gambar di bawah ini merupakan gambar komutator pada motor DC.

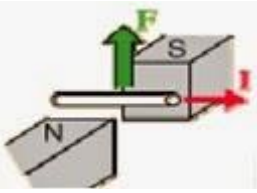


Gambar 2. 15 Konstruksi Komutator pada Motor DC
(Sumber: http://eprints.polsri.ac.id/165/3/BAB%202.pdf)

2.7.2 Prinsip Kerja Motor DC

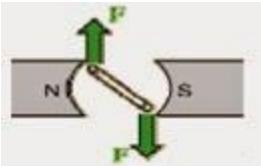
Adapun mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor listrik secara umum sebagai berikut.

- Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya



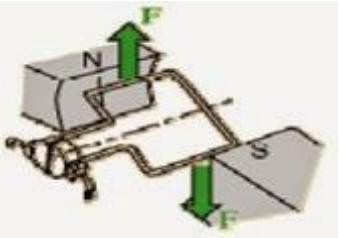
Gambar 2. 16 Arus Listrik dalam Medan Magnet

- Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran atau loop maka kedua sisi loop yaitu pada sudut kanan medan magnet akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan



Gambar 2. 17 Arus Medan Magnet Berlawanan

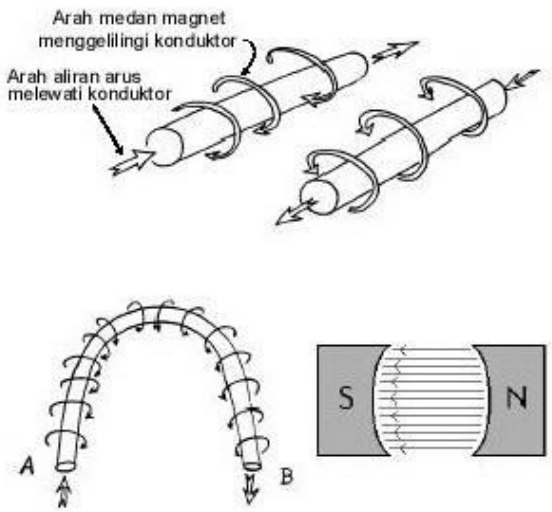
- Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar atau torque untuk memutar kumparan.



Gambar 2. 18 Gaya Tenaga Putar

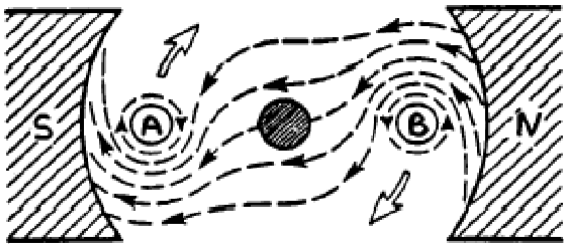
- Motor-motor memiliki beberapa loop pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

Sedangkan untuk prinsip kerja pada Motor DC, jika arus lewat pada suatu konduktor, akan timbul medan magnet di sekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor.



Gambar 2. 19 Medan Magnet yang Membawa Arus Mengelilingi Konduktor
(Sumber: http://digilib.unila.ac.id/9241/15/BAB%20II.pdf)

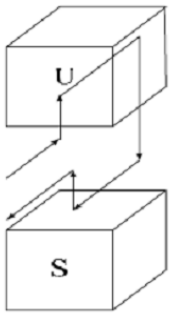
Aturan genggaman tangan kanan bisa digunakan untuk menentukan arah garis fluks di sekitar konduktor. Genggam konduktor tangan kanan dengan jempol mengarah pada arah aliran arus, maka jari-jari akan menunjukkan arah garis fluks. Gambar 2.24 menunjukkan medan magnet yang terbentuk di sekitar konduktor berubah arah karena berbentuk U. Medan magnet hanya terjadi di sekitar sebuah konduktor jika ada arus mengalir pada konduktor tersebut. Jika konduktor berbentuk U (rotor) diletakkan di antara kutub utara dan kutub selatan, maka kuat medan magnet konduktor akan berinteraksi dengan medan magnet kutub.



Gambar 2. 20 Reaksi Garis Fluks
(Sumber: http://digilib.unila.ac.id/9241/15/BAB%20II.pdf)

Lingkaran bertanda A dan B merupakan ujung konduktor yang dilengkungkan (*looped conductor*). Arus mengalir masuk melalui ujung A dan keluar melalui ujung B. Medan konduktor A yang searah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di bawah konduktor. Konduktor akan berusaha bergerak ke atas untuk keluar dari medan magnet . Medan konduktor B yang berlawanan arah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di atas konduktor. Konduktor akan berusaha untuk bergerak turun agar keluar dari medan yang kuat tersebut. Gaya-gaya tersebut akan membuat rotor berputar searah jarum jam.

Pada motor DC, daerah kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya berlangsung melalui medan magnet, dengan demikian medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan energi, medan magnet juga berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses perubahan energi, daerah tersebut dapat dilihat pada gambar 2.21.



Gambar 2. 21 Prinsip Kerja dari Motor DC
(Sumber: http://digilib.unila.ac.id/9241/15/BAB%20II.pdf)

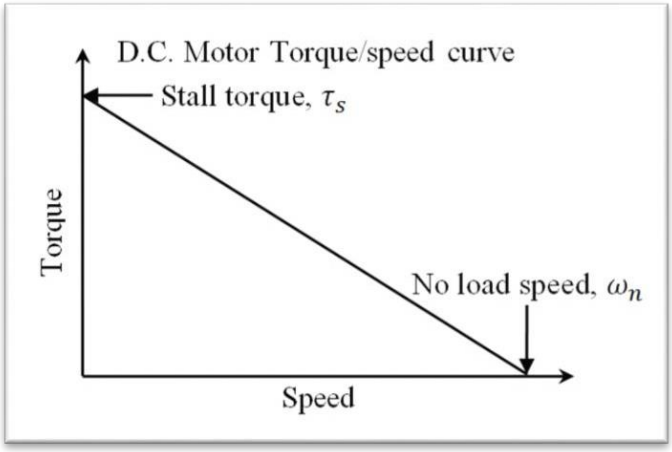
Agar proses perubahan energi mekanik dapat berlangsung secara sempurna, maka tegangan sumber harus lebih besar daripada tegangan gerak yang disebabkan reaksi. Dengan memberi arus pada kumparan jangkar yang dilindungi oleh medan maka menimbulkan perputaran pada motor.

Mekanisme kerja untuk motor DC, sebagai berikut:

1. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.
2. Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/*loop,* maka kedua sisi *loop,* yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapat gaya pada arah yang berlawanan.
3. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/torque untuk memutar kumparan.
4. Motor-motor memiliki beberapa *loop* pada dinamonya untuk memberikan tenaga putar yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

2.7.3 Karakteristik Motor DC

Karakteristik motor DC dapat digambarkan melalui kurva daya dan kurva kecepatan, dari kurva tersebut dapat dianalisa batasan-batasan kerja dari motor serta daerah kerja optimum dari motor tersebut.



Gambar 2. 22 Kurva Torsi dan Kecepatan Motor DC
(Sumber: http://digilib.unila.ac.id/9241/15/BAB%20II.pdf)

Pada gambar 2.22 terlihat hubungan antara torsi dan kecepatan suatu motor DC tertentu. Dari grafik terlihat bahwa torsi berbanding terbalik dengan kecepatan putaran. Dengan kata lain terdapat *tradeoff* antara besar torsi yang dihasilkan motor dengan kecepatan putaran motor.

Dua karakteristik penting terlihat dari grafik yaitu:

1. *Stall torque*, menunjukkan titik pada grafik dimana torsi maksimum tetapi tidak ada putaran pada motor.
2. *No load speed*, menunjukkan titik pada grafik dimana terjadi kecepatan putaran maksimum tetapi tidak ada beban pada motor.

Analisa terhadap grafik dilakukan dengan menghubungkan kedua titik tersebut dengan sebuah garis, dimana persamaan garis tersebut dapat di tulis di dalam fungsi torsi atau kecepatan sudut.

$$\tau_{motor} = \frac{1}{2}\tau_s \quad (2.1)$$

$$\omega_{motor} = \frac{1}{2}\omega_n \quad (2.2)$$

$$\tau_{motor} = \tau_s - \frac{\omega\tau_s}{\omega_n} \quad (2.3)$$

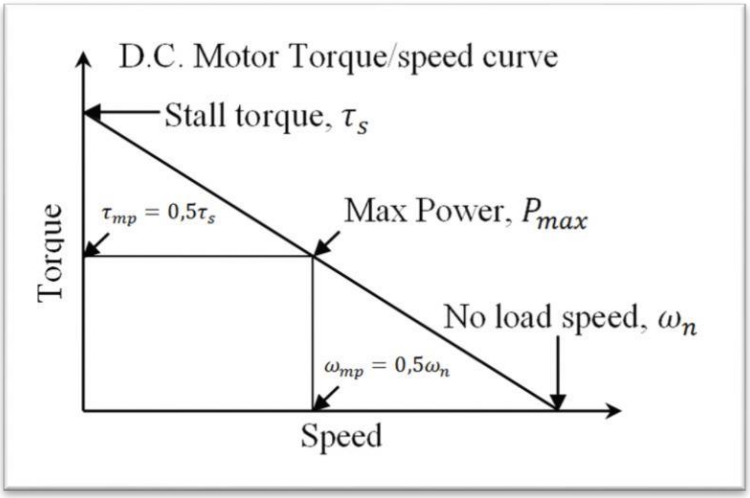
$$\omega_{motor} = (\tau_s - \tau).\frac{\omega_n}{\tau_s} \quad (2.4)$$

Dengan memasukkan persamaan torsi dan kecepatan kedalam persamaan daya diperoleh.

$$p_{motor} = -\frac{\tau_s}{\omega_n}\omega^2 + \tau_s\omega \quad (2.3)$$

$$p_{motor} = -\frac{\omega_n}{\tau_s}\tau^2 + \omega_n\tau \quad (2.4)$$

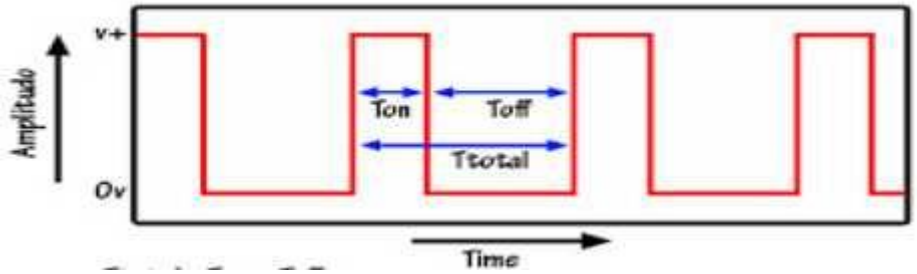
Dari persamaan daya terlihat bahwa daya merupakan perkalian antara torsi dan kecepatan sudut. Dimana di dalam grafik ditunjukkan oleh luas daerah persegi di bawah kurva torsi dan kecepatan.



Gambar 2. 23 Grafik Torsi dan Kecepatan Dengan Luas Daerah Persegi
(Sumber: http://digilib.unila.ac.id/9241/15/BAB%20II.pdf)

2.8 PWM (Pulse Width Modulation)

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, *audio effect* dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya.Aplikasi PWM berbasis mikrokontroler biasanya berupa pengendalian kecepatan motor DC, pengendalian motor servo, pengaturan nyala terang LED dan lain sebagainya. Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%).



Gambar 2. 24 Sinyal Pulse Width Modulation
(sumber :http://andri_mz.staff.ipb.ac.id/files/2013/11/sinyal-PWM-2.jpg)

Keterangan :

Ton = Waktu pulsa ”*High*”

Toff = Waktu pulsa “*Low*”

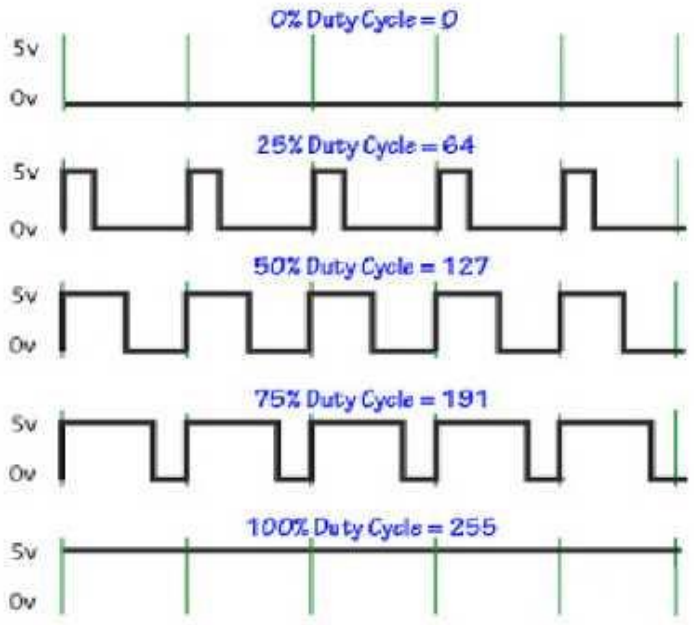
D = *Duty cycle* adalah lamanya pulsa *high* dalam satu perioda

Rumus : Ttotal = Ton + Toff

D =

Vout = X Vin

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan salah satu teknik untuk mendapatkan signal analog dari sebuah piranti digital. Sebenarnya Sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan banyak cara, dapat menggunakan metode analog dengan menggunakan rangkaian op-amp atau dengan menggunakan metode digital. Dengan metode analog setiap perubahan PWM-nya sangat halus, sedangkan menggunakan metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Resolusi adalah jumlah variasi perubahan nilai dalam PWM tersebut. Misalkan suatu PWM memiliki resolusi 8 bit berarti PWM ini memiliki variasi perubahan nilai sebanyak 28 = 256 variasi mulai dari 0 – 255 perubahan nilai yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut.

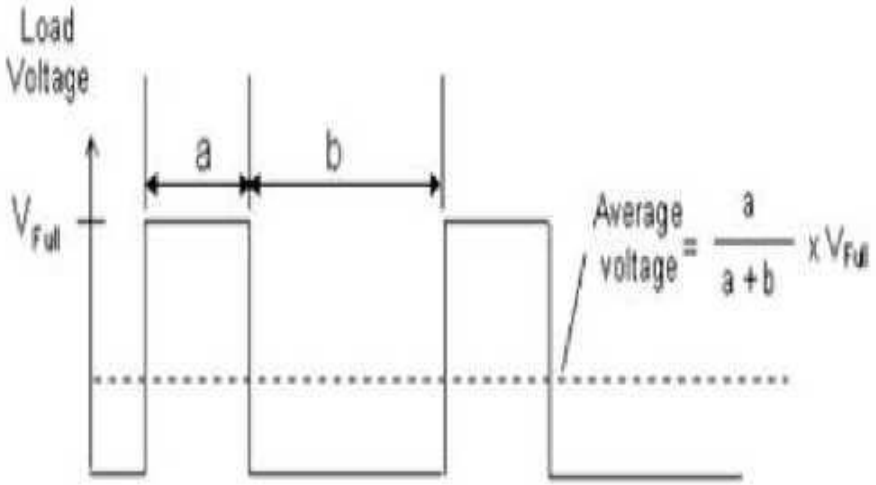


Gambar 2. 25 Pulsa Pulse Width Modulation
(Sumber: http://andri_mz.staff.ipb.ac.id/files/2013/11/pulsa-pwm-2.jpg)

Dengan cara mengatur lebar pulsa "*on*" dan "*off*" dalam satu perioda gelombang melalui pemberian besar sinyal referensi *output* dari suatu PWM akan didapat *duty cycle* yang diinginkan. *Duty cycle* dari PWM dapat dinyatakan sebagai:

$DutyCycle = t_{ON}/(t_{ON}+t_{OFF})x100\%$..... *(1)*

Duty cycle 100% berarti sinyal tegangan pengatur motor dilewatkan seluruhnya. Jika tegangan catu 100V, maka motor akan mendapat tegangan 100V. pada *duty cycle* 50%, tegangan pada motor hanya akan diberikan 50% dari total tegangan yang ada, begitu seterusnya. Untuk melakukan perhitungan pengontrolan tegangan output motor dengan metode PWM cukup sederhana sebagaimana dapat dilihat pada ilustrasi gambar 2.26 di bawah ini.



Gambar 2. 26 Perhitungan Pulse Width Modulation
(Sumber: http://andri_mz.staff.ipb.ac.id/files/2013/11/perhitungan-pwm.jpg)

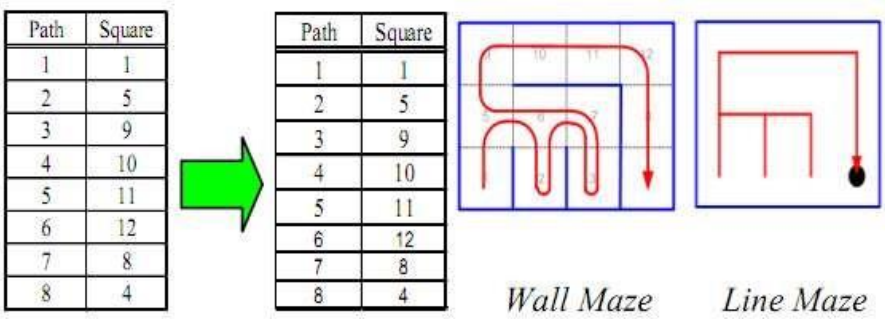
2.9 Metode *Simple Maze*

Metode *Simple Maze* merupakan metode paling mendasar yang mencetuskan metode yang lainnya. Di dalamnya beropsikan untuk berjalan mengikuti dinding kiri atau dinding kanan pada proses memetekan *maze* [5]. Penelusuran dinding kiri, Ketika pada robot lebih mengutamakan pembacaan sensor kiri untuk pedoman jalan robot, sedangkan pada penelusuran kanan, robot akan mengutamakan pembacaan sensor kanan. Berawal dari metode paling mendasar yaitu *simple maze,* memunculkan metode lain. Metode *flood fill*, yaitu dengan menganalogikan sebuah air yang ditumpahkan pada sebuah *maze.* Air akan mengisi ruangan kosong yang terdekat dengan pusat. Pengembangan metode selanjutnya yaitu metode *pledge,* metode ini di desain untuk rintangan melingkar dan memiliki arah awal untuk bergerak maju[12].

2.9.1 *Maze Mapping*

Maze mapping merupakan metode yang digunakan untuk *mapping*, yakni mencari dan menggambarkan peta jalan keluar dari *maze*. "There are two types of Wall Follower algorithm: left-hand rule and right-hand rule"[13]. *Maze mapping* pada umumnya diberbagai sumber menjelaskan dengan istilah *path mapping* yang konsep dasar dalam pencariannya mengikuti aturan *Wall Follower* atau *left/right hand rule*.

Path mapping adalah mode *Maze mapping* yang digunakan pada robot *Wall Follower*. Metode ini merupakan *the basic algorithm*. Terdapat pilihan untuk berjalan yaitu mengikuti dinding kiri atau dinding kanan pada proses memetakan *maze*.



Gambar 2.27 Cara Pemetaan Metode *Simple Maze*
(Sumber: Hendriawan dan Akbar, 2010:91)

Contoh salah satu kasus seperti ini dengan *maze* berupa *wall* dan menggunakan *right Wall Follower* sebagai metode pemetaannya, maka diperoleh:

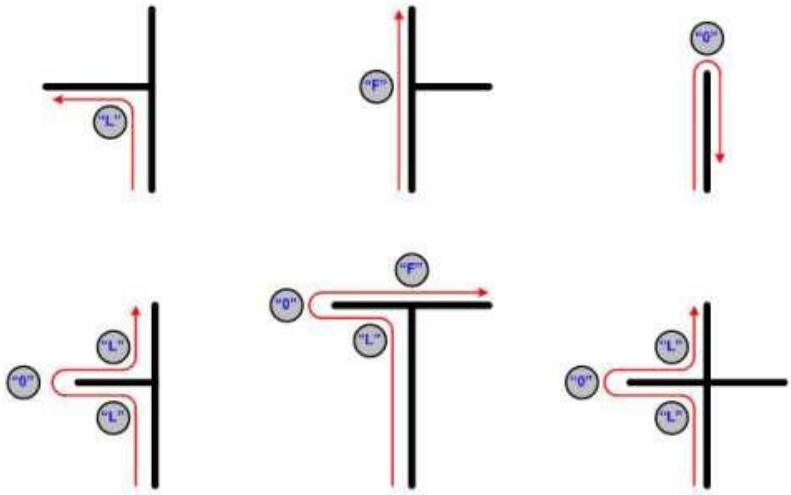
Hasil pemetaan : 1,5,6,2,6,7,3,7,6,5,9,10,11,12,8,4

Jalur terpendek : 1,5,9,10,11,12,8,4

Gambar 2.28 Jalur terpendek *wall Maze* dan *line Maze*

Prinsip dasar dari *maze mapping* ini adalah bahwa robot pada saat menjumpai persimpangan maka untuk aksinya robot akan mengutamakan belok kiri dibanding lurus atau belok kanan, bila tidak ada pilihan belok kiri maka lurus. Sehingga bila tidak dijumpai

pilihan belok kiri maka robot akan mengambil jalan lurus. Berikut adalah contoh gambar, bagaimana cara pemberian kode pada saat proses *mapping*.



Gambar 2.29 Posisi Saat Pemberian Kode

Pada saat mencari (*search),* robot akan melakukan proses *mappig* dengan cara memberikan kode pada setiap kali robot menjumpai persimpangan dan jalan yang terputus, lalu kode-kode tersebut disimpan dalam memori robot. Kode yang diberikan ini akan tersusun terus setiap kali robot berjumpa dengan persimpangan dan jalan yang terputus sampai dengan robot mencapai posisi target tujuan (*finish).* Adapun kode-kode yang digunakan pada saat *mapping* adalah:

- "L" berarti *left*. Ini menandakan bahwa robot telah melakukan belok kiri karena melewati persimpangan.
- "F" berarti *forward* atau jalan terus. Ini menandakan kalau robot melakukan jalan terus karena bertemu dengan persimpangan tiga dengan pilihan lurus atau belok kanan.
- "0" berarti robot berjumpa dengan jalan yang terputus dan berjalan kembali ke persimpangan yang terakhir.

Setelah kode-kode tersusun, maka untuk menemukan jalan keluar dari *maze* tersebut perlu dilakukan penyederhanaan, sehingga diperoleh susunan kode-kode yang baru. Kunci dari jalan keluar adalah bila tidak ada lagi kode "0". Itu mengartikan bahwa sudah tidak bertemu lagi dengan jalan terputus. Dalam melakukan penyederhanaan susunan kode-kode ini, diperlukan sebuah formulasi. Adapun formulasi tersebut adalah

sebagai berikut:

Konversi 1:

L-0-L = F	F-0-L = R	L-0-F = R	F-0-F = B

Konversi 2:

F-B = 0	F-B-F = 0	L-B-F = R	F-B-L = R
R-B-L = 0	L-B-L = F	L-0-R = B	R-0-L = B
L-B-R = 0			

Penyederhanaan prosesnya dilakukan bisa dengan satu kali konversi atau dua kali konversi. Pertama kali dilakukan dengan aturan konversi1, bila setelah dikonversi menemukan kode “B” maka harus disederhanakan lagi dengan aturan konversi2.