

BAB II
ROBOT BERODA PENGANGKUT BARANG
DAN KOMPONEN ROBOT

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian ini didasari dari penelitian sebuah terdahulu, baik dari jenis penelitian maupun teori yang digunakan, dan teknik metode penelitian yang digunakan penjelasannya dibawah ini sebagai berikut :

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

No	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil kajian Penelitian Terdahulu	Kesimpulan
1.	Rancang Bangun Robot Beroda Penghindar Halangan	Nauriana	Untuk membuat rancang bangun robot beroda penghindar halangan yang juga dapat melakukan pengiriman data jarak ke komputer dengan menggunakan antar muka serial.	Setelah dilakukan beberapa kali pengujian terhadap gerak robot dengan variasi posisi penghalang yang berbeda, melalui data yang didapat dan grafik yang dibuat dari hasil pengujian, dapat diketahui bahwa robot mampu menghindari halangan yang ada disekitarnya	Sistem minimum mikrokontroler AT89S51 sudah cukup memadai untuk dapat berfungsi sebagai pengendali untuk menanggapi perubahan sensor dan pengambilan keputusan gerak robot beroda menghindari halangan sekaligus melakukan perhitungan jarak yang terbaca oleh sensor

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil kajian Penelitian Terdahulu	Kesimpulan
2	Kendali Robot Dengan <i>Bluetooth Smartphone Android</i> Berbasis <i>Arduino Uno</i>	Yanolanda Suzantry H dan Yessi Mardiana	Tujuan utama dalam penelitian yang akan dicapai dari penulisan adalah terciptanya sebuah kendali Robot <i>Bluetooth</i> dengan <i>Smartphone Android</i> Berbasis <i>Arduino Uno</i> .	Robot ini menggunakan <i>Arduino uno</i> sebagai sistem pengendalian robot <i>Bluetooth Hc-05</i> , modul <i>Bluetooth</i> digunakan sebagai penerimaan perintah yang dikirim melalui <i>Smartphone Android</i> , motor DC difungsikan sebagai penggerak Robot yang dikendalikan menggunakan <i>Smartphone Android</i> menggunakan aplikasi <i>Boarduino</i> yang di <i>install</i> melalui <i>Playstore</i> .	Dalam pergerakan robot dapat diketahui hasil program pada <i>Arduino Uno</i> untuk pengendalian robot <i>Bluetooth</i> yang dapat di kendalikan oleh user melalui <i>Smartphone Android</i> . Berdasarkan koneksi antara robot <i>Bluetooth</i> dan <i>Smartphone Android</i> dapat diketahui jarak maksimalnya sebesar 24 meter dan status terhubung sebagian robot masih bisa dikendalikan.

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil kajian Penelitian Terdahulu	Kesimpulan
3.	Rancang Bangun Lengan Robot 5 DOF Penyeimbang Barang Menggunakan MPU-6050 Berbasis <i>Arduino DUE</i>	Agam Prima Utama	Rancang bangun lengan robot pada penelitian ini bertujuan untuk mengamati gerak menyeimbang di lengan robot.	Lengan robot 5 DOF penyeimbang barang dapat menyeimbangkan barang dengan cukup baik	Dari percobaan lengan robot, semakin besar nilai sudut yang dicapai maka akan semakin lama juga waktu tempuh atau penyesuaian lengan untuk menyeimbangkan.
4.	Implementasi Robot Keseimbangan Beroda Dua Berbasis Mikrokontroler	Grace Bobby, Erwin Susanto, dan Fiky Yosep Suratman	Mendesain suatu sistem kontrol yang handal agar robot dapat berdiri tegak. Untuk dapat menyeimbangkannya dibutuhkan metode kontrol yang baik dan handal untuk mempertahankan posisi robot dalam keadaan tegak lurus terhadap permukaan bumi tanpa memerlukan pengendali dari luar dan.	Dengan menggunakan 2 buah input pada proses fuzzifikasi dan menggunakan 16 <i>rules</i> , robot mampu mencapai kesetimbangan kembali (<i>steady state</i>) setelah mendapatkan gangguan dari luar. Pengujian robot keseimbangan dengan menggunakan kendali <i>fuzzy logic</i> dapat	Penggunaan filter pada sensor IMU dengan penggabungan sensor <i>Accelerometer</i> dan <i>Gyroscope</i> yaitu kalman filter, sangat berguna dan membantu dalam mengurangi noise dan drift pada sensor. Penggabungan sensor <i>Accelerometer</i> dan <i>Gyroscope</i>

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil kajian Penelitian Terdahulu	Kesimpulan
			menerapkan <i>Self-balancing Control</i>	membuat robot berdiri tegak pada pusat bumi dan robot mampu mencapai tujuan dari penelitian ini ialah mendesain suatu kontrol handal yang dapat membuat robot berdiri tegak.	menggunakan kalman filter memberikan nilai perhitungan sudut yang lebih baik dibandingkan perhitungan sudut langsung menggunakan <i>Accelerometer</i> atau <i>Gyroscope</i> .

Berdasarkan uraian tersebut, penulis melakukan penelitian tentang robot beroda pengangkut yang mana bak robot ini nantinya akan dipasang sensor *Gyroscope*. Sensor *Gyroscope* akan mengatur keseimbangan dari bak robot dalam menghadapi segala medan jalan, baik itu menanjak, menurun, maupun medan jalan yang miring. Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat membantu dalam pengangkutan barang yang kondisinya tidak boleh jatuh ataupun tumpah dalam menghadapi berbagai medan jalan.

2.2. Robotika

Istilah robot berasal dari bahasa Cekoslowakia. Kata robot berasal dari kosakata "*Robota*" yang berarti "kerja cepat". Istilah ini muncul pada tahun 1920 oleh seorang pengarang sandiwara bernama Karel Capek. Karyanya pada saat itu berjudul "*Rossum's Universal Robot*" yang artinya Robot Dunia milik Rossum. Rossum merancang dan membangun suatu bala tentara yang terdiri dari robot industri yang akhirnya menjadi terlalu cerdas dan akhirnya menguasai manusia.

Kata Robotika juga berasal dari novel fiksi sains “*runaround*” yang ditulis oleh Isaac Asimov pada tahun 1942. Sedangkan pengertian robot secara tepat adalah sistem atau alat yang dapat berperilaku atau meniru perilaku manusia dengan tujuan untuk menggantikan dan mempermudah kerja/aktifitas manusia.

Untuk dapat diklasifikasikan sebagai robot, maka robot harus memiliki dua macam kemampuan yaitu:

- 1) Bisa mendapatkan informasi dari sekelilingnya.
- 2) Bisa melakukan sesuatu secara fisik seperti bergerak atau memanipulasi objek.

Untuk dapat dikatakan sebagai robot sebuah sistem tidak perlu untuk meniru semua tingkah laku manusia, namun suatu sistem tersebut dapat mengadopsi satu atau dua dari sistem yang ada pada diri manusia saja sudah dapat dikatakan sebagai robot. Sistem yang diadopsi dapat berupa sistem penglihatan (mata), sistem pendengaran (telinga) ataupun sistem gerak.

Sebuah robot dapat saja dibuat untuk berbagai macam aktifitas, namun sebuah robot harus dibuat dengan tujuan untuk kebaikan manusia. Ada beberapa fungsi robot, sehingga manusia memerlukan kehadirannya yaitu:

- 1) Meningkatkan produksi, akurasi dan daya tahan. Robot ini banyak digunakan di industri.
- 2) Untuk tugas-tugas yang berbahaya, kotor dan beresiko. Robot ini digunakan ketika manusia tidak mampu masuk ke daerah yang beresiko. Seperti Robot Untuk menjelajah planet, robot untuk mendeteksi limbah nuklir, robot militer dll.
- 3) Untuk pendidikan. Banyak robot yang digunakan untuk menarik pelajar belajar teknologi seperti robot lego, dll.
- 4) Untuk menolong manusia. Seperti di rumah untuk membersihkan rumah pakai penghisap debu otomatis, di rumah sakit untuk menghantar makanan, membantu operasi, dll.

2.2.1. Jenis-jenis Robot

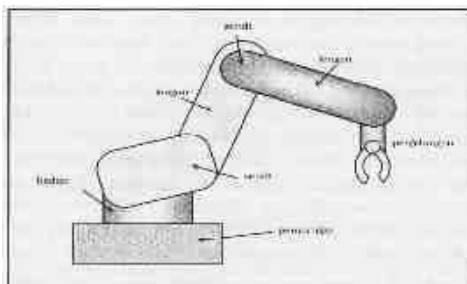
Secara umum, jenis robot dapat dibedakan dalam 4 kategori, yaitu :

2.2.1.1. *Non-mobile Robot*

Robot ini tidak dapat berpindah posisi dari satu tempat ke tempat lainnya, sehingga robot tersebut hanya dapat menggerakkan beberapa bagian dari tubuhnya dengan fungsi tertentu yang telah dirancang.

Contoh:

Robot Industri Anatomi robot industri secara umum dapat diilustrasikan seperti pada gambar 2.1. Robot industri yang diilustrasikan ini adalah robot tangan yang memiliki dua lengan (dilihat dari persendian), dan pergelangan. Di ujung pergelangan dapat diinstal berbagai tool sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Jika dipandang dari sudut pergerakan maka terdiri dari tiga pergerakan utama, yaitu badan robot yang dapat berputar ke kiri dan kanan, lengan yang masing-masing dapat bergerak rotasi ke arah atas dan bawah, dan gerak pergelangan sesuai dengan sifat *tool*.



Gambar 2.1. Anatomi robot industri

(<https://muhnabil.wordpress.com/2012/06/28/definisi-robot-dan-jenis-jenis-robot/>)

2.2.1.2. *Mobile Robot*

Mobile dapat diartikan bergerak, sehingga robot ini dapat memindahkan dirinya dari satu tempat ke tempat lain. Robot ini merupakan robot yang paling populer dalam dunia penelitian robotika.

Dari segi manfaat, robot ini diharapkan dapat membantu manusia dalam melakukan otomasi dalam transportasi, platform bergerak untuk robot industri, eksplorasi tanpa awak, dan masih banyak lagi.

Contoh :

Robot Line Tracker *Robot line tracker* merupakan robot yang dapat bergerak mengikuti track berupa garis hitam setebal ± 3 cm. Untuk membaca garis, robot dilengkapi dengan sensor *proximity* yang dapat membedakan antara garis hitam dengan lantai putih. Sensor *proximity* ini dapat dikalibrasi untuk menyesuaikan pembacaan sensor terhadap kondisi pencahayaan ruangan. Sehingga pembacaan sensor selalu akurat. Agar pergerakan robot menjadi lebih halus, maka kecepatan robot diatur sesuai dengan kondisi pembacaan sensor *proximity*. Jika posisi robot menyimpang dari garis, maka robot akan melambat. Namun jika robot tepat berada diatas garis, maka robot akan bergerak cepat. Robot juga dapat kembali ke garis pada saat robot terlepas sama sekali dari garis. Hal ini bisa dilakukan karena robot selalu mengingat kondisi terakhir pembacaan sensor. Jika terakhir kondisinya adalah disebelah kiri garis, maka robot akan bergerak ke kanan, demikian pula sebaliknya.



Gambar 2.2 *Robot line tracker*

(<https://www.andalanelektro.id/2021/02/skema-rangkaian-robot-line-follower-4-sensor.html>)

Flying Robot (Robot Terbang) Robot yang mampu terbang, robot ini menyerupai pesawat model yang diprogram khusus untuk memonitor keadaan di tanah dari atas, dan juga untuk meneruskan komunikasi.



Gambar 2.3 *Flying robot (robot terbang)*

(<http://ug-komputer.blogspot.com/2015/01/defini-robot-jenis-jenis-robot.html>)

Under Water Robot (Robot dalam air)

Robot ini digunakan di bawah laut untuk memonitor kondisi bawah laut dan juga untuk mengambil sesuatu di bawah laut.



Gambar 2.4 *Under water robot (robot dalam air)*
(<https://pureadvantage.org/underwater-robots/>)

2.2.1.3. Kombinasi *Mobile* dan *Non-Mobile Robot*

Robot ini merupakan penggabungan dari fungsi-fungsi pada robot mobile dan non-mobile. Sehingga keduanya saling melengkapi dimana robot nonmobile dapat terbantu fungsinya dengan bergerak dari satu tempat ketempat yang lain.



Gambar 2.5 Robot kombinasi *mobile* dan *non-mobile*
(<https://steemkr.com/engineering/@alfaruq/robots-and-a-variety-of-robots>)

2.2.1.4. *Humanoid*

Sebuah robot *humanoid* adalah robot otonom yang dapat beradaptasi dengan perubahan lingkungan atau dirinya sendiri. Ini merupakan perbedaan utama antara jenis humanoid dan jenis robot. Dalam konteks, robot *humanoid* dapat mencakup, antara lain:

- Dapat merawat dirinya sendiri (seperti pengisian sumber tenaga sendiri).

- Dapat belajar otonom (belajar atau memiliki kemampuan baru tanpa bantuan dari luar (manusia), menyesuaikan diri berdasarkan lingkungan dan beradaptasi dengan lingkunganyang baru).
- Dapat menghindari hal-hal yang berbahaya bagi manusia, properti, dan dirinya sendiri.
- Dapat berinteraksi dengan manusia dan lingkungan.

Seperti robot mekanis lainnya, humanoid mengacu pada komponen dasar sebagai berikut : *Sensing* (Penginderaan), *Actuating*, *Planning* (Perencanaan) dan *Controlling* (Pengendalian). Karena untuk mensimulasikan struktur, perilaku manusia dan sistem otonomi, sebagian besar robot *humanoid* lebih kompleks dibandingkan jenis robot lainnya.



Gambar 2.6 Robot *humanoid*
(https://id.wikipedia.org/wiki/Robot_humanoid)

2.3. Arduino

Arduino merupakan sebuah platform dari physical computing yang bersifat open source. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembang, tetapi merupakan kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment (IDE)* yang canggih dari IDE adalah sebuah *Software* yang berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan mengupload ke dalam *memory microcontroler*.

2.2.1. Arduino Uno

Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328 (*datasheet*). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator

kristal, koneksi USB, *jack power*, *ICSP header*, dan tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya. Setiap 14 pin digital pada arduino uno dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalwrite()*, dan *digitalRead()*. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 volt, Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor *pull-up* (terputus secara default) 20-50 kOhm.



Gambar 2.7. *Arduino uno*
(<http://jagootomasi.com/apakah-itu-arduino/>)

Tabel 2.2 Bagian-Bagian Arduino Uno

Bagian-bagian	Keterangan
Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan pengoperasian	5 V
Tegangan <i>Input</i> yang disarankan	7-12 V
Batas Tegangan <i>Input</i>	6-12 V
Jumlah Pin I/O Digital	14 Pin Digital (6 diantaranya menyebabkan keluaran PWM)
Jumlah Pin Input Analog	6 pin
Arus DC tiap Pin I/O	40 mA

Tabel 2.2 Bagian-Bagian Arduino Uno(Lanjutan)

Bagian-bagian	Keterangan
Arus DC untuk 3,3 Volt	50 mA
<i>Memory Flash</i>	32 KB
<i>SRAM</i>	2 KB
<i>EPROM</i>	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

- **Komunikasi**

Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan computer, *Arduino Uno* lain, atau mikrokontroler lain. ATmega3282 ini menyediakan UART TTL (5v) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX dan 1 (TX)).

- ***Input dan Output***

Input dan Output 3 Setiap 14 pin digital pada ArduinoUno dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. *Input/output* dioperasikan pada 5 volt. Setiap pin dapat menghasilkan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki internal *pull-up* resistor 20-50 Kohms.

- **Catu Daya**

Arduino Uno dapat beroperasi melalui koneksi USB atau *power supply*. Dalam penggunaan *power supply* dapat menggunakan adaptor DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan jack adaptor pada koneksi *port input supply*.

- ***Memory***

Arduino memiliki 32 KB *flash memory* 4 untuk menyimpan kode, juga 2 KB yang digunakan untuk *bootloader*. *Arduino* memiliki 2 KB untuk SRAM dan 1 KB untuk EEPROM.

- **Komunikasi Serial**

Komunikasi serial merupakan komunikasi data dengan pengiriman data satu persatu pada satuan waktu. Transmisi data pada komunikasi serial dilakukan per bit.

- **Perangkat Lunak (Arduino Software)**

Lingkungan *open-source Arduino* atau *Arduino IDE5* memudahkan untuk menulis kode dengan meng-upload ke *I/O board*. Ini berjalan pada *Windows*, *Mac OS X*, dan *Linux*. Berdasarkan pengolahan, *avr-gcc*, dan perangkat lunak *open-source* lainnya.

- **Pemrograman**

Arduino Uno dapat diprogram dengan perangkat lunak *Arduino*. Pilih *Arduino Uno* dari *Tool* lalu sesuaikan dengan *Microcontroller* yang digunakan.

- **Automatic Software Reset**

Tombol *reset Arduino Uno* dirancang dengan cara yang memungkinkan untuk mengatur ulang oleh perangkat lunak yang berjalan pada computer yang terhubung.

2.2.2. Arduino Nano

Arduino Nano adalah salah satu board mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan *breadboard*. *Arduino Nano* diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328 (untuk *Arduino Nano* versi 3.x) atau Atmega 16(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 2.8 *Arduino nano*
(<https://components101.com/microcontrollers/arduino-nano>)

Konfigurasi Pin Arduino Nano

Arduino Nano memiliki 30 Pin. Berikut Konfigurasi pin *Arduino Nano*:

- VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya digital.
- GND merupakan pin *ground* untuk catu daya digital.
- AREF merupakan Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan fungsi *analogReference()*.
- *RESET* merupakan Jalur *LOW* ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada *shield* yang menghalangi papan utama *Arduino*.
- Serial RX (0) merupakan pin sebagai penerima TTL data serial.
- Serial TX (1) merupakan pin sebagai pengirim TT data serial.
- *External Interrupt* (Interupsi Eksternal) merupakan pin yang dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubahan nilai.
- Output PWM 8 Bit merupakan pin yang berfungsi untuk *dataanalogWrite()*.
- SPI merupakan pin yang berfungsi sebagai pendukung komunikasi.
- LED merupakan pin yang berfungsi sebagai pin yang diset bernilai HIGH, maka LED akan menyala, ketika pin diset bernilai LOW maka LED padam. LED Tersedia secara built-in pada papan *Arduino Nano*.

- *Input Analog* (A0-A7) merupakan pin yang berfungsi sebagai pin yang dapat diukur/diatur dari mulai *Ground* sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan fungsi *analogReference()*.

Tabel 2.3 Konfigurasi Pin *Arduino Nano*

Nomor Pin <i>Arduino Nano</i>	Nama Pin <i>Arduino</i>
1	<i>Digital Pin 0 (TX)</i>
2	<i>Digital Pin 0 (RX)</i>
3 & 28	<i>Reset</i>
4 & 29	<i>Ground</i>
5	<i>Digital Pin 2</i>
6	<i>Digital Pin 3 (PWM)</i>
7	<i>Digital Pin 4</i>
8	<i>Digital Pin 5 (PWM)</i>
9	<i>Digital Pin 6 (PWM)</i>
10	<i>Digital Pin 7</i>
11	<i>Digital Pin 8</i>
12	<i>Digital Pin 9 (PWM)</i>
13	<i>Digital Pin 10 (PWM-SS)</i>
14	<i>Digital Pin 11 (PWM-MOSI)</i>
15	<i>Digital Pin 12 (MISO)</i>
16	<i>Digital Pin 13 (SCK)</i>
17	<i>3,3 V</i>
18	<i>AREF</i>
19	<i>Analog Input 0</i>
20	<i>Analog Input 1</i>
21	<i>Analog Input 2</i>
22	<i>Analog Input 3</i>
23	<i>Analog Input 4</i>
24	<i>Analog Input 5</i>
25	<i>Analog Input 7</i>
26	<i>Analog Input 0</i>
27	<i>5 V</i>
30	<i>Vin</i>

Berikut ini adalah spesifikasi yang dimiliki oleh *Arduino Nano*:

- 1) Chip Mikrokontroler menggunakan ATmega328p atau ATmega168.
- 2) Tegangan operasi sebesar 5 volt.
- 3) Tegangan input (yang disarankan) sebesar 7 volt – 12 volt.
- 4) Terdapat pin digital I/O 14 buah dan 6 diantaranya sebagai output PWM.

- 5) 8 Pin *Input Analog*.
- 6) 40 Ma Arus DC per pin I/O.
- 7) *Flash Memory* 16KB (Atmega168) atau 32KB (Atmega328) 2KB digunakan oleh *Bootloader*.
- 8) 1 KbyteSRAM (Atmega168) atau 2 Kbyte 32KB (Atmega328).
- 9) 512 Byte EEPROM (Atmega168) atau 1 Kbyte (Atmega328).
- 10) 16MHz Clock Speed.
- 11) Ukuran 1.85cm x 4.3cm.

2.2.3. Mikrokontroler ATmega328

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umunya dapat menyimpan program didalamnya. Mikrokontroler umumnya terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya.



Gambar 2.9 Bentuk fisik ATmega328
(<https://www.bukalapak.com/products/s/atmega328-atmega-328>)

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*).

Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain :

- 1) 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
- 2) 32 x 8-bit *register* serba guna.

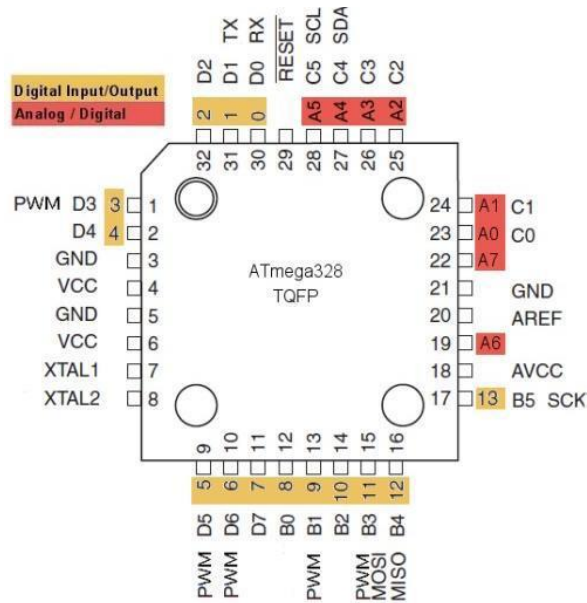
- 3) Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan clock 16 MHz
- 4) 32 KB *Flash memory* dan pada *arduino* memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari flash memori sebagai *bootloader*.
- 5) Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data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

Mikrokontroler ATmega 328 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 tidak 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. Register–register ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh.



Gambar 2.10 Konfigurasi pin ATMEGA328
 (<https://www.molliecoday.com/atmega-328-pin-diagram>)

Tabel 2.4 Fungsi Khusus *Port B*

Port	Fungsi
PB7	XTAL2 (Chip Clock Oscillator Pin 2) TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2) PCINT7 (Pin Change Interrupt 7)
PB6	XTAL1 (Chip Clock Oscillator pin 2) TOSC1 (Timer Oscillator Pin 2) PCINT6 (Pin Change Interrupt 6)
PB5	SCK(SPI Buss Master Clock Input) PCINT5 (Pin Change Interrupt 5)
PB4	MISO(SPI Bus Master Input) PCINT4 (Pin Change Interrupt 4)
PB3	MOSI(SPI Bus Master Out) OC2A (Timer/Conter2 Output) PCINT3 (Pin Change Interrupt 3)
PB2	SS (SPI Bus Master Slave Select) OC1B (Timer/Conter1 Output) PCINT2 (Pin Change Interrupt 2)
PB1	OC1A (Timer/Conter1 Output Compare A) PCINT1 (Pin Change Interrupt 1)
PB0	OCPI (Timer/Conter1 input Capture Input) CLKO (Divided Sytem Clock Output) PCINT0 (Pin Change Interrupt 0)

Tabel 2.5 Fungsi Khusus *Port C*

<i>Port</i>	<i>Fungsi</i>
PC6	<i>RESET (Reset Pin)</i> <i>PCINT14 (Pin Change Interrupt 14)</i> <i>ADC5(ADC Input Chanel 5)</i>
PC5	<i>SCL(2-Wire Serial Bus Clock line)</i> <i>PCINT13 (Pin Change Interrupt 13)</i> <i>ADC4(4DC Input Chanel 4)</i>
PC4	<i>SDA(2-Wire Serial Bus Clock line)</i> <i>PCINT12 (Pin Change Interrupt 12)</i>
PC3	<i>ADC3(4DC Input Chanel 3)</i> <i>PCINT11 (Pin Change Interrupt 11)</i>
PC2	<i>ADC2(4DC Input Chanel 3)</i> <i>PCINT10 (Pin Change Interrupt 10)</i>
PC1	<i>ADC1(4DC Input Chanel 1)</i> <i>PCINT9S (Pin Change Interrupt 9)</i>
PC0	<i>ADCO0(4DC Input Chanel 0)</i> <i>PCINTS(Pin Change Interrupt 8)</i>

Tabel 2.6 Fungsi Khusus *Port D*

<i>Port</i>	<i>Fungsi</i>
PD7	<i>AINI (Analog Comparator Negative Input)</i> <i>PCINT23 (Pin Change Interrupt 23)</i>
PD6	<i>AINO(Analog Comparator Positive Input)</i> <i>OCOA (Timer0 Output compare Match B)</i> <i>PCINT22(Pin Change Interrupt 22)</i>
PD5	<i>T1(imer I Extemal Counter Input)</i> <i>OCOB (Timer0 Output compare Match B)</i> <i>PCINT21 (Pin Change Interrupt 21)</i>
PD4	<i>XCK (USART External Clock Input/Output)</i> <i>T0(Timer 0 Extemal Counter Input)</i> <i>PCINT20 (Pin Change Interrupt 20)</i>
PD3	<i>INTI (External Internupt I Input)</i> <i>OC2B (Timer? Output compare Match B)</i> <i>PCINT19 (Pin Change Interrupt 19)</i>
PD2	<i>INTO (External Internupt 0 Input)</i> <i>PCINT1S (Pin Change Interrupt 18)</i>
PD1	<i>TXD (USART Output Pin)</i> <i>PCINT17(Pin Change Interrupt 17)</i>
PD0	<i>RXD (USART Input Pin)</i> <i>PCINT16 (Pin Change Interrupt 16)</i>

2.4. *Driver L298N*

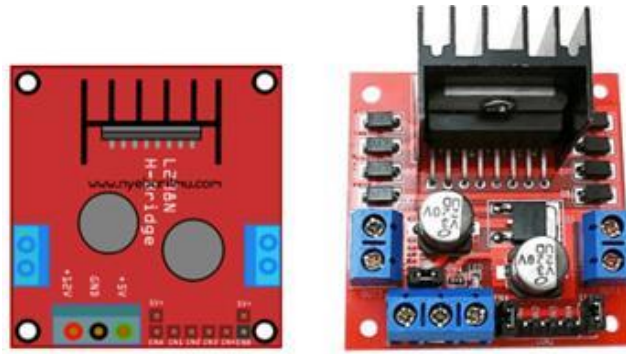
Driver motor L298N merupakan *module driver* motor DC yang paling banyak digunakan atau dipakai di dunia elektronika yang difungsikan untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC. IC L298 merupakan sebuah IC tipe *Hbridge* yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC dan motor *stepper*. Pada IC L298 terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang nand yang berfungsi untuk memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor dc maupun motor stepper. Untuk dipasaran sudah terdapat modul driver motor menggunakan ic l298 ini, sehingga lebih praktis dalam penggunaannya karena pin I/O nya sudah terpackage dengan rapi dan mudah digunakan. Kelebihan akan modul driver motor L298N ini yaitu dalam hal kepresisian dalam mengontrol motor sehingga motor lebih mudah untuk dikontrol.

L298 adalah jenis IC *driver* motor yang dapat mengendalikan arah putaran dan kecepatan motor DC ataupun Motor *stepper*. Mampu mengeluarkan output tegangan untuk Motor dc dan motor stepper sebesar 50 volt. IC l298 terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang nand yang memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor dc dan motor stepper. Dapat mengendalikan 2 untuk motor dc namun pada hanya dapat mengendalikan 1 motor *stepper*. Penggunaannya paling sering untuk robot *line follower*. Bentuknya yang kecil memungkinkan dapat meminimalkan pembuatan robot line follower. Sesuai dengan namanya, Module L298N *Dual H-Bridge Driver* Motor ini berfungsi untuk "mendrive" atau menyetir atau dengan kata lain mempermudah kita dalam urusan mengontrol motor DC menggunakan mikrokontroler. Kita tau bahwa logic level output dari mikrokontroler yaitu 3.3V dan 5V dengan arus yang sangat terbatas, sehingga tidak bisa mengendalikan motor secara langsung apalagi motor tersebut membutuhkan level tegangan dan arus yang lebih besar, jika motor DC kecil saja tapi itu juga beresiko. Oleh sebab itu dalam mengendalikan motor menggunakan mikrokontroler maka diperlukan sebuah Driver.

Driver L298N Memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- a. Tipe : *Dual H-Bridge*
- b. *IC Driver* : L298N

- c. *Logic voltage* : 5V DC
- d. *Drive voltage* : 5-35V DC
- e. *Logical current* : 0mA-36mA
- f. *Driving current* : 2A (MAX single bridge)
- g. Temperatur : -20 C – 135 C
- h. Power maksimum: 25W
- i. Berat : 30g
- j. Ukuran : 43 x 43 x 27mm ;
 - *Type* : *Dual H-Bridge*, Atau dapat kita katakan bahwa dengan *Module Driver* ini kita dapat mengontrol dua buah motor sekaligus.
 - IC Driver : L298N.
 - *Logic Voltage* : 5V, Yang artinya untuk mengontrol *Module Driver* ini butuh *logic* kontrol tangan tegangan 5V (jika HIGH maka setara dengan 5V atau 0V ketika berlogika LOW).
 - *Drive voltage* : 5-35V DC, yang artinya kita bisa mengendalikan motor DC dengan tegangan antara 5-35V.
 - *Logical current* : 0mA-36mA, artinya arus dari logic tegangan cukup hanya 0mA sampai dengan 36mA (contoh arus dari Pin Digital arduino maksimal adalah 40mA yang artinya lebih dari cukup).
 - *Driving current* : 2A (MAX single bridge) Artinya Modul ini mampu untuk mendrive motor DC dengan arus memcapai 2A dengan syarat hanya menggunakan satu motor saja.
 - Temperatur : -20 C – 135 C, Module ini mampu bekerja di suhu -20'C sampai 135'C menurut datasheet (Sebagai acuan, air membeku pada suhu 0'C dan mendidih pada suhu 100'C).
 - *Power* maksimum: 25W, Artinya daya yang mampu di-drive oleh Driver motor L298N ini adalah sebesar maksimum 25W.
 - Berat : 30g.
 - Ukuran : 43mm x 43mm x 27mm, Cukup berukuran minimalis dan memiliki desain yang menarik juga kokoh.



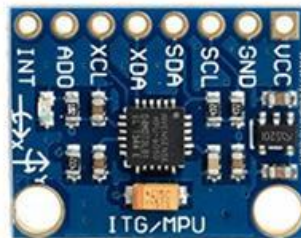
Gambar 2.11 Driver L298N

(<https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-driver-motor-l298n/>)

2.5. Sensor *Gyroscope* MPU-6050

Gyroscope merupakan sensor yang berfungsi untuk menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada roda yang berotasi dengan cepat pada sumbu yang berdasarkan momentum sudut. *Gyroscope* memiliki keluaran berupa kecepatan sudut dari arah 3 sumbu yaitu, sumbu x yang nantinya akan menjadi sudut *phi* (kanan dan kiri) dari sumbu y nantinya menjadi sudut *theta* (atas dan bawah), dan sumbu z nantinya menjadi sudut *psi* (depan dan belakang).

MPU 6050 adalah chip IC inverse yang didalamnya terdapat sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope* yang sudah terintegrasi. *Accelerometer* digunakan untuk mengukur percepatan, percepatan gerakan dan juga percepatan gravitasi. *Accelerometer* sering digunakan untuk menghitung sudut kemiringan, dan hanya dapat melakukan dengan nyata ketika statis dan tidak bergerak. Untuk mendapatkan sudut akurat kemiringan, sering dikombinasikan dengan satu atau lebih gyro dan kombinasi data yang digunakan untuk menghitung sudut. *Gyroscope* adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, yang berlandaskan pada prinsip-prinsip momentum sudut.



Gambar 2.12 MPU-6050

(<https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-module-accelorometer-gyroscope-mpu6050/>)

Kemampuan sensor ini dapat dikatakan akurat karena terdapat hardware yang bekerja untuk mengkonversi data analog ke digital yang memiliki resolusi 16-bit pada masing-masing chanelnya. Sehingga modul ini mampu untuk membaca data dari chanel X, Y, dan Z secara bersamaan dalam 1 waktu.

MPU-6050 *Module* adalah sebuah modul berinti MPU-6050 yang merupakan 6 axis Motion Processing Unit dengan penambahan regulator tegangan dan beberapa komponen pelengkap lainnya yang membuat modul ini siap dipakai dengan tegangan supply sebesar 3-5 VDC. Modul ini memiliki interface I2C yang dapat disambungkan langsung ke MCU yang memiliki fasilitas I2C.


Sensor MPU-6050 berisi sebuah MEMS *Accelerometer* dan sebuah MEMS Gyro yang saling terintegrasi. Sensor ini sangat akurat dengan fasilitas hardware internal 16 bit ADC untuk setiap kanalnya. Sensor ini akan menangkap nilai kanal axis X, Y dan Z bersamaan dalam satu waktu.

Berikut adalah spesifikasi dari Modul ini :

- Berbasis *Chip* MPU-6050
- *Supply* tegangan berkisar 3-5V
- *Gyroscope* range + 250 500 1000 2000 ° / s
- *Acceleration* range: $\pm 2 \pm 4 \pm 8 \pm 16$ g
- *Communication standard* I2C
- *Chip built-in* 16 bit AD converter, 16 bits data output
- Jarak antar pin header 2.54 mm
- Dimensi modul 20.3mm x 15.6mm

Sensor *Gyroscope* adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, dengan prinsip ketetapan momentum sudut. Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan di dalamnya yang tetap stabil. *Gyroscope* sering digunakan pada robot atau helikopter dan alat-alat canggih lainnya. *Gyroscope* adalah berupa sensor *gyro* untuk menentukan orientasi gerak dengan berumpu pada roda atau cakram yang berotasi dengan cepat pada sumbu. Dengan menggunakan kombinasi *Accelerometer* dan *Gyroscope* pada suatu sistem maka *Accelerometer* dapat memberikan pengukuran sudut saat sistem berada pada kondisi diam. Sedangkan pada saat sistem berotasi *Accelerometer* tidak bisa bekerja secara maksimal karena memiliki respon yang

lambat. Kelemahan inilah yang dapat diatasi oleh *Gyroscope* karena sensor ini dapat membaca kecepatan sudut yang dinamis. Namun *Gyroscope* juga memiliki kelemahan yaitu proses perpindahan kecepatan sudut dalam jangka waktu yang panjang menjadi tidak akurat karena ada efek bias yang dihasilkan oleh *Gyroscope*. Contoh aplikatif kombinasi *Accelerometer* dan *Gyroscope* yaitu pada perangkat iPhone yang mengkombinasikan 2 sensor tersebut. Dari kombinasi *Accelerometer* dan *Gyroscope* didapatkan 6 sumbu pendeteksian yaitu 3 sumbu rotasi (x, y, z) dan 3 sumbu linier (atas-bawah, kanan-kiri, depanbelakang). Output dari kombinasi sensor ini berupa gambar yang sangat detail dan halus gerakannya dibandingkan dengan *Smartphone* yang hanya menggunakan *Accelerometer* saja. *Inertial Measurement Unit* (IMU) merupakan alat yang memanfaatkan sistem pengukuran seperti gyroskop dan akselerometer untuk memperkirakan posisi relatif, kecepatan, dan akselerasi dari gerakan motor. IMU adalah bagian dari navigasi system yang dikenal sebagai *Inertial Navigation System* atau INS. Pertama kali didemonstrasikan oleh C.S. Draper tahun 1949, IMU menjadi komponen navigasi umum dari bidang dan kapal. GY-521 adalah sebuah modul *Inertial Measurement Unit* (IMU) yang menggunakan chip MPU-6050 dari *InvenSense*. MPU-6050 sendiri adalah chip dengan 3-axis *Accelerometer* (sensor percepatan) dan 3-axis *Gyroscope* (pengatur keseimbangan), atau dengan kata lain 6 *degrees of freedom* (DOF) IMU.

	MPU-6000/MPU-6050 Product Specification	Document Number: PS-MPU-6000A-00 Revision: 3.4 Release Date: 08/19/2013
---	--	---

6.5 Electrical Specifications, Continued

Typical Operating Circuit of Section 7.2, VDD = 2.375V-3.46V, VLOGIC (MPU-6050 only) = 1.8V±5% or VDD, TA = 25°C

Parameters	Conditions	Typical	Units	Notes
Primary I²C I/O (SCL, SDA)				
V _{IL} , LOW-Level Input Voltage	MPU-6000	-0.5 to 0.3*VDD	V	
V _{IH} , HIGH-Level Input Voltage	MPU-6000	0.7*VDD to VDD + 0.5V	V	
V _{HY} , Hysteresis	MPU-6000	0.1*VDD	V	
V _{IL} , LOW Level Input Voltage	MPU-6050	-0.5V to 0.3*VLOGIC	V	
V _{IH} , HIGH-Level Input Voltage	MPU-6050	0.7*VLOGIC to VLOGIC + 0.5V	V	
V _{HY} , Hysteresis	MPU-6050	0.1*VLOGIC	V	
V _{OL} , LOW-Level Output Voltage	3mA sink current	0 to 0.4	V	
I _{OL} , LOW-Level Output Current	V _{OL} = 0.4V	3	mA	
	V _{OL} = 0.6V	5	mA	
Output Leakage Current		100	nA	
t _{df} , Output Fall Time from V _{IHIGH} to V _{ILMIN}	C _b bus capacitance in pF	20+0.1C _b to 250	ns	
C _b , Capacitance for Each I/O pin		< 10	pF	
Auxiliary I²C I/O (AUX_CL, AUX_DA)				
V _{IL} , LOW-Level Input Voltage	MPU-6050: AUX_VDDIO=0	-0.5V to 0.3*VLOGIC	V	
V _{IH} , HIGH-Level Input Voltage		0.7*VLOGIC to VLOGIC + 0.5V	V	
V _{HY} , Hysteresis		0.1*VLOGIC	V	
V _{OL} , LOW-Level Output Voltage	VLOGIC > 2V; 1mA sink current	0 to 0.4	V	
V _{OL} , LOW-Level Output Voltage	VLOGIC < 2V; 1mA sink current	0 to 0.2*VLOGIC	V	
I _{OL} , LOW-Level Output Current	V _{OL} = 0.4V	1	mA	
	V _{OL} = 0.6V	1	mA	
Output Leakage Current		100	nA	
t _{df} , Output Fall Time from V _{IHIGH} to V _{ILMIN}	C _b bus capacitance in pF	20+0.1C _b to 250	ns	
C _b , Capacitance for Each I/O pin		< 10	pF	

Gambar 2.13 Data sheet MPU-6050

Selain itu MPU-6050 sendiri sudah memiliki Digital Motion Processors (DMP), yang akan mengolah data mentah dari masing-masing sensor. Sejumlah data tersebut akan diolah menjadi data dalam bentuk quaternions (4 Dimensi). DMP pada MPU-6050 juga berfungsi meminimalisasi error yang dihasilkan.

2.6. Sensor *Bluetooth* HC-06

Produk HC Serial *Bluetooth* terdiri dari seri *Bluetooth* modul antarmuka dan adaptor *Bluetooth*. Serial *Bluetooth* modul digunakan untuk mengubah port serial ke *Bluetooth*. Modul ini memiliki dua mode: perangkat *master* dan *slaver*. *Bluetooth* HC06 adalah *Bluetooth* yang memiliki komunikasi serial UART dalam penerimaan dan pengiriman datanya. *Bluetooth* HC06 memungkinkan dapat berkomunikasi langsung dengan mikrokontroler melalui jalur TX dan RX yang terdapat pada pin outnya. Pada dasarnya, *Bluetooth* HC06 hanya dapat dikonfigurasi sebagai *slave* tidak bisa digunakan sebagai *master*. Berikut adalah bentuk fisik dari *Bluetooth* HC06 ditunjukkan pada Gambar 2.10 Modul *Bluetooth* HC-06.



Gambar 2.14 Modul *bluetooth* HC-06

(<https://indonesian.alibaba.com/product-detail/HC-06-Blue-tooth-Module-Wireless-1600156769516.html>)

Bluetooth HC-06 memiliki spesifikasi sebagai berikut yang ditunjukkan oleh Tabel 2.13 Spesifikasi *Bluetooth* HC-06.

Tabel 2.7 Spesifikasi *Bluetooth* HC-06

Spesifikasi	Keterangan
Protokol Bluetooth	Bluetooth V2.0 protocol standard
Tingkat kekuatan	Class2(+6dBm)
Bandwidth	2.40GHz—2.48GHz, ISM Band
Sensitivitas penerima	-85dBm
Protokol USB	USB v1.1/2.0
Mode modulasi	Gauss frequency Shift Keying
Fitur keamanan	Otentikasi dan enkripsi
Kisaran tegangan operasi	+3.3V to +6V
Kisaran suhu operasi	-20°C to +55°C
Arus saat operasi	40mA

Kemudian Modul HC-06 memiliki enam pin seperti yang ditunjukkan pada pinout. Tetapi pada modul jenis ini biasanya banyak ditemukan hanya menggunakan 4 pin, berikut penjelasan dari setiap pinnya akan diterangkan oleh Tabel 2.14 Pin *Bluetooth* HC-06.

Tabel 2.8 Pin *Bluetooth* HC-06

Pin	Keterangan
Vcc	Dihubungkan ke tegangan +5V
Gnd	Dihubungkan ke <i>ground</i>
TXD	Data serial ditransmisikan melalui pin ini
RXD	Data serial diterima melalui pin ini

2.7. Motor Servo SG-90

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem *feedback*, dimana formasi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian control yang ada didalam motor servo. Servo terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian control. Servo dikendalikan melalui kabel kontrol dengan mengirimkan lebar pulsa (PWM). Kabel control digunakan untuk menentukan arah putar rotor kearah posisi tertentu.

**Gambar 2.15** Motor servo SG90

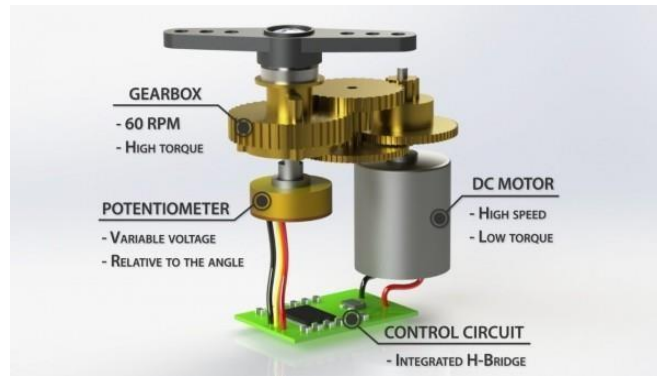
(<https://www.electronics-lab.com/project/using-sg90-servo-motor-arduino/>)

Terdapat dua jenis motor servo, yaitu motor servo standar 180° dan motor servo *continuous* 360° . Motor servo jenis standar hanya mampu bergerak 180° . Motor ini dapat berputar searah atau berlawanan dengan jarum jam dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi dari kanan – tengah – kiri adalah 180° . Sedangkan motor servo jenis *continuous* mampu bergerak 360° . Motor ini dapat berputar searah atau berlawanan dengan jarum jam tanpa batasan defleksi sudut putar. Spesifikasi Motor Servo SG90:

Tabel 2.9 Spesifikasi Motor Servo SG90

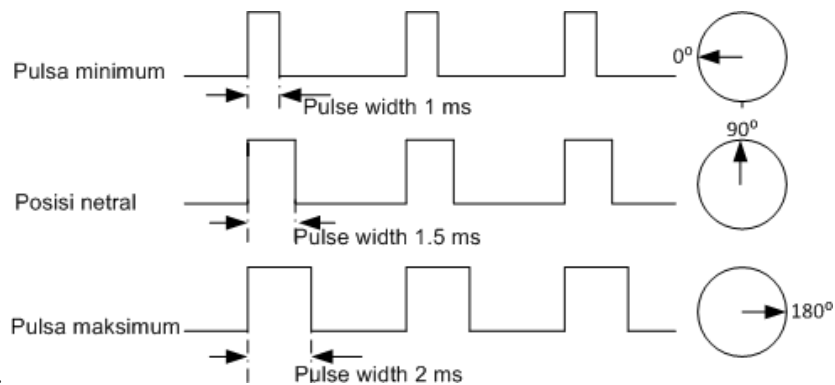
Parameter	Keterangan
Dimensi	23 x 29 x 12,2 mm
<i>Stall torque</i> (4,8 V)	1,6 kg/cm
<i>Dead band width</i>	10 mikro detik
kecepatan operasi	0.1 detik/ 60°
Tegangan kerja	4,8 V dan bekerja pada suhu 0° - 55°
Material gear	Nilon
Mode	Analog
Panjang kabel	150 mm

Motor servo bekerja dengan sistem umpan balik tertutup dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian control yang ada di dalam motor servo. Pada bagian dalamnya, motor servo terhubung dengan gearbox yang membuat motor servo memiliki torsi yang lebih kuat. Salah satu gear yang terhubung ke sebuah potensiometer yang akan membaca arah dan besarnya derajat posisi dari ujung *gearbox*. Potensiometer terhubung ke sebuah rangkaian yang akan mengendalikan arah putaran motor DC.



Gambar 2.16 Mesin kerja motor servo
(<https://www.insinyoer.com/cara-kerja-motor-servo/>)

Cara pengendalian motor servo adalah dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (*Pulse Wide Modulation / PWM*) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Semakin lebar pulsa *OFF* maka akan memutar poros motor servo searah jarum jam dan semakin kecil pulsa *OFF* maka akan memutar poros motor servo kearah yang berlawanan dengan jarum jam. Sinyal (PWM) terdiri dari tiga lebar pulsa yaitu 1 ms, 1.5 ms dan 2 ms seperti gambar dibawah ini



Gambar 2.17 Lebar pulsa motor servo
(<https://www.insinyoer.com/cara-kerja-motor-servo/>)

2.8. Motor DC

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor arus searah,

sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/directunidirectional. Motor DC adalah piranti elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak rotasi. Pada motor DC terdapat jangkar dengan satu atau lebih 23 kumparan terpisah. Tiap kumparan berujung pada cincin belah (komutator). Dengan adanya insulator antara komutator, cincin belah dapat berperan sebagai saklar kutub ganda (*double pole, double throw switch*). Motor DC bekerja berdasarkan prinsip gaya Lorentz, yang menyatakan ketika sebuah konduktor beraliran arus diletakkan dalam medan magnet, maka sebuah gaya (yang dikenal dengan gaya *Lorentz*) akan tercipta secara ortogonal diantara arah medan magnet dan arah aliran arus. Motor DC tersusun dari dua bagian yaitu bagian diam (stator) dan bagian bergerak (rotor). Stator motor arus searah adalah badan motor atau kutub magnet (sikat-sikat), sedangkan yang termasuk rotor adalah jangkar lilitanya. Pada motor, kawat penghantar listrik yang bergerak tersebut pada dasarnya merupakan lilitan yang berbentuk persegi panjang yang disebut kumparan.



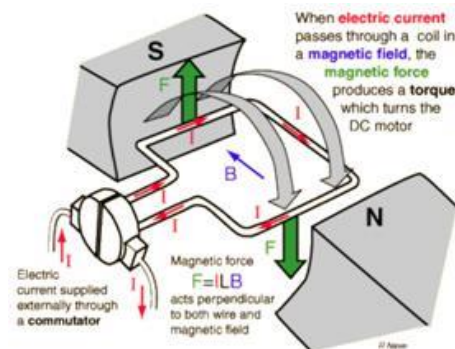
Gambar 2.18 Motor DC

(<https://sariteknologi.com/product/motor-dc-gearbox-kuning/>)

2.8.1. Prinsip kerja Motor DC

Pada sebuah motor DC terdapat dua bagian utama yakni rotor dan stator. Rotor adalah bagian pada motor DC yang berputar. Bagian ini terdiri dari kumparan jangkar. Sedangkan stator adalah bagian pada motor DC yang diam alias tidak bergerak. Bagian ini terdiri dari rangka dan juga kumparan medan. Dan dari dua bagian utama motor DC tadi masih bisa dibagi-bagi menjadi banyak bagian lain seperti *Yoke* (kerangka magnet), *Field winding* (kumparan medan magnet), Poles (kutub motor), *Armature Winding* (Kumparan Jangkar), *Brushes*

(kuas/sikat arang), dan juga *Commutator* (Komutator). Prinsip kerja dari motor DC sebenarnya sangat sederhana, yakni menggunakan prinsip elektromagnetik dimana pada saat arus listrik diberikan, maka permukaan kumparan yang bersifat utara akan bergerak ke selatan, dan permukaan kumparan yang bersifat selatan akan bergerak ke utara dan menghasilkan sebuah putaran. Dan pada saat arus berganti dialirkan, kutub utara kumparan akan bertemu kutub selatan magnet dan menyebabkan saling tarik menarik sehingga motor berhenti berputar.



Gambar 2.19 Prinsip kerja motor DC

(<http://ilmupedia105.blogspot.com/2018/07/lengkap-cara-kerja-motor-listrik-dengan.html>)

2.8.2. Komponen Utama Motor DC

Kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi ruang terbuka diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet.

Kumparan Motor DC. Bila arus masuk menuju kumparan motor DC, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. kumparan motor DC yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, kumparan motor DC berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan kumparan motor DC. Komutator Motor DC . Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam kumparan motor DC dan juga membantu dalam transmisi arus antara kumparan motor DC dan sumber daya.

2.8.3. Kelebihan Motor DC

Keuntungan utama motor DC adalah dalam hal pengendalian kecepatan motor DC tersebut, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur :

- Tegangan kumparan motor DC – meningkatkan tegangan kumparan motor DC akan meningkatkan kecepatan.
- Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang seperti peralatan mesin dan rolling mills, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya.

2.9. Baterai Li-Ion

Baterai jenis Li-Ion (Lithium-Ion) merupakan jenis Baterai yang paling banyak digunakan pada peralatan Elektronika portabel seperti Digital Kamera, Handphone, Video Kamera ataupun Laptop. Baterai Li-Ion memiliki daya tahan siklus yang tinggi dan juga lebih ringan sekitar 30% serta menyediakan kapasitas yang lebih tinggi sekitar 30% jika dibandingkan dengan Baterai Ni-MH. Rasio Self-discharge adalah sekitar 20% per bulan. Baterai Li-Ion lebih ramah lingkungan karena tidak mengandung zat berbahaya Cadmium. Sama seperti Baterai Ni-MH (*Nickel- Metal Hydride*), Meskipun tidak memiliki zat berbahaya Cadmium, Baterai Li-Ion tetap mengandung sedikit zat berbahaya yang dapat merusak kesehatan manusia dan Lingkungan hidup, sehingga perlu dilakukan daur ulang (*recycle*) dan tidak boleh dibuang di sembarang tempat.

Baterai ion litium (biasa disebut Baterai Li-ion atau LIB) adalah salah satu anggota keluarga baterai isi ulang (*rechargeable battery*). Di dalam baterai ini, ion litium bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif saat dilepaskan, dan kembali saat diisi ulang. Baterai Li-ion memakai senyawa litium interkalasi sebagai bahan elektrodanya, berbeda dengan litium metalik yang dipakai di baterai litium non-isi ulang. Baterai ion litium umumnya dijumpai pada barang-barang elektronik konsumen. Baterai ini merupakan jenis baterai isi ulang yang

paling populer untuk peralatan elektronik portabel, karena memiliki salah satu kepadatan energi terbaik, tanpa efek memori, dan mengalami kehilangan isi yang lambat saat tidak digunakan.



Gambar 2.20 Baterai Li-Ion

(<https://arjip.wordpress.com/2015/10/11/rangkaian-sederhana-untuk-test-baterai-li-ion-18650/>)

Selain digunakan pada peralatan elektronik konsumen, LIB juga sering digunakan oleh industri militer, kendaraan listrik, dan dirgantara. Sejumlah penelitian berusaha memperbaiki teknologi LIB tradisional, berfokus pada kepadatan energi, daya tahan, biaya, dan keselamatan intrinsik. Karakteristik kimiawi, kinerja, biaya, dan keselamatan jenis-jenis LIB cenderung bervariasi. Barang elektronik genggam biasanya memakai LIB berbasis *litium kobalt oksida* (LCO) yang memiliki kepadatan energi tinggi, namun juga memiliki bahaya keselamatan yang cukup terkenal, terutama ketika rusak.

Litium besi fosfat (LFP), litium mangan oksida (LMO), dan litium nikel mangan kobalt oksida (NMC) memiliki kepadatan energi yang lebih rendah, tetapi hidup lebih lama dan keselamatannya lebih kuat. Bahan kimia ini banyak dipakai oleh peralatan listrik, perlengkapan medis, dan lain-lain. NMC adalah pesaing utama di industri otomotif. Litium nikel kobalt alumunium oksida (NCA) dan litium titanat (LTO) adalah desain khusus yang ditujukan pada kegunaan-kegunaan tertentu.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa Baterai Li-On memiliki keunggulan yang baik seperti memiliki daya yang lebih besar, Perawatan lebih mudah dan tidak memiliki efek memori, lebih tahan lama bisa sampai ratusan kali isi ulang, dan sangat cocok untuk perangkat alat elektronik dan alat-alat elektronika yang membutuhkan daya yang lebih besar dan hemat pemakaian.

