

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Robot

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu (kecerdasan buatan). Dalam teknologi robotika secara garis besar terdapat dua jenis robot yaitu robot manual dan robot otomatis. Robot manual adalah robot yang masih melibatkan campur tangan manusia dalam pengoperasiannya. sebaliknya robot otomatis adalah robot yang dalam menjalankan tugasnya sudah tidak melibatkan manusia lagi. Kemampuan ini bisa dicapai jika didukung oleh rangkaian sensor yang memadai agar robot mampu mendeteksi lingkungan di sekitarnya dengan baik sehingga dapat merespon perubahan yang terjadi di lingkungan sekitarnya. Seperti manusia, robot juga memiliki “otak” yang berfungsi sebagai pengendali seluruh sistem robot. Otak robot pada umumnya adalah mikrokontroler.

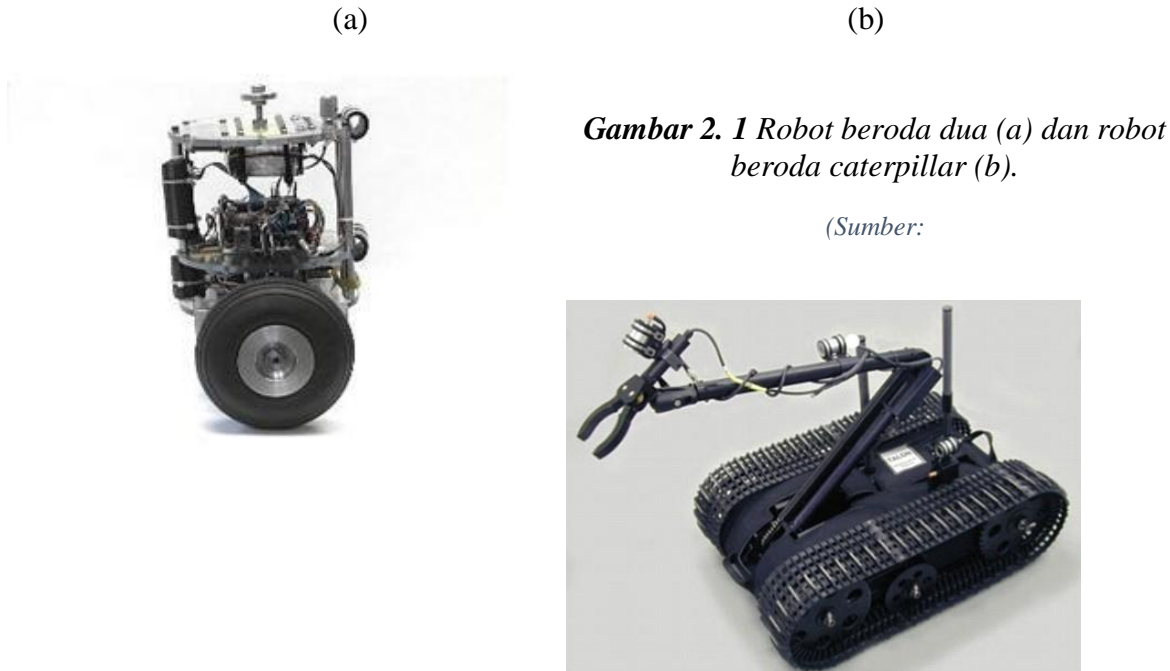
2.2 Mobile Robot

Mobile robot merupakan sebuah robot yang dapat bergerak dengan leluasa karena memiliki alat gerak untuk berpindah posisi. Secara umum dan mendasar sebuah mobile robot dibedakan oleh *locomotion system* atau sistem penggerak. *Locomotion* merupakan gerakan melintasi permukaan datar. Semua ini disesuaikan dengan medan yang akan dilalui dan juga oleh tugas yang diberikan kepada robot. Berikut adalah klasifikasi robot menurut jenis *locomotion*.

2.2.1 Robot Beroda (wheeled car)

Robot yang seringkali dijumpai adalah robot yang bergerak dengan menggunakan roda. Roda merupakan teknik tertua, paling mudah, dan paling efisien untuk menggerakkan robot melintasi permukaan datar. Roda seringkali dipilih, karena memberikan traction yang bagus, mudah diperoleh dan dipakai, dan juga mudah untuk memasangnya pada robot. Traction merupakan variabel dari material roda dan permukaan yang dilintasi oleh roda. Material roda yang lebih lembut memiliki koefisien traction yang besar, dan koefisien traction yang besar ini member gesekan (friction) yang besar pula, dan memperbesar daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan motor. Jumlah roda yang digunakan pada robot beragam, dan dipilih sesuai

selera si pembuat robot. Robot dapat dibangun dengan menggunakan berbagai macam roda, misalnya beroda dua, beroda empat, beroda enam, atau beroda caterpillar (tank-treaded) yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Robot beroda dua (a) dan robot beroda caterpillar (b).

(Sumber:

<http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/talon.html>, 2020)

2.2.2 Robot Berkaki

Robot berkaki sangat mudah beradaptasi dengan medan yang tidak menentu, misalnya untuk menaiki tangga. Semua itu tidak lepas dari penelitian yang dilakukan dengan meniru *gait* dari berbagai makhluk hidup termasuk juga manusia. Ini juga merupakan bagian penting dari riset biologis dan *biorobotika*. Sedangkan untuk melewati medan–medan yang tidak menentu robot berkaki sangat baik dipilih karena robot berkaki lebih mudah beradaptasi bila dibandingkan menggunakan roda seperti untuk menaiki tangga.

Bipedalism adalah sebuah paham dimana organisme bergerak dengan 2 buah tungkai atau alat penggerak (kaki). Binatang atau mesin yang bergerak secara *bipedal* biasa disebut *biped*. *Biped* terdiri dari berjalan, berlari, atau meloncat dengan 2 kaki.

Riset robot mengenai robot *bipedal* sangat intensif seperti yang dilakukan Honda yang menciptakan ASIMO (*Advance Step in Inovative Mobility*). ASIMO saat ini mempunyai beberapa kemampuan seperti manusia sehingga mampu menggantikan berbagai tugas manusia misalnya menjadi penjaga tamu. Gambar robot ASIMO dapat dilihat pada Gambar 2.2.



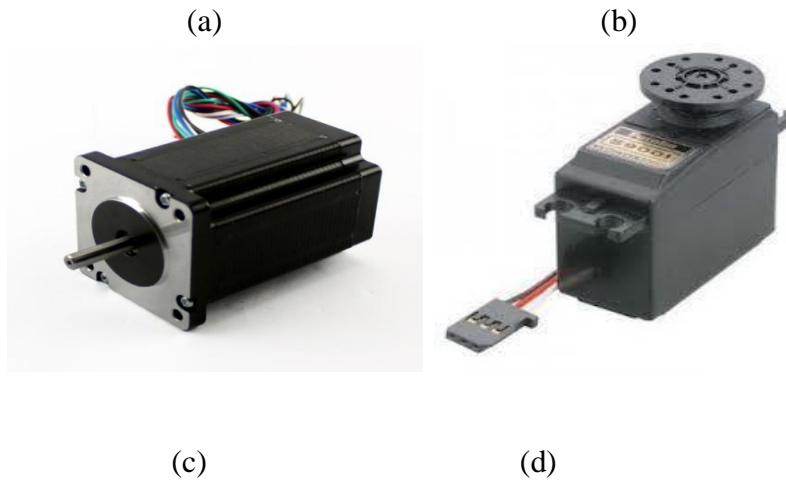
Gambar 2. 2 Robot ASIMO.

(Sumber: http://id.wikipedia.org/wiki/Robot_humanoid, 2020)

2.3 Motor

Motor adalah sebuah motor listrik bertenaga AC (*Alternating Current*) atau DC (*Direct Current*), yang berperan sebagai bagian pelaksana dari perintah-perintah yang diberikan oleh otak robot. Berdasarkan fungsinya, terdapat beberapa macam motor yang biasa digunakan pada robot, yaitu motor DC untuk aplikasi yang membutuhkan kecepatan tinggi, motor stepper untuk aplikasi dengan akurasi tinggi, dan motor servo untuk gerakan-gerakan berupa gerakan sudut. Pada Gambar 2.3 menunjukkan beberapa jenis motor pada robot.





Gambar 2. 3 Jenis-jenis motor pada robot, yaitu Motor AC (a).

(Sumber: <http://skyinstitute.blogspot.com/2011/12/actuator-pada-robot.html>, 2020)

Dalam mengendalikan motor-motor tersebut, otak robot tidak dapat langsung mengakses motor, kecuali motor servo yang sudah memiliki antarmuka. Namun demikian, dengan menggunakan antarmuka *servo controller*, maka proses pengendalian motor servo akan lebih mudah dilakukan

2.3.1 Jenis-jenis Motor

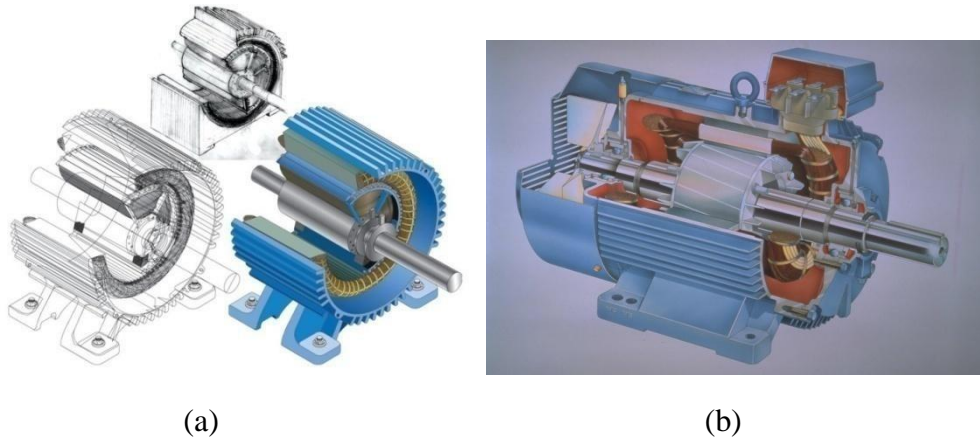
Jenis-jenis motor yang digunakan dalam robotika adalah motor AC (*Alternating Current*) dan motor DC (*Direct Current*). Motor AC terdiri dari *synchronous motor* dan *induction motor*. Sedangkan, motor DC terdiri dari *brushed*, *synchronous*, *brushless*, *uncommutated*, motor stepper dan *servomotor*. Penjelasan tentang jenis-jenis motor lebih detail sebagai berikut.

2.3.1.1 Motor AC (Alternating Current)

Terdiri dari 2 bagian dasar, yaitu stator untuk menghasilkan medan magnet berputar dan rotor pada output shaft yang menerima torka dari medan magnet yang berputar. Ada 2 jenis motor AC, yaitu:

- a. *Synchronous motor*, berputar sesuai frekuensi dari sumber listrik AC. Medan magnet pada rotor diciptakan dari arus yang melewati slip ring, atau dari magnet permanen.
- b. *Induction motor*, putarannya lebih lambat dari pada frekuensi sumber listrik AC. Medan magnet pada rotor diciptakan dari arus yang diinduksikan.

Pada gambar 2.4 menunjukkan kerangka dari *Synchronous motor* dan *Induction motor*.



Gambar 2. 4 Synchronous motor (a) dan Induction motor (b).

(Sumber: <http://www.mindconnection.com/library/electrical/motorslip.html>, 2020)

2.3.1.2 Motor DC (Direct Current)

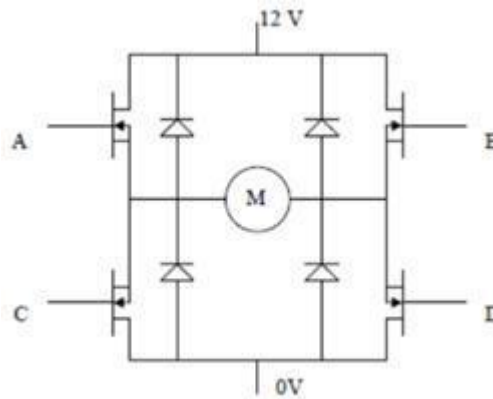
Motor DC terdiri dari rotor dan stator juga seperti motor AC, hanya saja motor ini bergerak menggunakan arus DC. Motor ini adalah motor yang paling sederhana untuk pengaktifannya. Hanya dengan memberikan tegangan DC, motor ini akan berputar secara kontinu. Membalik arah putaran motor dapat dilakukan dengan mengubah polaritas arus yang mengalir pada motor. Motor DC biasanya mempunyai kecepatan putar yang cukup tinggi dan sangat cocok untuk roda robot yang membutuhkan kecepatan gerak yang tinggi. Juga dapat digunakan pada baling-baling robot pemadam api. Kendali motor ini membutuhkan rangkaian *half bridge*. Rangkaian ini akan membuat arus mengalir pada motor melalui 2 kutubnya secara bergantian sesuai arah yang diinginkan.

2.4 Driver Motor

Pengendalian kecepatan putar motor DC dapat dilakukan dengan mengatur besar tegangan terminal motor VTM. Metode lain yang biasa digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor DC adalah dengan teknik modulasi lebar pulsa atau *Pulse Width Modulation* (PWM).

Teori H-Bridge MOSFET:

H-bridge adalah sebuah perangkat keras berupa rangkaian yang berfungsi untuk menggerakkan motor. Rangkaian ini diberi nama *H-bridge* karena bentuk rangkaiannya yang menyerupai huruf H seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Rangkaian H-bridge

(Sumber: <https://www.mesinmotor.com/driver-motor-dc/>, 2020)

Rangkaian ini terdiri dari dua buah MOSFET kanal P dan dua buah MOSFET kanal N. Prinsip kerja rangkaian ini adalah dengan mengatur mati-hidupnya ke empat MOSFET tersebut. Huruf M pada gambar adalah motor DC yang akan dikendalikan. Bagian atas rangkaian akan dihubungkan dengan sumber daya kutub positif, sedangkan bagian bawah rangkaian akan dihubungkan dengan sumber daya kutub negatif.

- A dan D *on*, B dan C *off*

Pada saat MOSFET A dan MOSFET D *on* sedangkan MOSFET B dan MOSFET C *off*, maka sisi kiri dari gambar motor akan terhubung dengan kutub positif dari catu daya, sedangkan sisi sebelah kanan motor akan terhubung dengan kutub negatif dari catu daya sehingga motor akan bergerak searah jarum jam.

- A dan D *off*, B dan C *on*

Sebaliknya, jika MOSFET B dan MOSFET C *on* sedangkan MOSFET A dan MOSFET D *off*, maka sisi kanan motor akan terhubung dengan kutub positif dari catu daya sedangkan sisi kiri motor akan terhubung dengan kutub negatif dari catu daya. Maka motor akan bergerak berlawanan arah jarum jam.

- A, B, C, dan D *off*

Konfigurasi lainnya adalah apabila MOSFET A dan MOSFET B sedangkan MOSFET C dan MOSFET D *off*. Konfigurasi ini akan menyebabkan sisi kiri dan kanan motor terhubung pada kutub yang sama yaitu kutub positif sehingga tidak ada perbedaan tegangan diantara dua buah polaritas motor, sehingga motor akan diam. Konfigurasi seperti ini disebut dengan konfigurasi *break*.

- C dan D *on*, A dan B *off*

Begitu pula jika MOSFET C dan MOSFET D saklar on, sedangkan MOSFET A dan MOSFET B off, kedua polaritas motor akan terhubung pada kutub negatif dari catu daya. Maka tidak ada perbedaan tegangan pada kedua polaritas motor, dan motor akan diam.

- A, B, C, dan D *on*

Konfigurasi yang harus dihindari adalah pada saat MOSFET A dan MOSFET C *on* secara bersamaan atau MOSFET B dan MOSFET D *on* secara bersamaan. Pada konfigurasi ini akan terjadi hubungan arus singkat antara kutub positif catu daya dengan kutub negatif catu daya.

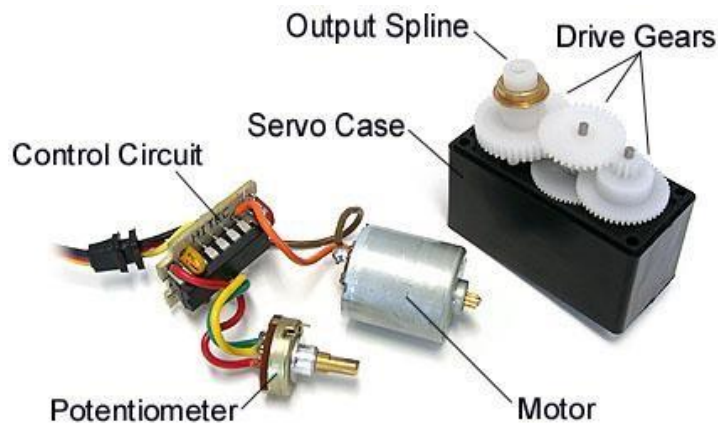
2.5 Motor Servo

Servomotor adalah sebuah motor dengan sistem *closed feedback* di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam *servomotor*. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian *gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Tampak pada gambar dengan pulsa 1,5 ms pada periode selebar 2 ms maka sudut dari sumbu motor akan berada pada posisi tengah. Semakin lebar pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah jarum jam dan semakin kecil pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah yang berlawanan dengan jarum jam.

Servomotor biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak kontinyu seperti motor DC maupun motor stepper. Walau demikian, untuk beberapa keperluan tertentu, *Servomotor* dapat dimodifikasi agar bergerak kontinyu. Pada robot, motor ini sering digunakan untuk bagian kaki, lengan atau bagian-bagian lain yang mempunyai gerakan terbatas. *Servomotor* adalah motor yang mampu bekerja dua arah, yaitu searah jarum jam/ *clockwise* (CW) dan berlawanan arah jarum jam/ *counterclockwise* (CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) pada bagian pin kontrolnya. *Servomotor* merupakan sebuah motor DC yang memiliki rangkaian kontrol elektronik dan *internal gear* untuk mengendalikan pergerakan dan sudut angularnya. Sistem mekanik pada *servomotor* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 memiliki :

- a. 3 jalur kabel : *power*, *ground*, dan *control*
- b. Sinyal kontrol mengendalikan posisi

- c. Operasional dari *servomotor* dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar ± 20 ms, dimana lebar pulsa antara 0,5 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari range sudut maksimum.
- d. Konstruksi didalamnya meliputi internal gear, potensiometer, dan *feedback control*.

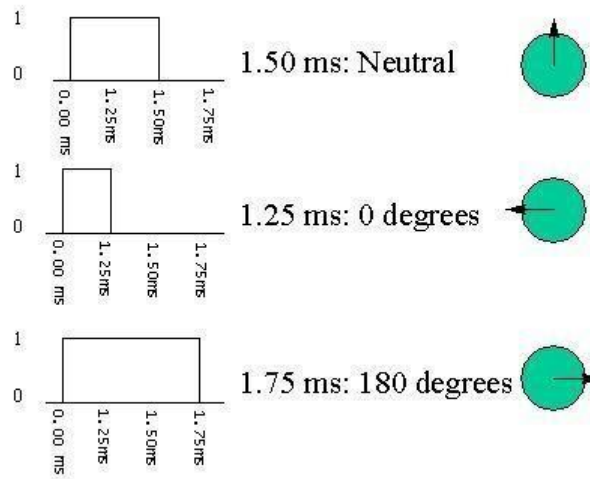


Gambar 2. 6 Sistem mekanik servomotor.

(Sumber: <http://akbarulhuda.wordpress.com/2010/04/01/mengenal-motor-servo/>, 2020)

2.2.3 Cara Pengendalian Servomotor

Kabel kontrol digunakan untuk mengatur sudut posisi dari batang output. Sudut posisi ditentukan oleh durasi pulsa yang diberikan oleh kabel kontrol. *Servomotor* digerakkan dengan menggunakan *Pulse Width Modulation* (PWM). *Servomotor* akan mengecek pulsa setiap 20 milisecond (0,2 detik). Panjang pulsa akan menentukan seberapa jauh motor akan berputar. Contohnya, pada pulsa 1,5 milisecond akan membuat motor berputar sejauh 90° (lebih sering disebut posisi netral). Jika pulsa lebih pendek dari 1,5 milisecond, maka motor akan berputar lebih dekat ke 0° . Jika lebih panjang dari 1,5ms, maka akan berputar mendekati 180° . Dari Gambar 2.7 di bawah, durasi pulsa menentukan sudut dari batang output.



Gambar 2. 7 Pergerakan servomotor.

(Sumber: <http://akbarulhuda.wordpress.com/2010/04/01/mengenal-motor-servo/>, 2020)

2.6 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (Integrated Circuit) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya.

Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur Input/Output (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 –16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte.

Meskipun kecepatan pengolahan data dan kapasitas memori pada mikrokontroler jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan komputer personal, namun kemampuan mikrokontroler sudah cukup untuk dapat digunakan pada banyak aplikasi terutama karena ukurannya yang kompak. Mikrokontroler sering digunakan pada sistem yang tidak terlalu kompleks dan tidak memerlukan kemampuan komputasi yang tinggi.

Sistem yang menggunakan mikrokontroler sering disebut sebagai embedded system atau dedicated system. Embedded system adalah sistem pengendali yang tertanam pada suatu produk, sedangkan dedicated system adalah sistem pengendali yang dimaksudkan hanya untuk suatu fungsi tertentu. Sebagai contoh, printer adalah suatu embedded system karena di dalamnya terdapat mikrokontroler sebagai pengendali dan juga dedicated system karena fungsi pengendali tersebut berfungsi hanya untuk menerima data dan mencetaknya. Hal ini berbeda dengan suatu PC yang dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, sehingga mikroprosesor pada PC sering disebut sebagai general purpose microprocessor (mikroprosesor serba guna). Pada PC berbagai macam software yang disimpan pada media penyimpanan dapat dijalankan, tidak seperti mikrokontroler hanya terdapat satu software aplikasi.

Penggunaan mikrokontroler antara lain terdapat pada bidang-bidang berikut ini.

1. Otomotif : *Engine Control Unit, Air Bag, fuel control, Antilock Braking System*, sistem pengaman alarm, transmisi otomatis, hiburan, pengkondisi udara, speedometer dan odometer, navigasi, suspensi aktif.
2. perlengkapan rumah tangga dan perkantoran : sistem pengaman alarm, *remote control*, mesin cuci, microwave, pengkondisi udara, timbangan digital, mesin foto kopi, printer, mouse.
3. pengendali peralatan di industri.
4. robotika.

Saat ini mikrokontroler 32 bit masih menjadi jenis mikrokontroler yang paling populer dan paling banyak digunakan. Maksud dari mikrokontroler 32 bit adalah data yang dapat diproses dalam satu waktu adalah 32 bit, jika data yang diproses lebih besar dari 32 bit maka akan dibagi menjadi beberapa bagian data yang masing-masing terdiri dari 32 bit. Masing-masing mikrokontroler mempunyai cara dan bahasa pemrograman yang berbeda, sehingga program untuk suatu jenis mikrokontroler tidak dapat dijalankan pada jenis mikrokontroler lain. Untuk memilih jenis mikrokontroler yang cocok dengan aplikasi yang dibuat terdapat tiga kriteria yaitu:

1. Dapat memenuhi kebutuhan secara efektif & efisien. Hal ini menyangkut kecepatan, kemasan/packaging, konsumsi daya, jumlah RAM dan ROM, jumlah I/O dan timer, harga per unit.
2. Bahasa pemrograman yang tersedia.

3. Kemudahan dalam mendapatkannya.

2.7 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah board Arduino yang merupakan perbaikan dari board Arduino Mega sebelumnya. Arduino Mega awalnya memakai chip ATmega1280 dan kemudian diganti dengan chip ATmega2560, oleh karena itu namanya diganti menjadi Arduino Mega 2560. Pada saat tulisan ini dibuat, Arduino Mega 2560 sudah sampai pada revisinya yang ke 3 (R3). Berikut spesifikasi Arduino Mega 2560 R3.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan input yang disarankan	7-12V
Batas tegangan input	6-20V
Jumlah pin I/O digital	54 (15 Pin PWM output)
Jumlah pin input analog	16
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	256 KB , sekitar 8 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	20 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

(Sumber : store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3, 2020)

Selain perbedaan chip ATmega yang digunakan, perbedaan lain antara Arduino Mega dengan Arduino Mega 2560 adalah tidak lagi menggunakan chip FTDI untuk fungsi USB to Serial Converter, melainkan menggunakan chip ATmega16u2 pada revisi 3 (chip ATmega8u2 digunakan pada revisi 1 dan 2) untuk fungsi USB to Serial Converter tersebut.

Secara fisik, ukuran Arduino Mega 2560 hampir kurang lebih 2 kali lebih besar dari Arduino Uno, ini untuk mengakomodasi lebih banyaknya pin Digital dan Analog pada board Arduino Mega 2560 tersebut. Tampilan Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2. 8 Arduino MEGA 2560 Rev 3

(Sumber: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>, 2020)

2.8 Joystick PS2

Joystick mulai dikenal pada abad 20-an pada waktu itu nama joystick diartikan tongkat pengendali pesawat terbang. Joystick Wireless PS2 terdiri dari dua modul, yaitu modul transmitter dan modul receiver. Modul transmitter berfungsi sebagai data input dan mengirim data input tersebut ke modul receiver. Sedangkan modul receiver berfungsi sebagai penerima data yang dikirim dari modul transmitter. Pada setiap Stick Wireles PS2 (Joystick Playstation) terdapat kontroler yang bertugas untuk berkomunikasi dengan console playstation. Komunikasi yang digunakan adalah serial sinkron, yaitu data dikirim satu per satu melalui jalur data. Untuk mengkoordinasikan antara pengirim dan penerima terdapat satu jalur clock. Konfigurasi pin wiring Conector Joystik Wireless PS2, berikut gambarnya:



Gambar 2. 9 Connector PS2 controller.

Pada penjelasan pin-pin dari joystick PS2 diketahui bahwa untuk melakukan hubungan anatar joystick PS2 dan mikrokontroler arduino dibutuhkan 3 jalur utama yaitu pin 1 Data dihubungkan ke mikrokontroler pin digital 12, pin 2 Command dihubungkan ke mikrokontroler pin digital 11 dan pin 7 Clock dihubungkan ke mikrokontroler pin digital 9.

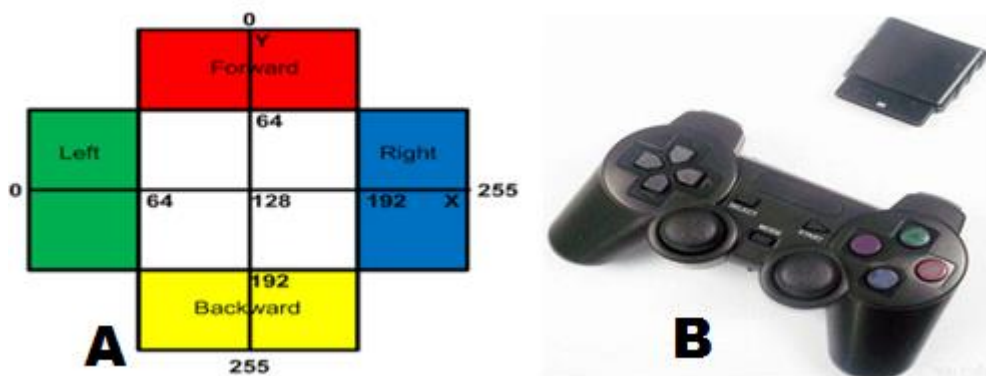
Dari ketiga pin tersebut penjelasannya sebagai berikut :

1. MISO (data) : Master Output Slave Input artinya jika dikonfigurasi sebagai master maka pin MOSI sebagai output tetapi jika dikonfigurasi sebagai slave maka pin MOSI sebagai input.

2. MOSI (Command) : Master Input Slave Output artinya jika dikonfigurasi sebagai master maka pin MOSI sebagai input tetapi jika dikonfigurasi sebagai slave maka pin MOSI sebagai output.

3. CLK : Clock jika dikonfigurasi sebagai master maka pin CLK berlaku sebagai output tetapi jika dikonfigurasi sebagai slave maka pin CLK berlaku sebagai input..

Cara kerja joystick wireless PS2 pada koordinat X, Y :



Gambar 2. 10 Range koordinat (A). Joystick PS2 (B).

Pada gambar diatas merupakan cara kerja dari analog stick yang terdiri dari 2 sumbu X dan Y pada sumbu Y terdapat nilai minimum 0, 128 sebagai nilai tengah dan 255 sebagai nilai maksimal sehingga apabila dalam posisi netral maka stick analog bernilai 128, 128 yang mana penerapannya pada motor robot yang akan kita buat pada posisi ini robot akan diam (tidak bergerak) sedangkan untuk membuat motor maju maka koordinat $X < 128$ dan untuk bergerak mundur nilai koordinat $X > 128$ sedang untuk bergerak ke kiri maka nilai koordinat $Y < 128$ dan untuk berbelok kekanan nilai koordinat $Y > 128$. Untuk pengiriman dan penerimaan, maka dibutuhkan receiver dan transmitter joystick, dimana transmitter joystick digunakan untuk pengiriman data perintah dan diterima oleh receiver joystick.

2.9 QoS (Quality of Service)

QoS merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan yang terpasang dan juga merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari satu layanan. QoS digunakan untuk mengukut sekumpulan atribut kenierja yang telah di spsifikasikan dan diasosiasikan dengan suatu layanan. Parameter QoS yang digunakan untuk analisis layanan komunikasi data adalah delay, throughput dan packet loss.

Tabel 2. 2 Tabel INDEX parameter QoS

Nilai	Presentase (%)	Index
3,8-4	95 – 100	Sangat Memuaskan
3-3,79	75 – 95,75	Memuaskan
2-2,99	50 – 75,75	Kurang Memuaskan
1-1,99	25 – 49,75	Kurang

(Sumber TIPHON)

Untuk menentukan kualitas QoS dibutuhkan beberapa parameter pendukung diantaranya.

1. Delay

Delay adalah waktu yang di butuhkan data untuk menepuh jarak dari asal ke tujuan. Delay datap di pengaruhi oleh media fisik. Kongesti atau juga waktu proses yang lama. Menurut TIPHON (Subekti, 2015), besarnya delay dapat di klarifikasikan seperti di tunjukkan tabel

Tabel 2. 3 INDEX parameter Delay

Kategori Delay	Besar Delay (ms)	Index
Sangat Bagus	<150	4
Bagus	150 s/d 300	3
Sedang	300 s/d 450	2
Buruk	>450	1

(Sumber TIPHON)

Persamaan yang digunakan untuk menghitung Delay adalah:

Delay = waktu paket dikirim - waktu paket diterima

2. Packet loss

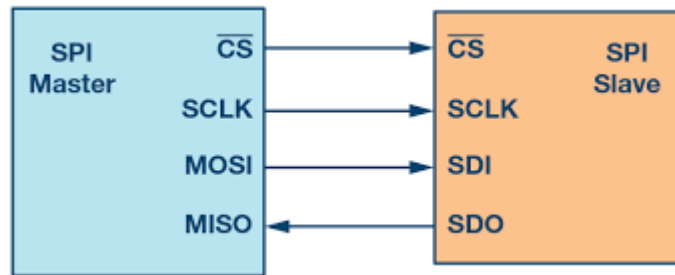
Merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena collision dan congestion pada jaringan dan hal ini berpengaruh pada semua aplikasi karena retransmisi akan mengaruhi efisiensi jaringan secara keseluruhan seperti ditunjukkan pada table 2.13

Tabel 2. 4 INDEX parameter Packet Lost

Kategori Delay	Packet Lost (%)	Index
Sangat Bagus	0	4
Bagus	3	3
Sedang	15	2
Buruk	25	1

2.10 SPI (Serial Peripheral Interface)

Antarmuka periferil serial (SPI) adalah salah satu antar muka yang paling banyak digunakan antara mikrokontroler dan IC periferil seperti sensor, ADC, DAC, shift register, SRAM, dan lainnya. Artikel ini memberikan penjelasan singkat antarmuka SPI diikuti dengan pengantar SPI Perangkat Analog switch dan mux yang diaktifkan, dan bagaimana mereka membantu mengurangi jumlah GPIO digital dalam desain papan sistem. SPI adalah antarmuka berbasis master-slave dupleks penuh yang sinkron. Data dari tuan atau budak disinkronkan pada jam naik atau turun tepi. Baik master dan slave dapat mengirimkan data pada saat bersamaan. SPI antarmuka dapat berupa 3-kabel atau 4-kabel. Artikel ini berfokus pada yang populer Antarmuka SPI 4 kabel.



Gambar 2. 11 SPI

Perangkat SPI 4-kabel memiliki empat sinyal:

1. Clock (SPI CLK, SCLK)
2. Chip pilih (CS)
3. Master keluar, budak di (MOSI)
4. Master masuk, budak keluar (MISO)

Perangkat yang menghasilkan sinyal clock disebut master. Data ditransmisikan antara master dan budak disinkronkan ke jam yang dihasilkan oleh master. Perangkat SPI mendukung jam yang jauh lebih tinggi frekuensi dibandingkan dengan I2 Antarmuka C. Pengguna harus berkonsultasi dengan produk lembar data untuk spesifikasi frekuensi clock dari antarmuka SPI.

Antarmuka SPI hanya dapat memiliki satu master dan dapat memiliki satu atau beberapa slave. Gambar diatas menunjukkan koneksi SPI antara master dan slave. Sinyal pemilihan chip dari master digunakan untuk memilih budak. Ini adalah biasanya sinyal rendah aktif dan ditarik tinggi untuk memutuskan sambungan budak dari bus SPI. Ketika banyak budak digunakan, pilih chip individu sinyal untuk setiap budak diperlukan dari master. Dalam artikel ini, chip

pilih sinyal selalu sinyal rendah aktif.

MOSI dan MISO adalah jalur data. MOSI mengirimkan data dari master ke budak dan MISO mengirimkan data dari budak ke master.