

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. State of The Art

**Tabel 2.1** State of The Art

No.	Referensi	Parameter	Metode	Kekurangan	Kelebihan
1.	Yusron Rizal (2008) [8]	Deteksi wajah pada objek bergerak	Segmentasi model warna menggunakan template matching	Proses dilakukan pada bidang 2 dimensi. Sehingga area bukan wajah yang memiliki bentuk seperti template akan dinyatakan sebagai wajah.	Dengan menggunakan model warna YcbCr, pengaruh luminasi dapat dipisahkan.
2	Muhammad Syarif (2015) [12]	Deteksi kedipan mata untuk password sistem	<i>Haar cascade classifier</i> dan <i>contour</i>	Deteksi terhadap bentuk dan warna mata belum optimal.	Dapat mendeteksi bagian tubuh seperti wajah dan mata.
3	Hadi Santoso (2013) [10]	Deteksi banyak wajah dalam ruang kelas	<i>Haar cascade classifier</i> dan algoritma <i>adaboost</i>	Wajah tidak terdeteksi jika terhalang objek lain.	Dapat mendeteksi banyak wajah secara <i>real time</i> .

## 2.2 Robot

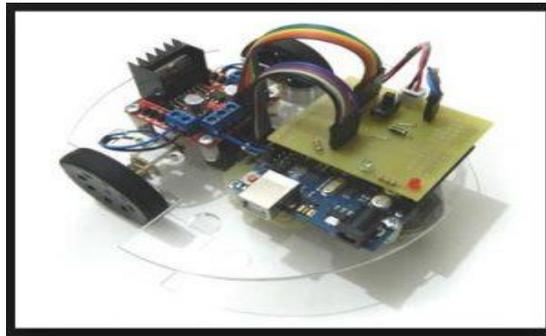
Robot adalah sebuah alat mekanik yang berisikan komponen-komponen elektronik dan telah diprogram sehingga dapat bergerak dan dapat melakukan tugas fisik. Belakangan ini robot banyak digunakan di dunia industri untuk melakukan proses industri yang dianggap sulit dan berbahaya bagi manusia untuk melakukan pekerjaan tersebut, sehingga manusia hanya mengontrol robot tersebut di suatu tempat yang aman untuk melakukan pekerjaan [6]. Robot memiliki berbagai macam fungsi sesuai dengan tujuan pembuatan robot itu sendiri. Namun secara umum, robot memiliki fungsi mempermudah pekerjaan manusia. Guna mempermudah pemahaman kita semua mengenai fungsi robot, berikut beberapa hal yang dapat dilakukan oleh robot secara garis besar.

1. Dalam hal industri, robot dapat meningkatkan produksi, akurasi, serta daya tahan
2. Untuk membantu manusia melaksanakan tugas-tugas yang berbahaya, kotor, dan juga beresiko
3. Dalam hal pendidikan, robot banyak digunakan untuk menarik pelajar belajar teknologi
4. Membantu meringankan pekerjaan manusia di rumah seperti membersihkan rumah, menjaga rumah, dan lain sebagainya
5. Membantu meringankan di berbagai sektor pekerjaan seperti pembangunan, rumah sakit, dan lain-lain
6. Sebagai media pertunjukan dan hiburan

Secara umum, robot terbagi menjadi beberapa jenis berdasarkan struktur bentuk dan fungsinya seperti robot *mobile* (bergerak), robot *manipulator* (tangan), robot *humanoid*, *flying robot* (terbang), robot berkaki, robot jaringan, robot *animalia*, robot *underwater*, robot *cybord*, dan beberapa jenis robot lainnya [6]. Berikut ini merupakan penjelasannya.

a. *Mobile Robot*

Mobile robot alias robot bergerak adalah jenis robot yang mampu melakukan perbindahan dari tempat satu ke tempat yang lain. Biasanya robot jenis ini menggunakan penggerak berbentuk roda. Mobile robot banyak digunakan oleh para pemula untuk belajar karena strukturnya yang simpel dan mudah dipelajari. Contoh *mobile robot* adalah robot *line follower* seperti pada gambar di bawah ini.



**Gambar 2.1 Robot *Line Follower***

(Sumber : <https://elektronikahobyist.com/skema-robot-line-follower-pengertian-dan-ir-sensor-code/>)

b. Robot Manipulator

Robot manipulator atau yang juga biasa disebut dengan robot tangan adalah jenis robot yang memiliki struktur berbentuk tangan. Biasanya dalam satu robot manipulator terdapat bagian satu lengan lengkap mulai dari pundak, siku, telapak tangan, dan jari. Robot jenis ini biasa digunakan di bidang industri untuk mengangkat benda-benda berat. Berikut ini merupakan contoh gambar robot manipulator.



**Gambar 2.2 Robot Manipulator**

(Sumber : <https://kelasrobot.com/mengenal-jenis-jenis-robot-dunia/>)

c. Robot *Humanoid*

Robot *humanoid* adalah jenis robot yang memiliki bentuk fisik menyerupai tubuh manusia secara utuh mulai dari kepala, badan, lengan, dan kaki. Robot jenis ini biasanya memiliki sensor dan program yang kompleks. Dewasa ini banyak perusahaan teknologi yang membuat robot humanoid untuk dijual secara umum. Gambar 2.3 di bawah ini merupakan contoh robot humanoid.



**Gambar 2.3 Robot *Humanoid***

(Sumber : <https://kelasrobot.com/mengenal-jenis-jenis-robot-dunia/>)

d. *Flying Robot*

*Flying robot* alias robot terbang merupakan jenis robot yang dapat bergerak di udara seperti burung dan capung. Robot jenis ini biasanya dapat dikendalikan menggunakan remote secara *wireless* alias tanpa kabel, atau biasa juga berjalan secara otomatis sesuai program yang telah diinputkan. Contoh gambar robot terbang dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini.



**Gambar 2.4 Flying Robot**

(Sumber : <https://kelasrobot.com/mengenal-jenis-jenis-robot-dunia/>)

e. Robot Berkaki

Robot berkaki adalah jenis robot yang dapat bergerak dan berpindah tempat dengan menggunakan kaki-kaki seperti laba-laba dan kepiting. Jumlah kaki dari robot berkaki ini bermacam-macam dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Robot jenis ini juga biasa disebut sebagai robot serangga. Berikut ini merupakan gambar robot serangga tersebut.



**Gambar 2.5 Robot Berkaki**

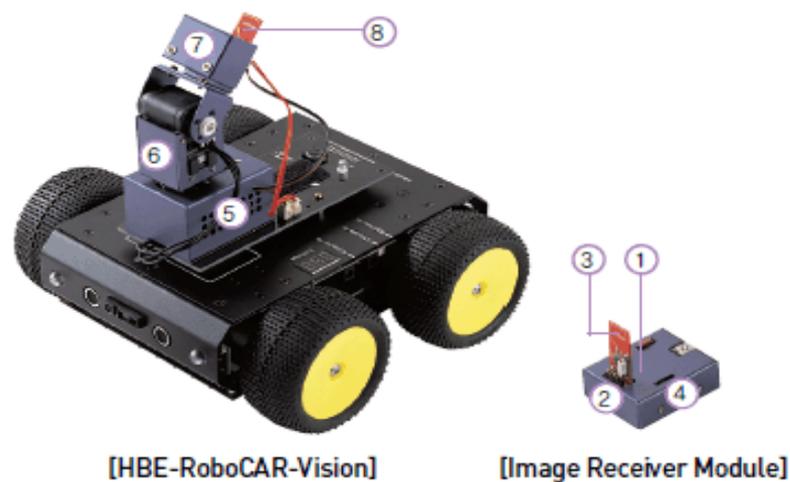
(Sumber : <https://kelasrobot.com/mengenal-jenis-jenis-robot-dunia/>)

f. Robot Jaringan

Robot jaringan adalah jenis robot yang menggunakan jaringan internet dengan protokol TCP/IP. Adanya robot jenis ini dipicu oleh perkembangan internet yang semakin cepat dan maju. Semua proses kontrol robot ini dilakukan dalam sebuah jaringan secara nirkabel atau wireless.

Dalam dunia teknologi yang canggih pada saat ini, teknologi komputer dan robot kamera mengambil peranan dan perhatian yang cukup besar. Komputer dan robot kamera telah diaplikasikan secara nyata dalam berbagai bidang seperti absensi sidik jari perkantoran, deteksi retina mata, deteksi wajah di bandara, pembaca barcode, pengolahan data media, sistem sortasi kualitas produk, pesawat pengintai, bahkan untuk proyek eksplorasi luar angkasa. *Robot vision* adalah teknologi robot cerdas yang memiliki sensor kamera webcam sebagai indra penglihat robot dan dapat menggantikan peranan berbagai jenis sensor seperti sensor warna, sensor jarak, sensor kecepatan, sensor cahaya.

Konsep *robot vision* adalah objek akan dideteksi oleh webcam, sistem pendeteksian ini menggunakan konsep *image/video processing* biasa secara *real-time* menggunakan software atau sejenisnya, kemudian setelah objek terdeteksi koordinatnya akan mengirimkan perintah berupa karakter melalui komunikasi serial komputer dan mikrokontroler, perintah ini akan diterjemahkan oleh program di dalam mikrokontroler yang kemudian akan menggerakkan motor sesuai dengan perintah karakter tersebut. Pada gambar 2.6 berikut ini merupakan contoh robot kamera.



**Gambar 2.6 Robot HBE-RoboCAR-Vision**

### 2.3 Pendeteksian Wajah

Pendeteksian wajah (*face detection*) adalah salah satu tahap awal sebelum dilakukannya proses pengenalan wajah (*face recognition*). Pengenalan wajah (*face recognition*) merupakan perbandingan citra wajah masukan dengan suatu database wajah yang telah di-*training* dan menemukan wajah yang paling cocok dengan citra masukan. Terdapat bidang-bidang dalam pemrosesan wajah diantaranya sebagai berikut.

1. Pengenalan wajah (*face recognition*) yaitu membandingkan citra wajah masukan dengan suatu database wajah dan menemukan wajah yang paling cocok dengan citra masukan tersebut.
2. Autentikasi wajah (*face authentication*) yaitu menguji keaslian/kesamaan suatu wajah dengan data wajah yang telah diinputkan sebelumnya.
3. Lokalisasi wajah (*face localization*) yaitu pendeteksian wajah namun asumsi hanya ada satu wajah di dalam citra
4. Penjejukan wajah (*face tracking*) yaitu memperkirakan lokasi suatu wajah di dalam video secara real time.
5. Pengenalan ekspresi wajah (*facial expression recognition*) untuk mengenali kondisi emosi manusia.

### 2.4 Pengolahan Citra

Pengolahan citra merupakan ilmu yang mempelajari tentang manipulasi citra dengan bantuan komputer. Citra yang dimaksud adalah gambar yang diam maupun gambar yang bergerak yang diambil dari hasil *webcam* [7]. Dalam perkembangan teknologi, pengolahan citra dan komputer *vision* digunakan untuk indra penglihatan layaknya sebagai mata manusia yang memanfaatkan kamera sebagai matanya dan komputer sebagai otaknya yang dapat mengolah informasi [8]. Dalam pengolahan citra dibutuhkan suatu cara dan metode tertentu supaya dapat menentukan atau mendeteksi objek layaknya manusia, sehingga komputer memiliki kecerdasan seperti halnya manusia. Dengan begitu banyak kegiatan manusia yang dapat digunakan oleh sistem robot seperti halnya pendeteksian wajah, *object tracking*, *face tracking*, deteksi jalur kendaraan, dan lainnya [7].

Hal-hal yang perlu dipahami dalam ilmu citra adalah:

a. Pencitraan (imaging)

Adalah kegiatan mengubah informasi dari citra tampak/ citra non digital menjadi citra digital. Beberapa alat yang dapat digunakan untuk pencitraan adalah: scanner, kamera digital, kamera sinar-x/sinar infra merah, dll.

b. Pengolahan Citra

Adalah kegiatan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia/ mesin (komputer). Inputannya adalah citra dan keluarannya juga citra tapi dengan kualitas lebih baik daripada citra masukan, misal citra warnanya kurang tajam, kabur (blurring), mengandung noise (misal bintik-bintik putih), dll, sehingga perlu ada pemrosesan untuk memperbaiki citra karena citra tersebut menjadi sulit diinterpretasikan karena informasi yang disampaikan menjadi berkurang.

c. Analisis Citra

adalah kegiatan menganalisis citra sehingga menghasilkan informasi untuk menetapkan keputusan (biasanya didampingi bidang ilmu kecerdasan buatan/AI yaitu pengenalan pola (pattern recognition) menggunakan jaringan syaraf tiruan, logika fuzzy, dll).

## 2.5 OpenCV

OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*) merupakan pustaka perangkat lunak yang populer untuk *computer vision* dalam mengolah citra dinamis secara *real-time* yang dibuat oleh Intel , dan sekarang didukung oleh Willow Garage dan Itseez. OpenCV memiliki antarmuka yang mendukung bahasa pemrograman C++, C, Python, dan Java. Program ini bebas dan berada dalam naungan sumber terbuka dari lisensi BSD. Adapun dukungan OS yang dapat dijalankan OpenCV seperti Windows, Linux, Mac, OS, iOS, dan android. Pada gambar 2.7 di bawah ini merupakan logo OpenCV.



**Gambar 2.7 Logo OpenCV**

(Sumber : [https://www.researchgate.net/figure/OpenCV-logo\\_fig4\\_299725056](https://www.researchgate.net/figure/OpenCV-logo_fig4_299725056))

## 2.6 Haar Cascade Classifier

*Haar cascade classifier* adalah metode yang digunakan dalam pendeteksian objek, dimana metode ini dikenal oleh Paul Viola dan Michael Jones dalam mendeteksi objek wajah manusia. Pendeteksian objek terdapat ribuan motif/fitur kecil gambar yang harus dicocokkan. Algoritma memecah-mecah tugas untuk mengidentifikasi objek menjadi ribuan tugas yang lebih kecil, seukuran petak kecil, yang mana tugas tersebut dinamakan *classifier*.

Dalam pendeteksian objek terdapat kemungkinan ribuan *classifier*, yang mana semuanya mesti benar-benar cocok agar sebuah wajah dapat dikenali (dalam batasan error tentunya). Untuk pendeteksian objek, algoritma akan berjalan mulai dari pojok kiri atas dari gambar dan bergerak turun melalui blok-blok kecil data, mencari pada setiap blok. Dengan adanya ribuan tes per blok, hal ini memerlukan jutaan perhitungan yang harus dilakukan sehingga diperlukannya *cascade*.

*Haar cascade* memecahkan masalah dalam mendeteksi objek menjadi beberapa tahapan. Untuk setiap blok, pertama ia melakukan pengujian yang sifatnya acak dan cepat. Jika tes tersebut terlewat, ia akan melakukan tes yang lebih mendetail, dan begitu seterusnya. Keunggulannya adalah mayoritas dari gambar yang tidak memiliki wajah akan terdeteksi negatif selama beberapa tahapan awal, yang mana berarti algoritmanya tidak akan membuang waktu untuk menguji semua fitur sebanyak ribuan pada gambar [9]. Dengan adanya metode ini dapat digunakan untuk mendeteksi berbagai macam objek seperti halnya dalam mendeteksi wajah. Metode ini memiliki penggabungan teknik yaitu *Haar-Like Feature*, *Integral Image*, *Adaboost*, dan *Cascade Classifier* [10, 11, 12].

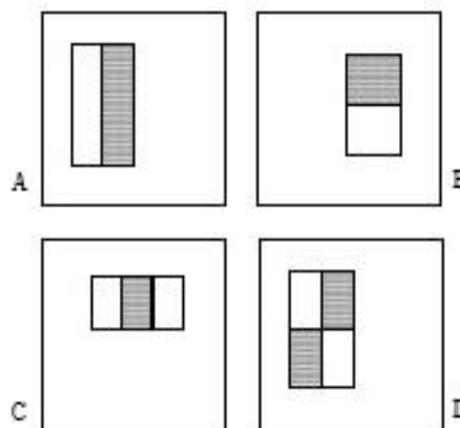
### 2.6.1 Haar-Like Feature

*Haar-Like Feature* adalah fitur yang didasarkan pada *Wavelet Haar* [11]. *Wavelet Haar* adalah gelombang tunggal bujur sangkar (satu interval tinggi dan satu interval rendah). Metode ini memiliki kelebihan yaitu komputasinya yang sangat cepat, karena bergantung pada jumlah piksel dalam persegi yang dideteksi bukan setiap nilai piksel dalam image. Pada awalnya pengolahan gambar hanya melihat dari nilai RGB setiap piksel, namun metode ini tidaklah efektif sehingga dikembangkannya metode *haar-like feature*. Setiap *haar-like feature* terdiri dari gabungan kotak - kotak hitam dan putih, dimana setiap kotak terdapat beberapa piksel yang kemudian diproses dan menghasilkan perbedaan nilai *threshold* yang menandakan daerah gelap dan terang sehingga nilai-nilai ini dijadikan dasar dalam *image/video processing*. Adapun rumus yang digunakan dalam menentukan nilai *haar feature* adalah sebagai berikut.

$$\Delta = \frac{1}{n} \sum_{dark}^n 1(x) - \frac{1}{n} \sum_{white}^n 1(x)$$

$$\Delta = (Total\ piksel\ hitam) - (Total\ piksel\ putih) \quad (2.1)$$

Pada *video processing* perhitungan piksel akan berlangsung secara terus-menerus dan membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga dibutuhkan penjumlahan integral untuk mengenali objek gambar dalam tiap piksel dengan cepat. Di dalam *haar-like feature* terdapat tiga jenis fitur berdasarkan jumlah persegi panjang seperti gambar 2.8.



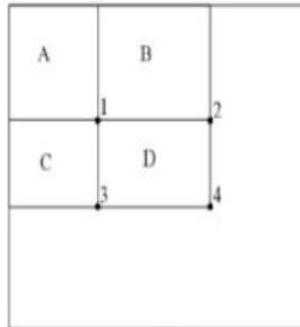
**Gambar 2.8** Jenis-jenis fitur *Haar-Like Feature*

Tiga tipe *rectangle feature* :

1. A dan B tipe *two-rectangle feature*
2. C tipe *three-rectangle feature*
3. D tipe *four-rectangle feature*

### 2.6.2 *Integral Image*

*Integral image* adalah sebuah citra yang nilai tiap pikselnya merupakan penjumlahan dari nilai piksel dari kiri atas hingga kanan bawah. *Integral image* ini digunakan untuk menentukan ada atau tidaknya dari ratusan piksel *haar-like feature* pada sebuah gambar. Perhitungan nilai dari suatu fitur dapat dilakukan secara cepat dengan menghitung nilai citra integral pada empat buah titik sebagaimana disajikan dalam gambar 2.9.



**Gambar 2.9** Perhitungan Nilai Fitur *Integral Image*

Jika nilai integral image titik 1 adalah A, titik 2 adalah A + B, titik 3 adalah A + C, dan di titik 4 adalah A + B + C + D, maka jumlah piksel di daerah D dapat diketahui dengan cara  $4 + 1 - (2 + 3)$ .

$$B = [A+B]$$

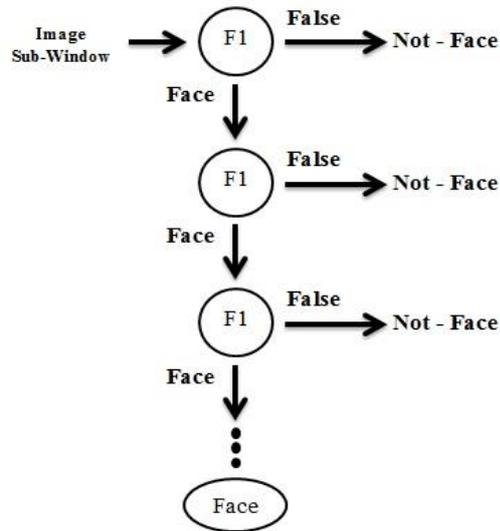
$$C = [A+C]$$

$$D = [D+A] - [B+C] \quad (2.2)$$

### 2.6.3 *Adaboost dan Cascade Classifier*

Algoritma *Adaboost learning* digunakan untuk meningkatkan kinerja klasifikasi dengan pembelajaran sederhana untuk penggabungan dari *classifier* yang lemah menjadi satu *classifier* yang kuat. *Cascade classifier* adalah sebuah metode untuk mengkombinasikan *classifier* yang kompleks dalam sebuah struktur bertingkat yang dapat meningkatkan kecepatan pendeteksian objek dengan

memfokuskan pada daerah citra yang berpeluang saja. Pada gambar 2.10 di bawah ini merupakan struktur *cascade classifier*.



**Gambar 2.10** *Cascade Classifier*

## 2.7 Sensor Kamera

Citra adalah gambaran yang tampak pada cermin atau melalui lensa kamera. Sensor kamera adalah sebuah alat atau sensor yang berfungsi secara umum berfungsi untuk membuat atau menangkap suatu gambar dari objek, yang selanjutnya akan dibiaskan melalui lensa pada sensor CCD dan sensor CMOS kemudian direkam dan disimpan dalam format digital [13].

Sensor tersebut terdiri atas berbagai sel yang tersusun membentuk persegi panjang. Tiap satu sel sensor tersebut merepresentasikan satu *pixel*, jadi banyaknya sel dalam satu sensor kamera sesuai dengan besarnya *pixel* gambar yang dapat dihasilkan dari kamera tersebut. Sel sensor pada kamera tersebut bersifat *photosensitive*. Artinya, saat terkena cahaya, sel sensor akan menghasilkan sinyal listrik berupa tegangan yang besarnya sesuai dengan intensitas cahaya yang diterimanya. Tegangan yang dihasilkan tersebut kemudian diproses oleh prosesor yang ada pada sensor tersebut untuk mengolah sinyal tersebut menjadi warna. Hasil dari seluruh sel sensor kemudian disatukan dan

membentuk satu kesatuan gambar yang utuh. Berikut ini merupakan perbedaan sensor CMOS dan sensor CCD

1. Sensor CCD, seperti yang disebutkan di atas, kualitasnya tinggi, gambarnya lownoise. Sensor CMOS lebih besar kemungkinan untuk noise.
2. Sensitivitas CMOS lebih rendah karena setiap piksel terdapat beberapa transistor yang saling berdekatan. Banyak foton mengenai transistor dibandingkan dioda foto.
3. Sensor CMOS menggunakan sumber daya listrik yang lebih kecil.
4. Sensor CCD menggunakan listrik yang lebih besar, kurang lebih 100 kali lebih besar dibandingkan sensor CMOS.
5. Chip CMOS dapat dipabrikasi dengan cara produksi mikroprosesor yang umum sehingga lebih murah dibandingkan sensor CCD.
6. Sensor CCD telah diproduksi massal dalam jangka waktu yang lama sehingga lebih matang. Kualitasnya lebih tinggi dan lebih banyak pikselnya.

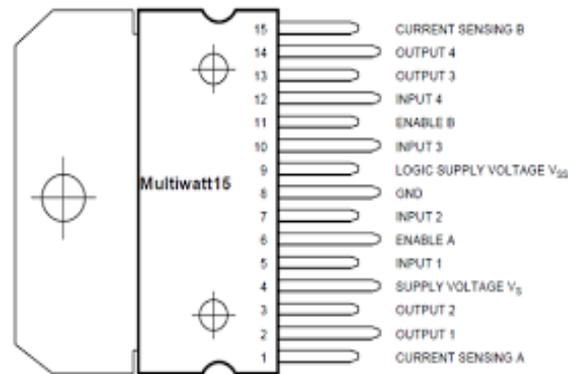


**Gambar 2.11 Modul Kamera**

(Sumber : <http://ecadio.com/jual-modul-kamera>)

## 2.8 Driver Motor DC L298

L298 adalah *driver* motor berbasis H-Bridge, mampu menangani beban hingga 4A pada tegangan 6V – 46V. Dalam chip terdapat dua rangkaian H-Bridge. Selain itu driver ini mampu mengendalikan 2 motor sekaligus dengan arus beban 2 A. berikut gambar konfigurasi driver motor L298.



**Gambar 2.12 Konfigurasi Driver L298**

(Sumber : <http://www.robotics-university.com/2015/01/driver-motor-dcmp-menggunakan-ic-l298.html>)

Rangkaian driver motor, untuk output motor DC digunakan dioda, hal ini ditujukan agar driver motor dapat menahan arus balik yang datang dari motor DC. Input driver motor berasal dari mikrokontroler utama, untuk. Pengaturan kecepatan kedua motor dilakukan dengan cara pengontrolan lama pulsa aktif (metode PWM – *Pulse Width Modulation*) yang dikirimkan ke rangkaian *Driver Motor* oleh modul pengendali. *Duty Cycle* PWM yang dikirimkan menentukan kecepatan putar motor DC.

## 2.9 Mikrokontroler ATmega128L

Mikrokontroler ini merupakan salah satu varian dari mikrokontroler AVR 8-bit. Beberapa fitur yang dimiliki adalah memiliki beberapa *memory* yang bersifat *non-volatile*, yaitu 128 *Kbytes of In-System Self-Programmable Flash program memory* (128 *Kbytes memory flash* untuk pemrograman), 4 *Kbytes* memori EEPROM, 4 *Kbytes* memori *internal SRAM*, *write/erase cycles* : 10.000 *flash*/100.000 EEPROM (program dalam mikrokontroler dapat diisi dan dihapus berulang kali sampai 10.000 kali untuk flash memori atau 100.000 kali untuk penyimpanan program/data di EEPROM). Selain memori, fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler atmega128 ini adalah pada perangkat *peripheral interface*-nya, yaitu memiliki 2 buah 8-bit *timer/counter*, 2 buah *expand 16-bit timer / counter*, RTC (*Real Time Counter*) dengan *oscillator* yang terpisah, 2 buah 8-bit *channel*

PWM, 6 PWM *channel* dengan resolusi pemrograman dari 2 sampai 16 bits, *output compare modulator*, 8-*channel* 10-bit ADC, 2 buah TWI (*Two Wire Interface*), 2 buah serial USARTs, master / slave SPI serial *interface*, Programmable *Watchdog Timer* dengan *On-chip Oscillator*, *On-chip analog comparator*, dan memiliki 53 *programmable I/O*. Sedangkan untuk pengoperasiannya sendiri, Mikrokontroler ATmega128 dapat dioperasikan pada catuan 4.5 – 5.5 V untuk ATmega128 dengan *clock speed* 0 – 16 MHz. Berikut Konfigurasi Atmega 128 :

1. Saluran I/O sebanyak 56 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, Port D, Port E, Port F dan Port G.
2. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
3. 2 buah Timer/Counter 8 bit dan 2 buah Timer/Counter 16 bit.
4. Dua buah PWM 8 bit.
5. Watchdog Timer dengan osilator internal.
6. Internal SRAM sebesar 4 kbyte.
7. Memori flash sebesar 128 kBytes.
8. Interupsi Eksternal.
9. Port antarmuka SPI.
10. EEPROM sebesar 4 kbyte.
11. Real time counter.
12. 2 buah Port USART untuk komunikasi serial.
13. Enam kanal PWM.
14. Tegangan operasi sekitar 4,5 V sampai dengan 5,5V

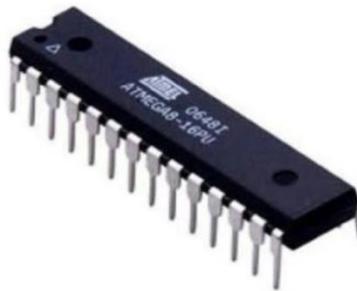


**Gambar 2.13 ATmega128L**

(Sumber : [https://www.lankatronics.com/semiconductors/microcontrollers/atmel/atmega 128l.html](https://www.lankatronics.com/semiconductors/microcontrollers/atmel/atmega%20128l.html))

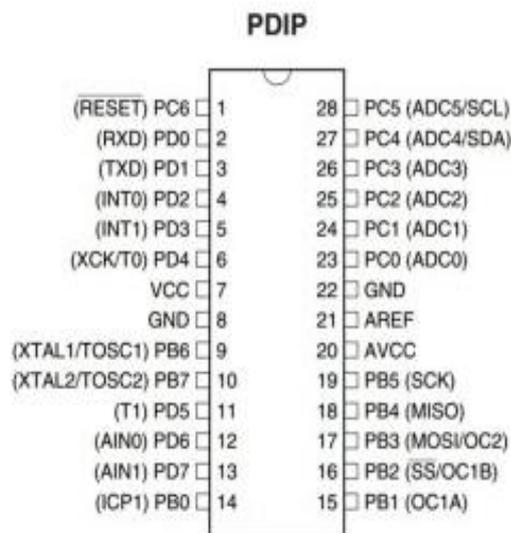
## 2.10 Mikrokontroler ATmega8

ATmega8 adalah low power mikrokontroler 8 bit dengan arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) [16]. Mikrokontroler ini merupakan chip program buatan atmel yang sering digunakan sebagai mikrokontroler dan mempunyai kapasitas memori 8kb [17]. Pada gambar 2.14 di bawah ini merupakan bentuk fisik mikrokontroler ATmega 8.



**Gambar 2.14 Mikrokontroler ATmega8**

Beberapa fitur yang dimiliki ATmega8 adalah 8 kbyte flash program, 512 kbyte EEPROM, 1 kbyte SRAM, 2 timer 8 bit dan 1 timer 16 bit, analog to digital converter, USART, Analog comparator, dan two wire interface (I2C). Terdapat dua jenis package di ATmega8 yaitu DIP package dan TQFP package yang lebih dikenal dengan SMD (Surface Mount Device). Pada gambar 2.15 di bawah ini merupakan data sheet untuk ATmega8.

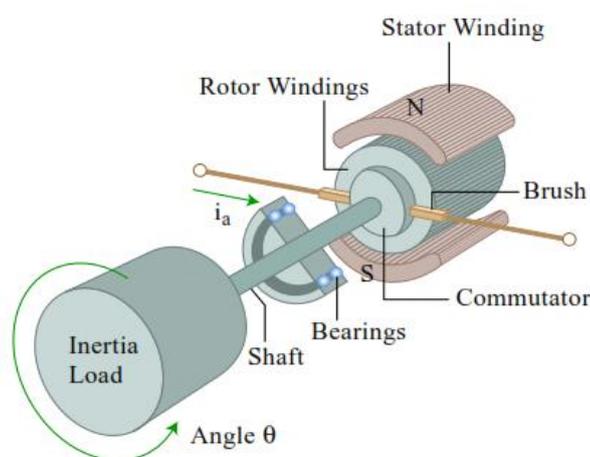


**Gambar 2.15 Data Sheet ATmega8**

## 2.11 Motor DC

Motor arus searah (motor DC) adalah mesin yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanis. Pada prinsip pengoperasiannya, motor arus searah sangat identik dengan generator arus searah. Kenyataannya mesin yang bekerja sebagai generator arus searah akan dapat bekerja sebagai motor arus searah. Oleh sebab itu, sebuah mesin arus searah dapat digunakan baik sebagai motor arus searah maupun generator arus searah.

Berdasarkan fisiknya motor arus searah secara umum terdiri atas bagian yang diam dan bagian yang berputar. Pada bagian yang diam (stator) merupakan tempat diletakkannya kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan fluksi magnet sedangkan pada bagian yang berputar (rotor) ditempati oleh rangkaian jangkar seperti kumparan jangkar, komutator dan sikat.



**Gambar 2.16 Bagian Motor DC (Direct Current)**

(Sumber : <http://www.pinterest.com/pin/330240585153884124/>)

Motor arus searah bekerja berdasarkan prinsip interaksi antara dua fluksi magnetik. Dimana kumparan medan akan menghasilkan fluksi magnet yang arahnya dari kutub utara menuju kutub selatan dan kumparan jangkar akan menghasilkan fluksi magnet yang melingkar. Interaksi antara kedua fluksi magnet ini menimbulkan suatu gaya sehingga akan menimbulkan momen puntir atau torsi.



**Gambar 2.17 Bentuk Fisik Motor DC**

(Sumber : <http://shop2.motorplus1.cafe24.com/category/encoder-motor/42/?page=2>)

## 2.12 Motor Servo

Motor servo adalah motor DC yang dilengkapi dengan sistem kontrol. Sistem kontrol ini akan memberikan umpan balik posisi perputaran motor dari 0 sampai 180 derajat. Disamping itu motor ini juga memiliki torsi relatif cukup kuat. Sistem pengkabelan motor servo terdiri atas 3 bagian, yaitu Vcc, Gnd, dan Kontrol (PWM= Pulse Width Modulation). Pemberian PWM pada motor servo akan membuat servo bergerak pada posisi tertentu dan kemudian berhenti (kontrol posisi). Prinsip utama dari pengendalian motor servo adalah pemberian nilai PWM pada kontrolnya. Frekuensi PWM yang digunakan pada pengontrol motor servo selalu 50 Hz sehingga pulsa dihasilkan setiap 20 ms. Lebar pulsa akan menentukan posisi servo yang dikehendaki. Pemberian lebar pulsa 1,5 ms akan membuat motor servo berputar ke posisi netral (90 derajat), lebar pulsa 1,75 ms akan membuat motor servo berputar 1 derajat mendekati posisi 180 derajat, dan dengan lebar pulsa 1,25 ms motor servo akan bergerak ke posisi 0 derajat. Pada gambar 2.18 di bawah ini adalah bentuk fisik dari motor servo tipe Dynamixel AX-12.



**Gambar 2.18 Bentuk Fisik Motor Servo**

(Sumber : <https://www.trossenrobotics.com/dynamixel-ax-12-robot-actuator.aspx>)

### 2.13 Sumber Daya (Baterai)

Baterai (*Battery*) adalah sebuah alat yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi Listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat Elektronik. Kebanyakan perangkat elektronik yang portabel seperti *Handphone*, Laptop, Senter, ataupun *Remote Control* menggunakan Baterai sebagai sumber listriknya. Baterai berfungsi untuk membantu manusia dalam menggunakan barang elektronik sehingga manusia dapat mengaktifkan perangkat elektroniknya tanpa menyambungkan kabel listrik ke stop kontak terlebih dahulu. Terdapat dua jenis baterai berdasarkan penggunaannya, yaitu Baterai sekali pakai (*Single Use*) dan baterai yang dapat di isi ulang (*Rechargeable*).

Baterai sekali pakai (baterai primer) merupakan baterai yang paling sering ditemukan di pasaran, hampir semua toko dan supermarket menjualnya. Hal ini dikarenakan penggunaannya yang luas dengan harga yang lebih terjangkau. Baterai jenis ini pada umumnya memberikan tegangan 1,5 Volt dan terdiri dari berbagai jenis ukuran seperti AAA (sangat kecil), AA (kecil) dan C (medium) dan D (besar). Disamping itu, terdapat juga Baterai Primer (sekali pakai) yang berbentuk kotak dengan tegangan 6 Volt ataupun 9 Volt. Jenis-jenis Baterai yang tergolong dalam Kategori Baterai Primer (sekali pakai / *single use*) diantaranya adalah :

1. Baterai Zinc-Carbon (Seng-Karbon)
2. Baterai Alkaline (Alkali)
3. Baterai Lithium
4. Baterai Silver Oxide



**Gambar 2.19 Baterai Primer**

(Sumber : <https://teknikelektronika.com/wp-content/uploads/2014/08/Baterai-Primer.jpg?x92805>)

Baterai Sekunder adalah jenis baterai yang dapat di isi ulang atau *rechargeable battery*. Pada prinsipnya, cara baterai sekunder menghasilkan arus listrik adalah sama dengan baterai primer. Hanya saja, reaksi kimia pada baterai sekunder ini dapat berbalik (*reversible*). Pada saat baterai digunakan dengan menghubungkan beban pada terminal baterai (*discharge*), elektron akan mengalir dari negatif ke positif. Sedangkan pada saat Sumber energi luar (*charger*) dihubungkan ke baterai sekunder, elektron akan mengalir dari positif ke negatif sehingga terjadi pengisian muatan pada baterai. Jenis-jenis Baterai yang dapat di isi ulang (*rechargeable battery*) yang sering kita temukan antara lain seperti baterai Ni-cd (Nickel-Cadmium), Ni-MH (Nickel-Metal Hydride) dan Li-Ion (Lithium-Ion).

Jenis-jenis Baterai yang tergolong dalam Kategori Baterai Sekunder (Baterai Isi Ulang) diantaranya adalah :

1. Baterai Ni-Cd (Nickel-Cadmium)
2. Baterai Ni-MH (Nickel-Metal Hydride)
3. Baterai Li-Ion (Lithium-Ion)



**Gambar 2.20 Baterai Sekunder**

(Sumber : <https://teknikelektronika.com/wp-content/uploads/2014/08/Baterai-Sekunder.jpg?x92805>)

## 2.14 Komunikasi Serial

Komunikasi serial merupakan komunikasi data dengan pengiriman data secara satu per satu pada waktu tertentu. Sehingga komunikasi data serial hanya menggunakan dua kabel yaitu kabel data untuk pengiriman yang disebut *transmit* (TX) dan kabel data untuk penerimaan yang disebut *receive* (RX). Kelebihan dari komunikasi serial adalah jarak pengiriman dan penerimaan dapat dilakukan dengan jarak yang cukup jauh dibandingkan dengan komunikasi paralel tetapi kekurangannya adalah kecepatannya lebih lambat dibandingkan komunikasi paralel. Dikenal dua cara komunikasi data secara serial, yaitu komunikasi data secara sinkron dan komunikasi data secara asinkron. Pada komunikasi data serial sinkron, *clock* dikirimkan bersama – sama dengan data serial, sedangkan komunikasi data asinkron, *clock* tidak dikirimkan bersama data serial tetapi dibangkitkan secara sendiri – sendiri baik pada sisi pengirim (*transmitter*) maupun pada sisi penerima (*receiver*).