BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Robot Lengan

Robot lengan atau yang lebih dikenal dengan *manipulator robot* adalah salah satu jenis robot yang paling banyak digunakan oleh masyarakat industri. Robot lengan atau yang biasa dikenal dengan *arm robot* terdiri dari tiga bagian yaitu struktur mekanik (manipulator), penggerak dan sistem kontrol. Manipulator adalah susunan *rigid bodies* (benda-benda kaku) dan *link* (lengan) yang satu sama lain terhubung oleh *joint* (sendi) [1]. Manipulator robot yang meniru karakteristik lengan manusia disebut juga lengan *articulated*. Namun, gerakan *articulated* lengan robot berbeda dari gerakan lengan manusia. Sendi pada *manipulator robot* memiliki derajat kebebasan atau *Degree of Freedom* (DOF), manipulator robot dapat bergerak lebih bebas dibanding manusia. Misalnya, siku dari *articulated robot* dapat menekuk ke atas atau bawah sedangkan seseorang hanya bisa menekuk siku mereka dalam satu arah selebihnya hanya pada posisi lengan lurus [8].

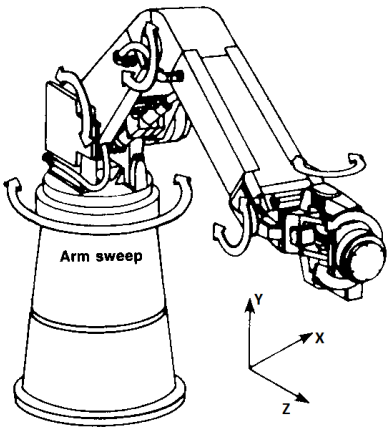
Manipulator pada robot lengan terdiri dari beberapa segmen dan sendi yang secara umum dibagi menjadi 3 bagian, yaitu: *arm, wrist* dan *gripper*. Konfigurasi robot digunakan untuk mengklasifikasikan robot-robot industri. Konfigurasi robot mengarah pada bentuk geometri dari *mobile robot manipulator*, yaitu informasi hubungan dari setiap sendi pada manipulator. *Robotic Industries Association* (RIA) mendefinisikan robot sebagai manipulator yang didesain untuk memindahkan material, benda, alat atau peralatan tertentu lewat pergerakan yang terprogram untuk melakukan berbagai macam tugas.

Konfigurasi merujuk pada bagaimana cara tiap sambungan (*link*) manipulator terhubung antara satu dengan yang lain pada setiap sendi. Tiap sambungan (*link*) akan terhubung pada *link* berikutnya, baik berupa hubungan *linear joint* (*sliding* atau prismatik), yang dapat disingkat dengan P, atau berupa hubungan *revolute joint*, yang dapat disingkat dengan R. Dengan menggunakan notasi ini, sebuah robot dengan tiga *revolute joint*, disingkat menjadi RRR, atau sebuah *revolute joint* yang diikuti dengan 2 prismatik *joint* disingkat menjadi

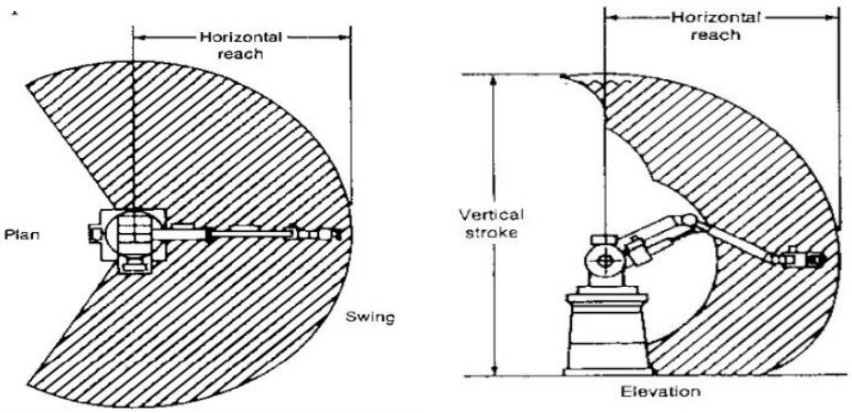
RPP. Secara umum terdapat lima konfigurasi robot yang digunakan di industri, yaitu: *Cartesian Robot, Cylindrical Robot, Spherical Robot, Articulated Robot,* dan SCARA (*Selectively Compliant Assembly Robot Arm*). DOF adalah singkatan dari *degree of freedom.* Setiap sendi minimal terdiri dari 1 DOF. Robot lengan mempunyai rata-rata 3 DOF sehingga dapat bergerak ke atas-bawah, ke kiri-kanan, ke depan-belakang [9].

2.1.1 Konfigurasi *Articulated*

Konfigurasi *articulated* (*anthromorphic*) terdiri dari empat *revolute joint* (RRRR). Konfigurasi ini memiliki pergerakan yang mendekati pergerakan tangan manusia. Area kerjanya sangat luas tetapi dengan bentuk geometri yang kompleks yang menjadikan perhitungan persamaan geraknya menjadi cukup rumit [9].



Gambar 2.1 Konfigurasi *articulated* [9]



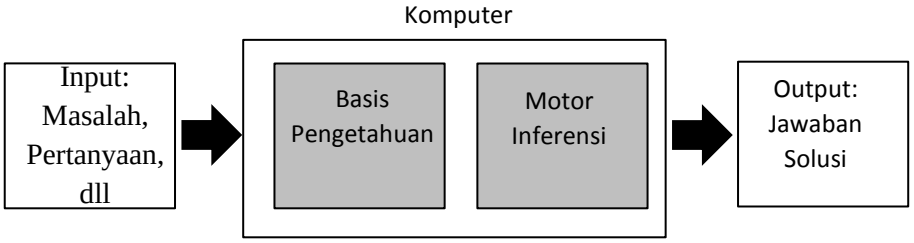
Gambar 2.2 Area kerja konfigurasi *articulated* [9]

2.2 Kecerdasan Artifisial

Kecerdasan artifisial merupakan salah satu bagian dari ilmu komputer yang mempelajari bagaimana membuat mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia. Beberapa macam bidang yang menggunakan kecerdasan artifisial antara lain sistem pakar, permainan komputer, *fuzzy logic controller*, jaringan syaraf tiruan (*neural network)*, pengolahan citra dan robotika.

Kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) merupakan inovasi baru di bidang ilmu pengetahuan. Mulai ada sejak muncul komputer modern, yakni pada 1940 dan 1950. Menurut H.A.Simon (1987): ”Kecerdasan artifisial (*artificial intelligence*) merupakan kawasan penelitian, aplikasi dan instruksi yang terkait dengan pemrograman komputer untuk melakukan hal yang dalam pandangan manusia adalah cerdas”. Terdapat dua hal yang dibutuhkan dalam membuat aplikasi kecerdasan artifisial yaitu:

1. *Knowledge base* (Basis Pengetahuan). *Knowledge base* ini berisi teori-teori, fakta, pemikiran dan hubungan antara satu dengan yang lainnya.
2. *Inference Engine* (Mesin Inferensi) merupakan kemampuan untuk menarik kesimpulan berdasarkan pengalaman [10].



Gambar 2.3 Bagian utama dalam kecerdasan artifisial [10]

2.3 *Machine Learning*

Machine Learning atau biasa disingkat dengan ML ialah kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang mempelajari bagaimana cara mengembangkan suatu sistem, membuat data, dan membuat algoritma-algoritma yang bisa melakukan tugas – tugas nya dengan sendiri tanpa ada arahan dari pengguna nya dan memungkinkan programmer bisa belajar.

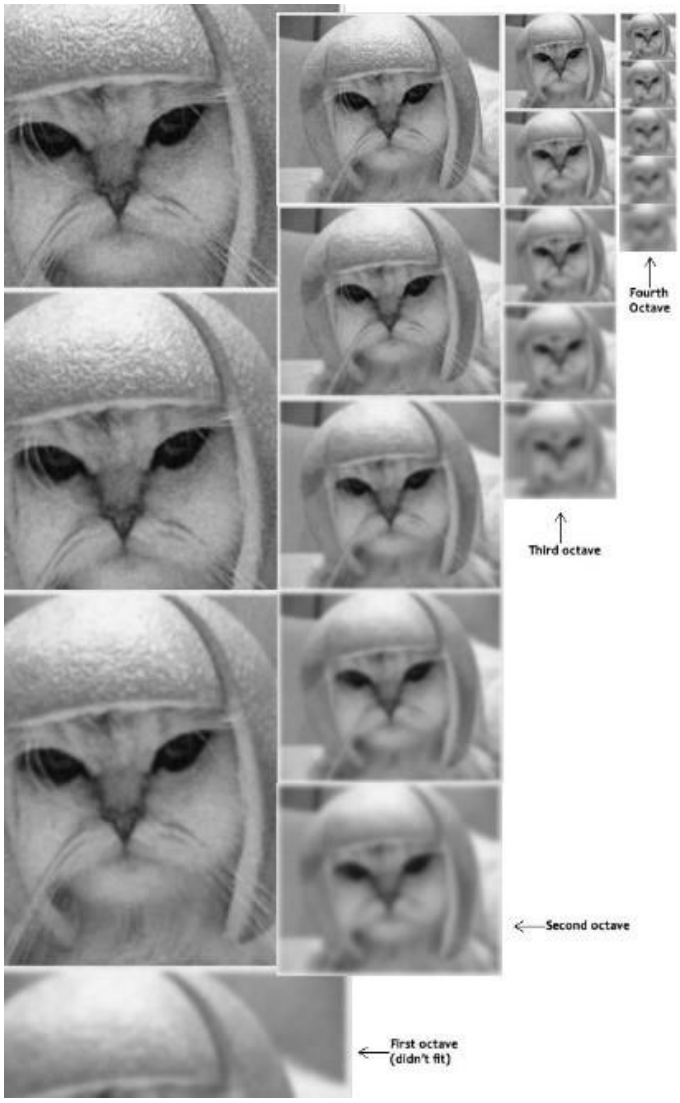
Machine Learning (ML) atau pembelajaran mesin merupakan pendekatan dalam AI yang banyak digunakan untuk menggantikan atau menirukan perilaku manusia untuk menyelesaikan masalah atau melakukan otomatisasi. Sesuai namanya, ML mencoba menirukan bagaimana proses manusia atau makhluk cerdas belajar dan mengeneralisasi. Setidaknya ada dua aplikasi utama dalam ML yaitu, klasifikasi dan prediksi . Ciri khas dari ML adalah adanya proses pelatihan, pembelajaran, atau *training*. Oleh karena itu, ML membutuhkan data untuk dipelajari yang disebut sebagai *data training*. Klasifikasi adalah metode dalam ML yang digunakan oleh mesin untuk memilah atau mengklasifikasikan obyek berdasarkan ciri tertentu sebagaimana manusia mencoba membedakan benda satu dengan yang lain. Sedangkan prediksi atau regresi digunakan oleh mesin untuk menerka keluaran dari suatu data masukan berdasarkan data yang sudah dipelajari dalam *training* [11].

2.3.1 *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT)

SIFT merupakan metode untuk menghasilkan fitur-fitur pada gambar yang memiliki sifat invarian terhadap perbedaan pada gambar seperti translasi, perubahan ukuran, rotasi, iluminasi, dan proyeksi 3 dimensi [12]. SIFT adalah fitur pendeteksian ciri lokal dari suatu citra. Fitur yang dicetuskan oleh David Lowe pada tahun 1999 ini merupakan salah satu fitur ekstraksi ciri terbaik. Metode ini handal dalam mengenali citra walaupun *background*, ukuran, maupun arah dari citra tersebut berbeda. SIFT digunakan untuk memperoleh ciri gambar sketsa kemudian dicocokkan antara citra uji dengan sketsa yang tersimpan di basis data. Berikut langkah-langkah untuk menghasilkan fitur SIFT [13]:

a. Membangun Skala Ruang

Tahap pertama merupakan tahap membangun skala ruang pada fitur SIFT. Tahap ini berfungsi untuk mengidentifikasi titik-titik kandidat *keypoint* potensial yang invarian terhadap perubahan skala dan orientasi. Untuk mengidentifikasi kandidat *keypoint* tersebut maka terlebih dahulu dibangun skala ruang dengan cara mengecilkan citra asli sebanyak empat kali perubahan ukuran yang diambil dari setengah ukuran citra asli, empat citra tersebut disebut *octave*. Kemudian selanjutnya dari empat citra yang berbeda ukuran tersebut diblurkan sebanyak empat kali menggunakan fungsi Gaussian, hasil blur gambar tersebut disebut dengan *scale*.

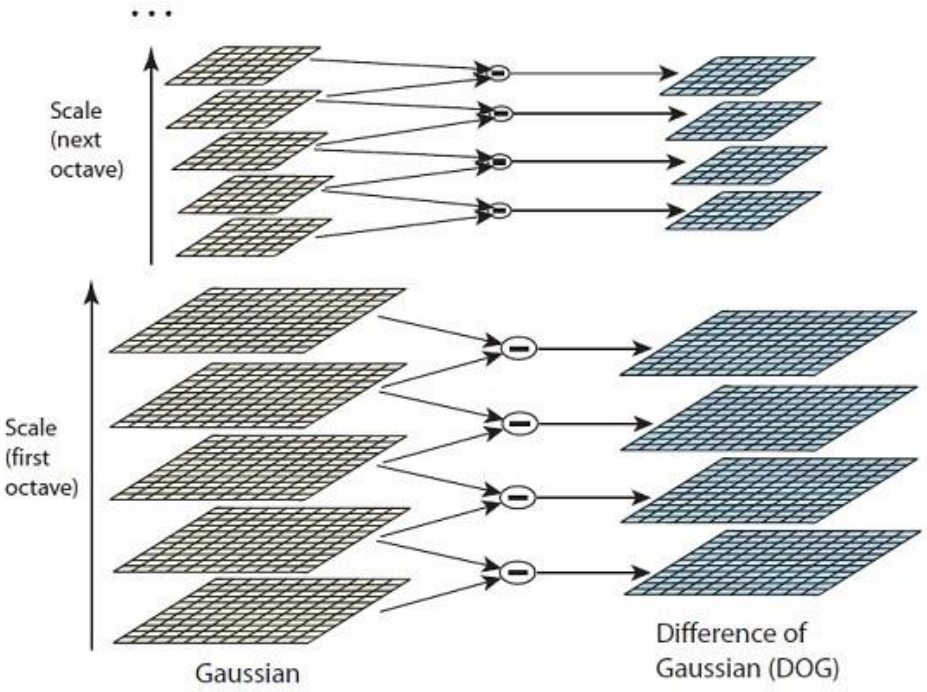


Gambar 2.4 Ruang skala SIFT

(Sumber: http://aishack.in/tutorials/sift-scale-invariant-feature-transform-scale-space/)

Pada Gambar 2.4, *octave* ditunjukkan dengan ukuran gambar yang berbeda (menyamping) dan skala ditunjukkan dengan tingkat *blur* yang berbeda pada satu *octave*/satu ukuran gambar yang sama (ke bawah). Penulis paper menyatakan bahwa nilai *octave* dan *scale* yang ideal adalah 4 dan 5. Pada Gambar 2.4, jumlah octave adalah 4 dan jumlah *scale* adalah 5 (pada octave pertama gambar terpotong, seharusnya terdiri dari *5 scale*). Untuk *octave* pertama, gambar akan di perbesar dua kali lipat.

Setelah dibangun ruang skala gambar, maka dihitung nilai Different of Gaussiang (DoG) dengan cara menghitung selisih setiap *scale* yang ada pada semua octave. Fungsi DoG disini untuk mempermudah mendapatkan *keypoint* yang menarik pada skala ruang. Setelah didapat beberapa *scale* hasil DoG pada setiap octave. Maka dicari nilai minimum dan maksimum dengan cara menghitung selisih *scale*.

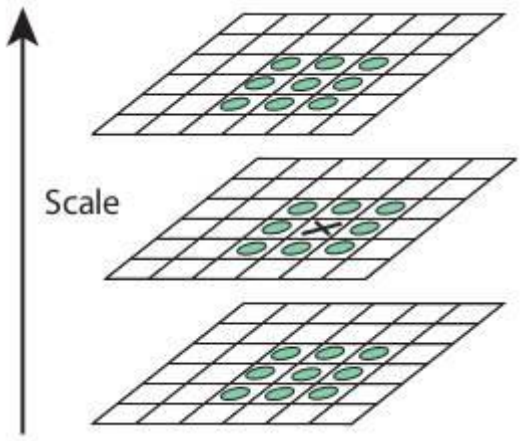


Gambar 2.5 *Difference of Gaussian*

(Sumber: https://docs.opencv.org/3.1.0/da/df5/tutorial_py_sift_intro.html)

b. Mencari *Keypoint*

Untuk menentukan *keypoint* yang didapat dari nilai minimum dan maksimum pada tahap sebelumnya.Nilai minimum dan maksimum inilah yang yang menjadi *keypoint* suatu citra. Namun *keypoint* yang didapat dari tahap ini masih bersifat sementara (kandidat *keypoint*).



Gambar 2.6 Ilustrasi pengambilan keypoint

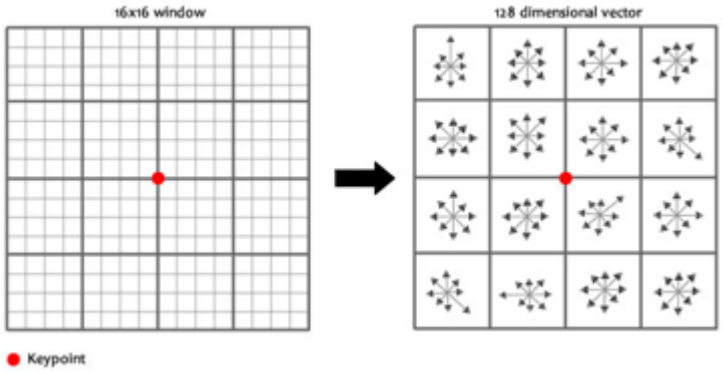
(Sumber: https://docs.opencv.org/3.1.0/da/df5/tutorial_py_sift_intro.html)

c. Menghitung Orientasi

Kandidat *keypoint* yang telah didapat pada tahap sebelumnya masih sangat acak posisinya. Perhitungan orientasi diperlukan untuk menentukan arah dan posisi dari kandidat *keypoint* yang masih sangat acak posisinya.

d. Deskrpsi *Keypoint*

Keypoint yang didapatkan dari tahap sebelumnya masih berupa angka-angka mariks, maka akan diubah terlebih dahulu menjadi angka vektor untuk digunakan pada saat pencocokan fitur. Untuk mendeskripsikan keypoint tersebut maka pada masing-masing keypoint akan diambil 16 piksel tetangganya yang dibagi dalam empat kelompok.



Gambar 2.7 Perubahan angka matriks ke vektor

(Sumber: http://aishack.in/tutorials/sift-scale-invariant-feature-transform-features/)

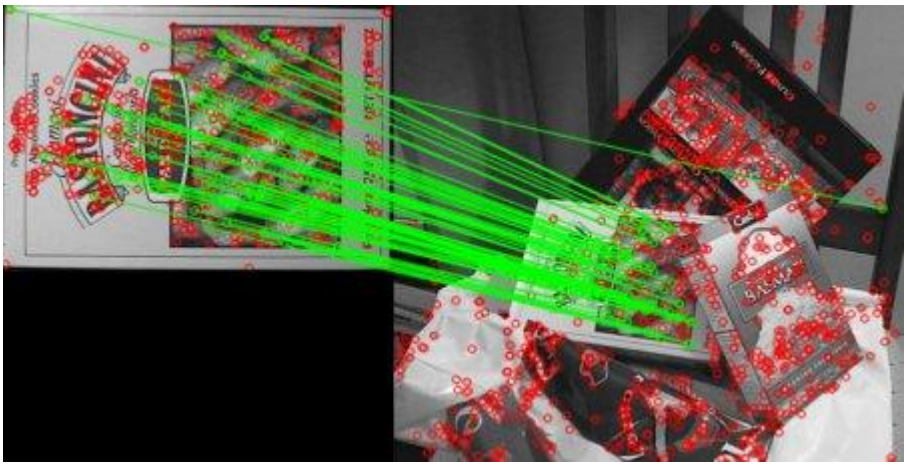
2.4 FLANN *Matcher*

Metode *Fast Library Approximated Nearest Neighbor* (FLANN) adalah sebuah *library* untuk melakukan pencarian cepat, perkiraan tetangga, yang terdapat pada *space* dimensi yang tinggi. *Library* ini merupakan kumpulan algoritma yang bekerja dengan baik untuk menemukan nilai tetangga terdekat, sementara untuk hasil parameter yang optimal, tergantung pada kumpulan data yang digunakan [14].

Metoda Fast Library Approximated Nearest Neighbor (FLANN) digunakan untuk *matching* fitur SIFT citra data awal dengan fitur SIFT citra uji. Fitur SIFT ini terdiri dari 3 komponen utama, yaitu: keypoint, deskriptor dan vektor. Untuk satu citra uji terdapat *cluster* untuk fitur SIFT. *Cluster* ini akan otomatis dengan menggunakan *K- Nearest Neighbor* (KNN) dengan tipe indeks kd tree, dimana KNN ini akan mencari jarak yang paling kecil antara vektor sampel dengan vektor pada *cluster*.

Proses *matching* fitur citra uji dan fitur citra sampel, vektor *keypoint* dan deskriptor pada citra akan di cocokan nilainya dengan menggunakan KNN *search*. KNN search mencari cluster pada citra uji yang nilai vektor deskriptornya paling dekat jaraknya dengan vektor deskriptor pada citra sampel. Setelah cluster diperoleh, akan dicari nilai vektor deskriptor citra uji pada cluster teresebut yang sama atau yang paling dekat dengan vektor deskriptor citra sampel.

Jika terdapat yang sama, maka ada satu keypoint yang cocok antara kedua citra tersebut. Selanjutnya, untuk masing-masing gambar akan ditarik suatu garis dari satu titik ke titik lainnya yang memiliki nilai *keypoint* yang cocok [15]. Contoh pencocokan citra uji dengan citra sampel dapat dilihat pada Gambar 2.8.

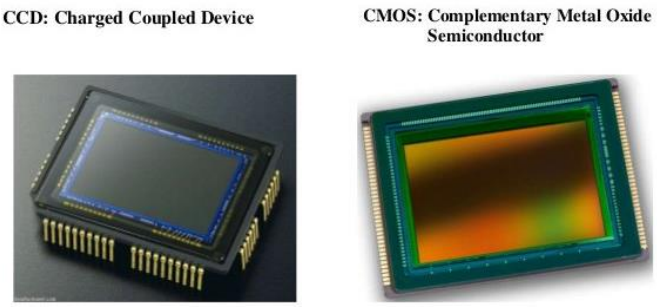


Gambar 2.8 Pencocokan FLANN

(Sumber: https://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/py_tutorials/py_feature2d/py_matcher/py_matcher.html)

2.5 Sensor Citra

Citra adalah gambaran yang tampak pada cermin atau melalui lensa kamera. Sensor citra 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.

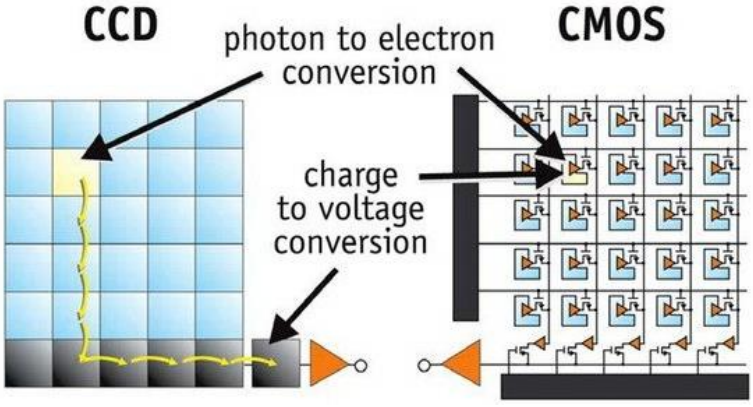


Gambar 2.9 Perbedaan Sensor CCD dan Sensor CMOS

(Sumber: plazakamera.com)

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 prossesor 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.

Sensor kamera ini sangat berpengaruh terhadap kualitas gambar. Untuk jumlah *pixel* yang sama, sensor yang ukurannya lebih besar dapat menghasilkan gambar dengan kualitas yang lebih baik. Hal ini dikarenakan sensor yang berukuran lebih besar umumnya lebih peka terhadap cahaya, sehingga intensitas cahaya yang diterimanya pun dapat lebih besar. Inilah mengapa kualitas gambar kamera DSLR bisa jauh lebih baik dari kamera HP meski resolusinya sama. (Ikhsan, Nur., 2011, Perbedaan Sensor Gambar CCD dan CMOS di Kamera Digital).



Gambar 2.10 Sel Sensor kamera CCD dan CMOS [16]

Baik sensor CCD (*Charge-Coupled Device*) maupun CMOS (*Complimentary Metal-Oxide Semiconductor*) berfungsi sama yaitu mengubah cahaya menjadi elektron. Untuk mengetahui cara sensor bekerja kita harus mengetahui prinsip kerja sel surya. Anggap saja sensor yang digunakan di kamera digital seperti memiliki ribuan bahkan jutaan sel surya yang kecil dalam bentuk

matrik dua dimensi. Masing-masing sel akan mentransform cahaya dari sebagian kecil gambar yang ditangkap menjadi elektron. Kedua sensor tersebut melakukan pekerjaan tersebut dengan berbagai macam teknologi yang ada.

Langkah berikut adalah membaca nilai dari setiap sel di dalam gambar. Dalam kamera bersensor CCD, nilai tersebut dikirimkan ke dalam sebuah chip dan sebuah konverter analog ke digital mengubah setiap nilai *pixel* menjadi nilai digital. Dalam kamera bersensor CMOS, ada beberapa transistor dalam setiap *pixel* yang memperkuat dan memindahkan elektron dengan menggunakan kabel. Sensor CMOS lebih fleksibel karena membaca setiap *pixel* secara individual.

Sensor CCD memerlukan proses pembuatan secara khusus untuk menciptakan kemampuan memindahkan elektron ke chip tanpa distorsi. Dalam kata lain, sensor CCD menjadi lebih baik kualitasnya dalam ketajaman dan sensitivitas cahaya. Lain halnya, chip sensor CMOS dibuat dengan cara yang lebih tradisional dengan cara yang sama untuk membuat mikroprosesor. Karena proses pembuatannya berbeda, ada beberapa perbedaan mendasar dari sensor CCD dan CMOS:

- Sensor CCD, seperti yang disebutkan di atas, kualitasnya tinggi, gambarnya *low-noise*. Sensor CMOS lebih besar kemungkinan untuk *noise*.
- Sensitivitas CMOS lebih rendah karena setiap *pixel* terdapat beberapa transistor yang saling berdekatan. Banyak foton mengenai transistor dibandingkan dioda-foto.
- Sensor CMOS menggunakan sumber daya listrik yang lebih kecil.
- Sensor CCD menggunakan listrik yang lebih besar, kurang lebih 100 kali lebih besar dibandingkan sensor CMOS.
- Chip CMOS dapat difabrikasi dengan cara produksi mikroprosesor yang umum sehingga lebih murah dibandingkan sensor CCD.
- Sensor CCD telah diproduksi massal dalam jangka waktu yang lama sehingga lebih matang. Kualitasnya lebih tinggi dan lebih banyak *pixel*-nya.

Berdasarkan perbedaan tersebut, dapat lihat bahwa sensor CCD lebih banyak digunakan di kamera yang fokus pada gambar yang *high-quality* dengan

pixel yang besar dan sensitivitas cahaya yang baik. Sensor CMOS lebih ke kualitas di bawahnya, resolusi dan sensitivitas cahaya yang lebih rendah. Akan tetapi pada saat ini sensor CMOS telah berkembang hampir menyamai kemampuan sensor CCD. Kamera yang menggunakan sensor CMOS biasanya lebih murah dan umur baterainya lebih lama.

Saat ini banyak kamera digital murah yang menggunakan sensor CMOS daripada CCD. Sensor CMOS memiliki keunggulan dimana ongkos produksi murah sehingga harga kamera lebih terjangkau. Sedangkan CCD memiliki keunggulan dimana sensor lebih peka cahaya, jadi pada kondisi redup (sore/ malam) tanpa bantuan lampu kilat masih bisa menangkap objek dengan baik, sedangkan pada CMOS sangat buram [16].

2.5.1 *Web Camera*

Web camera atau yang biasa lebih dikenal dengan *webcam* adalah kamera video digital kecil yang dihubungkan ke komputer melalui port USB atau serial. Fungsi *webcam* yang paling populer saat ini yaitu untuk melakukan *video* conference melalui internet. Dalam perkembangan selanjutnya, webcam tidak hanya difungsikan sebagai *video conference* tetapi juga banyak digunakan pada proses pengolahan citra. Gambar 2.11 merupakan bentuk fisik dari *web camera*.

Gambar 2.11 *Web camera*

(Sumber: https://www.logitech.com/en-us/video/webcams)

2.6 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor jarak yang paling sering digunakan adalah sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik pada dasarnya adalah sebuah speaker yang mengeluarkan gelombang suara. Sensor ini memiliki dua bagian, yaitu bagian *transmitter* yang bertugas untuk mengeluarkan denyut gelombang suara dan bagian *receiver* yang berfungsi untuk menangkap suara. Karena suara yang dikeluarkan berfrekuensi dalam rentang ultrasonik, maka suara tersebut tidak dapat didengar secara langsung oleh manusia karena kecepatan suara ultrasonik (340 meter/detik) diatas kemampuan pendengaran manusia.

Gambar 2.12 Sensor Ultrasonik HC-SR04

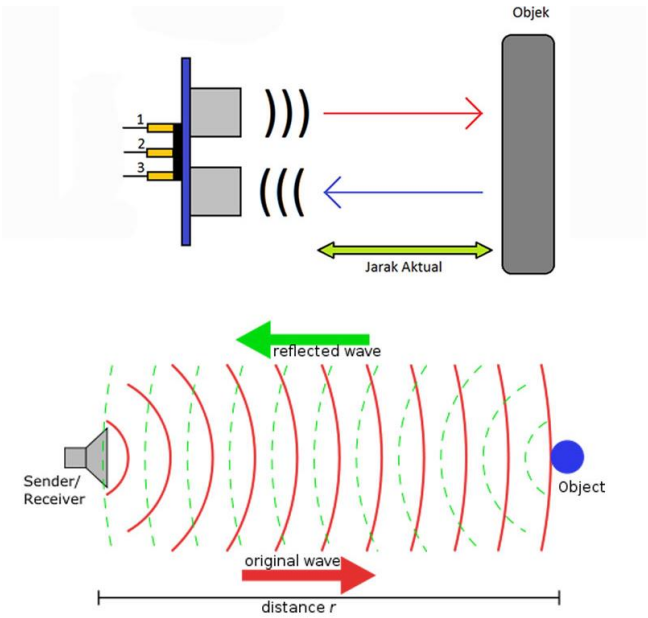
(Sumber: https://kelasrobot.com/cara-mudah-program-sensor-ultrasonic-dengan-arduino-tanpa-library/)

Dalam dunia robotika, sensor ini banyak digunakan dalam rangkaian robot untuk mendeteksi benda didepannya sehingga robot dapat memutar roda untuk terhindar dari tabrakan dengan objek tersebut. Selain itu, sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur luas ruangan, seperti layaknya alat ukur pada umumnya.

2.6.1 Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik

Prinsip pengukuran jarak dengan sensor ultrasonik adalah pada bagian *transmitter* akan mengeluarkan gelombang suara dan bagian *receiver* akan menangkap kembali suara yang dipantulkan oleh benda apa pun yang berada di depannya. Semakin dekat benda tersebut, maka waktu yang dibutuhkan untuk diterima oleh *receiver* adalah semakin cepat. Sebaliknya, semakin jauh jaraknya, maka semakin lama pantulan tersebut ditangkap oleh *receiver*. Gelombang yang dipancarkan oleh *transmitter* dan yang dipantulkan memiliki kecepatan suara sebesar 340 meter/ detik. Sehingga, dengan kecepatan suara yang sama, jarak diukur dari berapa lama waktu yang dibutuhkan sejak suara keluar dari

transmitter dan diterima oleh *receiver* [17]. Dalam satu kali transmisi, sensor akan mengeluarkan 8 siklus gelombang. Jarak satu siklus dengan yang lainnya adalah 10 mikro detik atau 0.00001 detik.



Gambar 2.13 Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik HC-SR04

(Sumber: http://belajarelektronika.net/sensor-ultrasonik/)

Kecepatan adalah jarak dibagi waktu total. Karena jarak yang dibutuhkan untuk 8 siklus gelombang tersebut adalah dua kali (untuk pergi dan kembali), maka kecepatan adalah 2 kali jarak dibagi total waktu. Mengingat kecepatan suara adalah 340 meter / detik, maka rumus menghitung jarak menjadi = (340 / 2) x waktu total atau jarak 170 x waktu total. Jarak di atas masih dalam satuan meter. Jika ingin menampilkan hasil dalam sentimeter (cm), maka rumus jarak adalah 17000 x waktu total. (Dinata, Andi., 2017,

2.7 Pengolahan Citra

Pengolahan citra atau *image processing* adalah cabang ilmu informatika untuk memperbaiki kualitas citra agar kualitasnya lebih baik atau lebih mudah diinterpretasi oleh manusia maupun komputer. Input dari program pengolahan citra adalah citra dan outputnya pun adalah citra. Pengolahan citra dikembangkan bertujuan untuk:

1. Untuk memperbaiki tampilan citra (*image enchancement*).
2. Untuk mengurangi ukuran file citra dengan tetap mempertahankan kualitas citra (*image compression*)
3. Untuk memulihkan citra ke kondisi semula (*image restoration*)
4. Untuk menyoroti ciri tertentu dari citra agar lebih mudah untuk di analisis.

2.7.1 Citra Digital

Citra didefinisikan sebagai fungsi dari dua variabel misalnya a(x,y) dimana a sendiri sebagai *amplitude* (misalnya kecerahan) citra pada koordinat (x,y). Selain itu, citra digital a[m,n] merupakan citra dalam ruang diskrit 2D yang berasal dari citra analog a(x,y) di ruang kontinyu 2D melalui proses *sampling* yaitu yang biasa disebut sebagai digitalisasi.

Citra digital dapat juga diartikan sebagai citra f(x,y) yang telah didiskritkan pada koordinat spasial dan kecerahan. Citra digital direpresentasikan oleh *array* dua dimensi atau sekumpulan *array* dua dimensi dimana setiap *array* merepresentasikan satu kanal warna. Nilai kecerahan yang didigitalkan dinamakan nilai tingkat keabuan.

Setiap elemen *array* tersebut dinamakan *pixel* atau pel yang diambil dari istilah "*picture element"*. Dimensi citra biasanya ditulis dengan format panjang x tinggi (misalnya 640 x 480 *pixel*) [18].

2.7.2 *OpenCV* (*Open Computer Vision*)

OpenCV (*Open Computer Vision*) merupakan salah satu produk *opensource* dan merupakan sebuah API (*Application Programming Interface*) *Library* yang sudah sangat familiar pada pengolahan citra. *OpenCV* sendiri diluncurkan dalam lisensi BSD dan bebas digunakan untuk keperluan akademik maupun komersial. Produk ini mendukung *interface* C/C++, phyton, java, serta dapat dijalankan diberbagai *platform* seperti Windows, Linux, Mac OS, iOS dan Android.

Computer Vision itu sendiri adalah salah satu cabang dari bidang ilmu pengolahan citra atau dikenal sebagai *image processing* yang memungkinkan komputer dapat melihat seperti manusia. Dengan penglihatan tersebut komputer dapat mengambil keputusan, melakukan aksi, dan mengenali terhadap suatu

objek. Beberapa pengembangan dan projek-projek dari produk ini adalah *face recognition, face detection, face/object tracking,* maupun *road tracking.*

Gambar 2.14 Logo *OpenCV*

(Sumber: opencv.org)

OpenCV memiliki segudang fitur yang bisa kita manfaatkan dalam melakukan riset atau pekerjaan kita yang berhubungan dengan *computer vision* (*image processing, video processing,* dan lain-lain) diantaranya:

1. Manipulasi data citra (alokasi, *copying, setting,* konversi).
2. *Image* dan video I/O (*file* dan *input based camera, image/video file output)*
3. Manipulasi matriks dan vektor beserta aljabar linear (*products, solvers, eigen values,* SVD).
4. Data struktur dinamis(*lists, queues, sets, trees, graphs*).
5. Pemrosesan citra fundamental (*filtering, edge detection, corner detection, sampling and interpolation, color conversion, morphological operations, histograms, image pyramids*).
6. Analisis struktur (*connected components, contour processing, distance transform, various moments, template matching, hough transform, polygonal approximation, line fitting, ellipse fitting, delaunay triangulation*).
7. Kalibrasi kamera (*calibration patterns,* estimasi fundamental matriks, estimasi homography, *stereo correspondence*).
8. Analisis gerakan (*optical flow, segmentation, tracking*).
9. Pengenalan objek (*eigen-methods,* HMM).
10. *Graphical User Interface* (*display image/video*, penanganan keyboard dan *mouse handling, scroll-bars*).
11. Pelabelan citra(*line, conic, polygon, text drawing*).

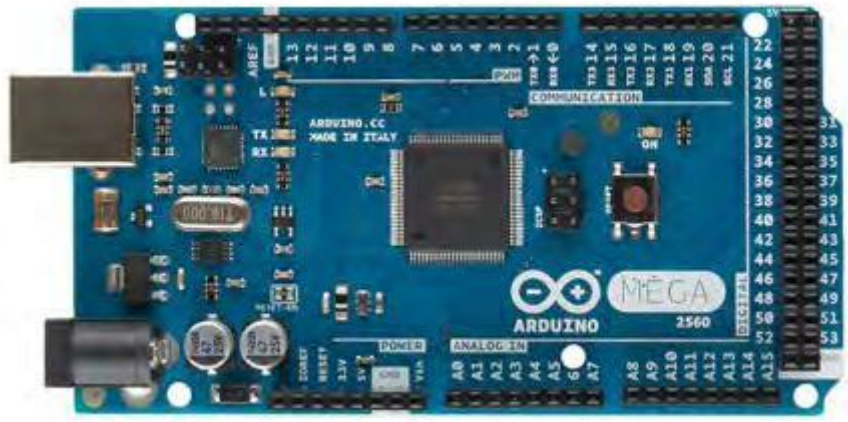
2.8 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umunya dapat menyimpan program di dalamnya. Terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Kelebihan utama dari mikrokontroler ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran board mikrokontroler menjadi sangat ringkas.

Mikrokontroler tersusun dalam satu *chip* dimana prosesor, memori, dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan kontrol sistem sehingga mikrokontroler dapat dikatakan sebagai komputer mini yang dapat bekerja secara inovatif sesuai dengan kebutuhan sistem [19].

2.8.1 Arduino Mega 2560

Arduino adalah *board* berbasis mikrokontroler atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (integrated circuit) yang bisa diprogram menggunakan computer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan proses input, dan output sebuah rangkaian elektronik.



Gambar 2.15. Arduino Mega 2560

(Sumber: http://www.labelektronika.com/2017/02/arduino-mega-2560-mikrokontroler.html)

Pada gambar 2.13 merupakan jenis Arduino Mega type 2560, Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroller yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroller. Spesifikasi Arduino Mega 2560 sebagai berikut [20]:

- Mikrokontroler ATmega2560
- Tegangan Operasianal 5V
- Tegangan Input (rekomendasi) 7-12V
- Tegangan Input (limit) 6-20V
- Pin Digital I/O 54
- Pin Analog Input 16
- Arus DC per Pin I/O 20 mA
- Arus DC untuk Pin 3.3 V 50 mA
- Memori Flash 256 KB
- RAM 8 KB
- EEPROM 4 KB
- Clock Speed 16 MHz
- LED_BUILTIN 13
- Panjang 101.52 mm
- Lebar 53.3 mm
- Berat 37 g

2.8.2 *Raspberry Pi 3 Model B*

Raspberry Pi adalah sebuah komputer kecil yang berukuran seperti sabun mandi batang. Karena *Raspberry* adalah sebuah komputer, maka secara fungsi tidak berbeda dengan komputer berukuran besar yang ada di sekolah, rumah,

kantor, atau laptop. Artinya, *Raspberry Pi* bisa digunakan untuk membuat dokumen, menghitung, menggambar, *browsing* internet, men-*download*, mencetak dokumen, menonton film, memutar musik maupun bermain game. Karena ukurannya yang kecil, *Raspberry Pi* dapat dibawa ke mana saja, berat *Raspberry Pi* juga tidak lebih dari dua bungkus mie instan. Karena ukurannya yang kecil dan ringan maka bukan tidak mungkin *Raspberry Pi* dapat masuk kedalam saku atau tas dengan mudah.

Raspberry Pi diciptakan oleh sekelompok orang di Inggris. Awalnya, *Raspberry Pi* digunakan untuk membantu orang-orang di Afrika untuk belajar komputer dengan biaya murah. Sehingga, orang-orang yang tidak mampu juga dapat belajar komputer tanpa harus mengeluarkan biaya besar. Dalam pengembangannya, *Raspberry Pi* menarik banyak minat orang karena kemampuannya yang lebih dari sekedar komputer. Sistem operasi utama untuk *Raspberry Pi* adalah *Raspbian OS* dan didasarkan dari *Debian* (*based on Debian*). Sistem operasi ini adalah distribusi *Linux* sehingga tampilannya akan berbeda dengan sistem operasi *Windows*.

Salah satu jenis *mini computer* yang di produksi oleh perusahaan *Raspberry Pi* adalah jenis *Raspberry Pi* 3 Model B yang merupakan model terbaru. Model ini merupakan yang terbaik saat ini karena kecepatannya mencapai 4 kali lipat diandingkan *Raspberry Pi* 2. Selain itu, versi ini sudah memiliki *built-in* Wi-Fi (802.11n) dan *Bluetooth* 4, serta *Bluetooth Low Energy* (BLE). Spesifikasinya adalah sebagai berikut :

- *Broadcom BCM2387 64 bit ARMv7 Quad core Processor powered Single Board Computer running at 1.2 Ghz.*
- 1 GB RAM (*Random Access Memory*)
- *BCM43143 Wi-Fi on board*
- *Bluetooth Low Energy (BLE) o board*
- 40 *pin extended GPIO*
- 4 x USB 2 *ports*
- 4 *pole stereo output* dan *composite video port*
- *Full size* HDMI
- CSI *camera port* untuk koneksi *pi camera*

- DSI *display port* untuk koneksi *touch screen display*
- *Micro USB* untuk penyimpanan data

Raspberry Pi 3 model B memiliki harga yang sama dengan *Raspberry Pi 2*. Oleh Karena itu, model ini memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi sehingga pengguna tidak perlu mengeluarkan biaya tambahan untuk membeli Wifi dan *Bluetooth* USB. Karena lebih cepat dan lengkap, *Raspberry Pi 3 model B* memerlukan daya yang lebih besar yaitu menggunakan sumber daya dengan arus diatas 2.5 A. Saat daya yang dibutuhkan lebih kecil, maka voltase yang masuk ke *Raspberry Pi* 3 model B akan menurun sehingga jika membuat *project* yang menggunakan *display* atau layer LCD, tampilan akan terganggu. Saat voltase turun dibawah 4.65 Volt, maka peringatan akan muncul berupa tanda pelangi atau petir pada *desktop* [21].

Gambar 2.16 *Raspberry Pi 3 Model B* [22]

2.9 Penggerak / Aktuator

Penggerak adalah sebuah peralatan mekanis untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme atau sistem. Penggerak diaktifkan dengan menggunakan lengan mekanis yang biasanya digerakan oleh motor listrik, yang dikendalikan oleh media pengontrol otomatis yang terprogram di antaranya mikrokontroler.

Penggerak adalah elemen yang mengkonversikan besaran listrik analog menjadi besaran lainnya misalnya kecepatan putaran dan merupakan perangkat

elektromagnetik yang menghasilkan daya gerakan sehingga dapat menghasilkan gerakan pada robot. Untuk meningkatkan tenaga mekanik penggerak ini dapat dipasang sistem *gearbox*.

Penggerak dapat melakukan hal tertentu setelah mendapat perintah dari kontroller. Misalnya pada suatu robot pemetik buah, jika terdapat buah, maka sensor akan memberikan informasi pada kontroller yang kemudian akan memerintah pada pengerak untuk bergerak mendekati posisi buah.

2.9.1 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC yang dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem *closed loop* yang terintegrasi dalam motor tersebut. Pada motor servo posisi putaran sumbu (axis) dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo.

Gambar 2.17 Motor servo

(Sumber: https://elektronika-dasar.web.id/motor-servo/)

Motor servo disusun dari sebuah motor DC, *gearbox*, *variabel resistor* (VR) atau potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas maksimum putaran sumbu (*axis*) motor servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan modulasi lebar pulsa yang diberikan pada pin kontrol motor servo.

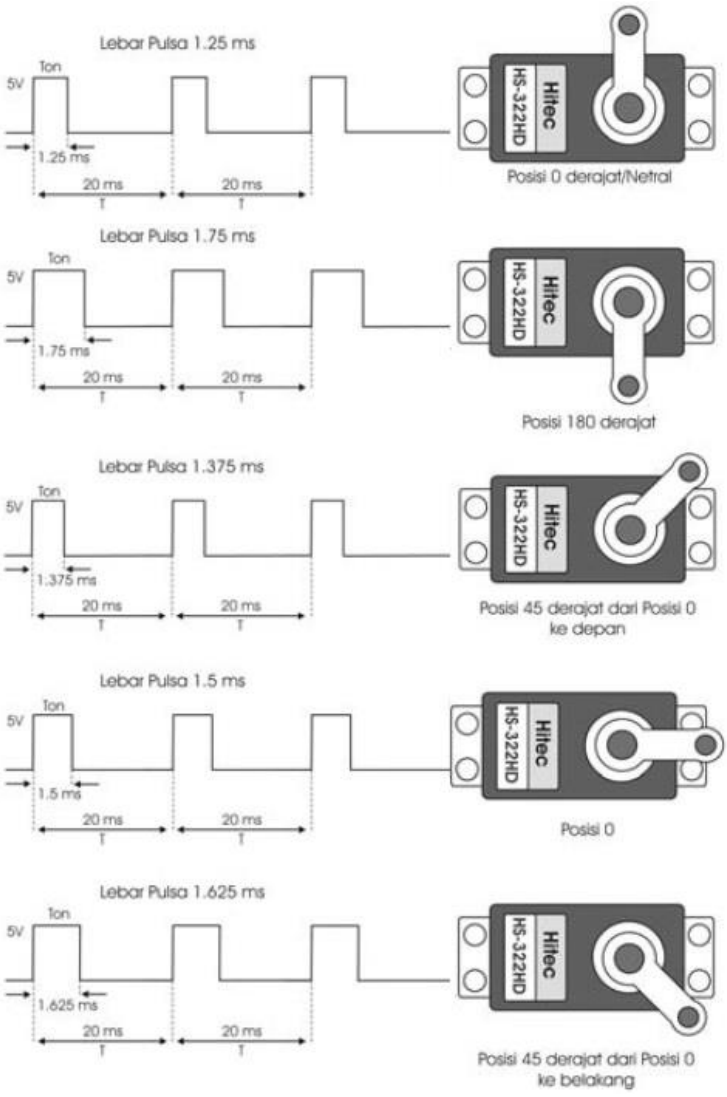
Motor servo merupakan motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya.

Motor servo yang digunakan pada robot sortir buah/sayur ini merupakan motor servo standar 180°. Motor servo jenis ini hanya mampu bergerak dua arah

(CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan – tengah – kiri adalah 180°.

2.9.2 Pengoperasian Motor Servo

Operasional motor servo dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar ± 20 ms, dimana lebar pulsa antara 0.5 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari range sudut maksimum. Apabila motor servo diberikan pulsa dengan besar 1.5 ms mencapai gerakan 90°, maka bila kita berikan pulsa kurang dari 1.5 ms maka posisi mendekati 0° dan bila kita berikan pulsa lebih dari 1.5 ms maka posisi mendekati 180°.



Gambar 2.18 Pengontrolan pulsa motor servo

(Sumber: http://belajarelektronika.net/motor-servo-pengertian-fungsi-dan-prinsip-kerjanya/)

Motor Servo akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan sinyal PWM dengan frekuensi 50 Hz. Dimana pada saat sinyal dengan frekuensi 50 Hz tersebut dicapai pada kondisi T_{on} *duty cycle* 1.5 ms, maka rotor dari motor akan berhenti tepat di tengah-tengah (sudut 0°/ netral).

Pada saat T_{on} *duty cycle* dari sinyal yang diberikan kurang dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar ke berlawanan arah jarum jam (*Counter Clock wise*, CCW) dengan membentuk sudut yang besarnya linier terhadap besarnya T_{on} *duty cycle*, dan akan bertahan diposisi tersebut. Dan sebaliknya, jika T_{on} *duty cycle* dari sinyal yang diberikan lebih dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar searah jarum jam (*Clock Wise*, CW) dengan membentuk sudut yang linier pula terhadap besarnya T_{on} *duty cycle*, dan bertahan diposisi tersebut.