

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian *Arm Robot Manipulator*

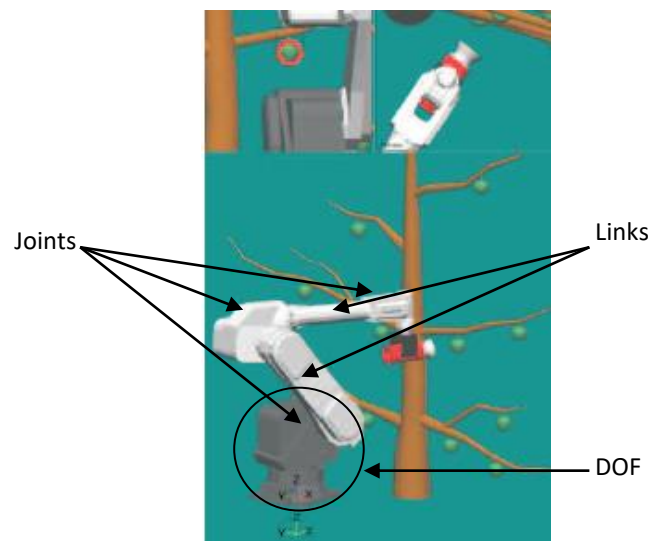
Arm robot manipulator merupakan gabungan dari beberapa segmen dan sendi yang secara umum dibagi menjadi 3 bagian, yaitu: *arm*, *wrist* dan *gripper*. Konfigurasi robot digunakan untuk mengklasifikasikan robot-robot industri. Konfigurasi robot mengarah pada bentuk geometri dari *arm robot manipulator*, 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.

2.1.1. Konsep Dasar *Robot Manipulator*

Manipulator merupakan bagian mekanik yang dapat difungsikan untuk memindahkan, mengangkat, dan memanipulasi benda kerja. Dengan kata lain, manipulator merupakan sekumpulan hubungan mekanik yang terdiri dari rangkaian kinematik. Beberapa istilah dalam manipulator robot yaitu :

1. *Link* (sambungan) merupakan bagian kerangka yang kaku yang dihubungkan secara bersamaan sehingga membentuk suatu rangkaian kinematik.
2. *Joint* (sendi) merupakan koneksi antar link yang dapat menentukan pergerakan yang dilakukan.
3. *Degree Of Freedom* (derajat kebebasan) merupakan sambungan pada lengan yang dapat digerakkan secara bebas sesuai dengan sudutnya[7].



Gambar 2.1 Contoh *Link* dan *Joint* pada Lengan Robot
(Sumber : Johan, Kevin, Sven, Wim, Eric., 2007)

Derajat kebebasan digunakan untuk mengetahui cara robot bergerak, tingkat kerumitan algoritma kendali dan jumlah motor lengan robot yang digunakan. Penentuan jumlah DOF dilakukan berdasarkan jumlah gerakan yang dapat dilakukan oleh lengan robot atau jumlah aktuator lengan robot.

Ruang jangkauan robot adalah semua tempat yang dapat dijangkau oleh end effector. Hal ini tergantung pada sudut derajat kebebasan dan panjang jangkauan lengan. Ruang kerja ini juga tergantung kepada konfigurasi yang dibuat.

Secara umum manipulator lengan robot terdiri dari :

1. Mekanik Tangan

Merupakan pembentukan utama konstruksi pada lengan robot, dimana pembentukannya disesuaikan dengan kebutuhan dari lengan robot dan pengendalian lengan robot tersebut.

2. *End Effector*

Merupakan suatu komponen pada lengan robot yang mempunyai fungsi mencengkram suatu objek tertentu untuk dipegang atau dipindahkan. *End-Effector* terdiri dari beberapa jenis, antara lain :

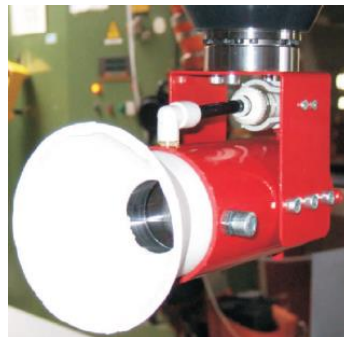
- a. *Gripper* (Pencengkram), merupakan suatu alat yang digunakan untuk mencengkram objek. Gambar 2.2 menunjukkan *end effector gripper*.



Gambar 2.2 *End Effector Gripper*

(Sumber : <https://store.roboticsbd.com/robotics-parts/578-robotics-claw-mechanical-gripper-clamp-kit-robotics-bangladesh.html>)

- b. Vacuum gripper merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mencengkram benda menggunakan metode vacuum (hisap) sehingga tidak merusak bentuk dari benda tersebut. Gambar 2.3 menunjukkan *end effector vacuum gripper*.



Gambar 2.3 End effector vacuum gripper

(Sumber : Johan, Kevin, Sven, Wim, Eric., 2007)

- c. *Cutting gripper*, merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memotong suatu benda.

2.2. *Artificial Intelligent*

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 buatan (*artificial intelligence*) merupakan kawasan penelitian, aplikasi dan instruksi yang terkait dengan pemrograman computer untuk melakukan hal yang dalam pandangan manusia adalah cerdas".

Manusia cerdas dalam menyelesaikan permasalahan karena manusia mempunyai pengetahuan dan pengalaman. Pengetahuan diperoleh dari belajar. Semakin banyak bekal pengetahuan yang dimiliki tentu akan lebih mampu menyelesaikan permasalahan. Tapi bekal pengetahuan saja tidak cukup, manusia juga diberi akal untuk melakukan penalaran, mengambil kesimpulan berdasarkan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki. Tanpa bekal pengetahuan dan pengalaman yang memadai, manusia juga tidak akan bisa menyelesaikan masalah dengan baik [8].

Demikian juga agar mesin bisa cerdas (bertindak seperti dan sebaik manusia) maka harus diberi bekal pengetahuan, sehingga mempunyai kemampuan untuk menalar. Untuk membuat aplikasi kecerdasan buatan terhadap mesin, ada 2 bagian utama yang sangat dibutuhkan :

1. Basis Pengetahuan (*Knowledge Base*), bersifat fakta-fakta, teori , pemikiran dan hubungan antar satu dengan yang lainnya.
2. Motor Inferensi (*Inference Engine*), kemampuan menarik kesimpulan berdasarkan pengetahuan dan pengalaman.

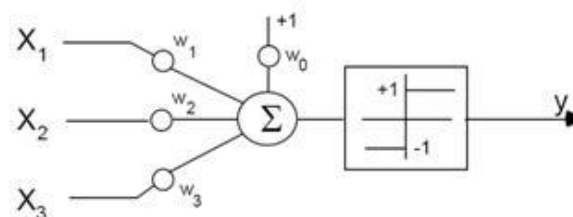
2.2.1. Metode *Neural Network*

Neural Network merupakan kategori ilmu *Soft Computing*. *Neural Network* sebenarnya mengadopsi dari kemampuan otak manusia yang mampu memberikan stimulasi/rangsangan, melakukan proses, dan memberikan output. Output diperoleh dari variasi stimulasi dan proses yang terjadi di dalam otak manusia.

Kemampuan manusia dalam memproses informasi merupakan hasil kompleksitas proses di dalam otak. Misalnya, yang terjadi pada anak-anak, mereka mampu belajar untuk melakukan pengenalan meskipun mereka tidak mengetahui algoritma apa yang digunakan. Kekuatan komputasi yang luar biasa dari otak manusia ini merupakan sebuah keunggulan di dalam kajian ilmu pengetahuan.

Perkembangan ilmu Neural Network sudah ada sejak tahun 1943 ketika Warren McCulloch dan Walter Pitts memperkenalkan perhitungan model neural network yang pertama kalinya. Mereka melakukan kombinasi beberapa *processing unit* sederhana bersama-sama yang mampu memberikan peningkatan secara keseluruhan pada kekuatan komputasi.

Hal ini dilanjutkan pada penelitian yang dikerjakan oleh Rosenblatt pada tahun 1950, dimana dia berhasil menemukan sebuah *two-layer network*, yang disebut sebagai *perceptron*. Perceptron memungkinkan untuk pekerjaan klasifikasi pembelajaran tertentu dengan penambahan bobot pada setiap koneksi antar-*network*.



Gambar 2.4 Perceptron

Keberhasilan perceptron dalam pengklasifikasian pola tertentu ini tidak sepenuhnya sempurna, masih ditemukan juga beberapa keterbatasan didalamnya. Perceptron tidak mampu untuk menyelesaikan permasalahan XOR (*exclusive-OR*). Penilaian terhadap keterbatasan neural network ini membuat penelitian di bidang ini sempat mati selama kurang lebih 15 tahun. Namun demikian, perceptron berhasil menjadi sebuah dasar untuk penelitian-penelitian selanjutnya di bidang neural network. Pengkajian terhadap neural network mulai berkembang lagi selanjutnya di awal tahun 1980-an.

Para peneliti banyak menemukan bidang interest baru pada domain ilmu neural network. Penelitian terakhir diantaranya adalah mesin Boltzmann, jaringan Hopfield, model pembelajaran kompetitif, *multilayer network*, dan teori model resonansi adaptif.

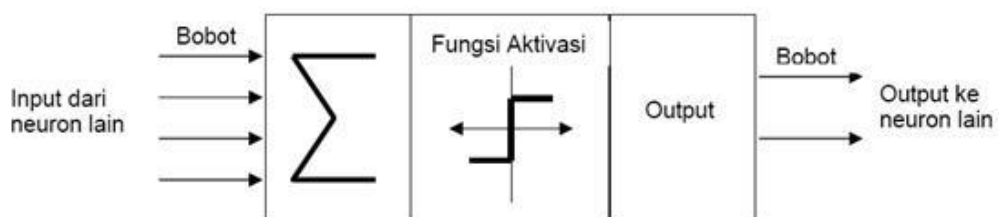
Untuk saat ini, Neural Network sudah dapat diterapkan pada beberapa *task*, diantaranya *classification*, *recognition*, *approximation*, *prediction*, *clusterization*, *memory simulation* dan banyak task-task berbeda yang lainnya, dimana jumlahnya semakin bertambah seiring berjalannya waktu.

Fungsi dari Neural Network diantaranya adalah:

1. Pengklasifikasian pola
2. Memetakan pola yang didapat dari input ke dalam pola baru pada output
3. Penyimpanan pola yang akan dipanggil kembali
4. Memetakan pola-pola yang sejenis
5. Pengoptimasi permasalahan
6. Prediksi

2.2.1.1 Struktur *Neural Network*

Ide mendasar dari *Artificial Neural Network* (ANN) adalah mengadopsi mekanisme berpikir sebuah sistem atau aplikasi yang menyerupai otak manusia, baik untuk pemrosesan berbagai sinyal elemen yang diterima, toleransi terhadap kesalahan/*error*, dan juga *parallel processing*.



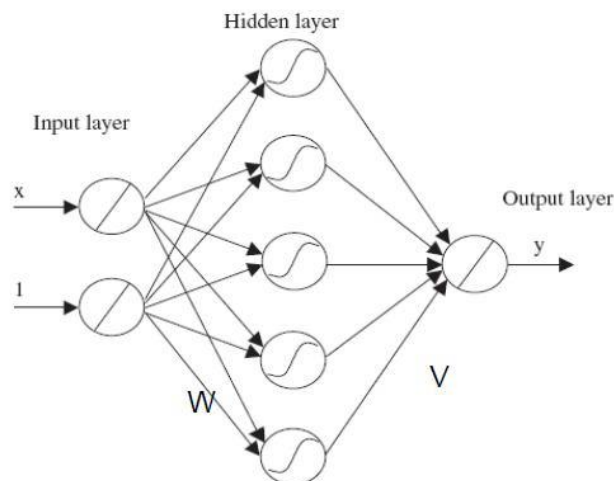
Gambar 2.5 Stuktur ANN

Karakteristik dari ANN dilihat dari pola hubungan antar neuron, metode penentuan bobot dari tiap koneksi, dan fungsi aktivasinya. Gambar di atas menjelaskan struktur ANN secara mendasar, yang dalam kenyataannya tidak hanya sederhana seperti itu. Neural network dibangun dari banyak node/unit yang dihubungkan oleh link secara langsung. Link dari unit yang satu ke unit yang

lainnya digunakan untuk melakukan propagasi aktivasi dari unit pertama ke unit selanjutnya. Setiap link memiliki bobot numerik. Bobot ini menentukan kekuatan serta penanda dari sebuah konektivitas.

Proses pada ANN dimulai dari input yang diterima oleh neuron beserta dengan nilai bobot dari tiap-tiap input yang ada[9]. Setelah masuk ke dalam neuron, nilai input yang ada akan dijumlahkan oleh suatu fungsi perambatan (*summing function*), yang bisa dilihat seperti pada di gambar dengan lambang sigma (Σ). Hasil penjumlahan akan diproses oleh fungsi aktivasi setiap neuron, disini akan dibandingkan hasil penjumlahan dengan *threshold* (nilai ambang) tertentu. Jika nilai melebihi *threshold*, maka aktivasi neuron akan dibatalkan, sebaliknya, jika masih dibawah nilai *threshold*, neuron akan diaktifkan. Setelah aktif, neuron akan mengirimkan nilai output melalui bobot-bobot outputnya ke semua neuron yang berhubungan dengannya. Proses ini akan terus berulang pada input-input selanjutnya.

ANN terdiri dari banyak neuron di dalamnya. Neuron-neuron ini akan dikelompokkan ke dalam beberapa layer. Neuron yang terdapat pada tiap layer dihubungkan dengan neuron pada layer lainnya.



Gambar 2.6 Multilayer Neural Network

Hal ini tentunya tidak berlaku pada layer input dan output, tapi hanya layer yang berada di antaranya. Informasi yang diterima di layer input dilanjutkan ke layer-layer dalam ANN secara satu persatu hingga mencapai layer terakhir/layer output.

1. Layer Input

Jumlah neuron dalam hal ini layer sesuai dengan jumlah input ke jaringan saraf. Lapisan ini terdiri dari node pasif yang tidak mengambil bagian sebenarnya dalam modifikasi sinyal, tetapi hanya mentransmisikan sinyal ke lapisan berikutnya.

2. Hidden Layer

Lapisan ini memiliki jumlah lapisan yang berubah-ubah dengan jumlah neuron yang berubah-ubah pula. Node pada lapisan ini berperan aktif untuk ikut serta dalam modifikasi sinyal.

3. Layer Output

Jumlah neuron di lapisan output sesuai dengan jumlah nilai-nilai output dari jaringan saraf. Node di lapisan ini adalah salah satu yang aktif.

2.2.2. Metode *Fuzzy Logic*

Logika *fuzzy* adalah metode untuk memformalkan kapasitas penalaran manusia yang tidak tepat atau perkiraan penalaran. Alasan tersebut mewakili kemampuan manusia untuk berpikir “kira-kira” dan menilai ketidakpastian suatu informasi. Dalam logika *fuzzy*, semua kebenaran bersifat parsial atau mendekati.

Logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan antara hitam dan putih, dan konsep tidak pasti dalam bentuk linguistic seperti ‘sedikit’, ‘lumayan’, dan ‘sangat’. Logika *fuzzy* berhubungan dengan set *fuzzy* dan teori kemungkinan[10]. Pada saat ini telah banyak penelitian dan produk yang dihasilkan menggunakan control logika *fuzzy*, diantaranya :

- a. Pada tahun 1990 pertama kali dibuat sistem *fuzzy* pada mesin cuci untuk untuk menentukan putaran yang tepat secara otomatis berdasarkan jenis kotoran, banyaknya kotoran, dan jumlah yang akan dicuci.
- b. Transmisi otomatis pada mobil. Mobil Nissan telah menggunakan sistem *fuzzy* pada transmisi otomatis dan mampu menghemat bensin 12-17%.
- c. Kereta bawah tanah Sendai mengontrol pemberhentian otomatis pada area tertentu.
- d. Ilmu kedokteran dan biologi, seperti sistem diagnosis, penelitian kanker, dan manipulasi peralatan prostetik.

- e. Manajemen dan pengambilan keputusan, seperti manajemen basis data, tata letak pabrik, dan sistem pembuat keputusan di militer.
- f. Ilmu lingkungan, seperti kendali kualitas air dan pendeteksi cuaca.

2.2.2.1. Himpunan *Fuzzy*

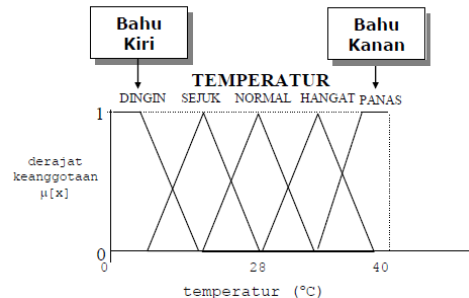
Ada beberapa hal yang harus diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, sebagai berikut:

- a. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*, contoh: umur, temperatur, permintaan, jarak.

- b. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh variabel temperatur terbagi menjadi lima himpunan *fuzzy*, yaitu DINGIN, NORMAL, HANGAT, dan PANAS. Gambar 2.7 di bawah ini merupakan contoh himpunan fuzzy pada variabel temperatur.



Gambar 2.7 Himpunan *Fuzzy* Pada Variabel Temperatur

- c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi atasnya. Contoh : semesta pembicaraan untuk variabel temperatur adalah $[0 \ 40]$.

d. Domain

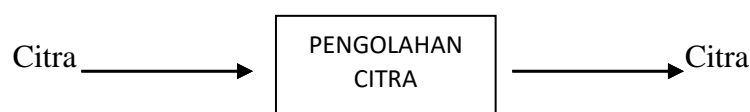
Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang akan diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif atau negatif. Contoh : DINGIN = [0 20], SEJUK = [15 25], NORMAL = [20 30], HANGAT = [25 35] dan PANAS = [30 40].

2.3. Pengolahan Citra (*Image Processing*)

Citra (*image*) istilah lain untuk gambar, sebagai salah satu komponen multimedia yang memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual[11]. Meskipun sebuah citra kaya informasi, namun seringkali citra yang kita miliki mengalami penurunan mutu (degradasi), misalnya mengandung cacat atau derau (*noise*), warnanya terlalu kontras, kurang tajam, kabur (*blurring*), dan sebagainya. Tentu saja citra semacam ini menjadi lebih sulit diinterpretasi karena informasi yang disampaikan oleh citra tersebut menjadi berkurang.

Agar citra yang mengalami gangguan mudah diinterpretasi (baik oleh manusia maupun mesin), maka citra tersebut perlu dimanipulasi menjadi citra lain yang kualitasnya lebih baik. Bidang studi yang menyangkut hal ini adalah pengolahan citra (*image processing*). Pengolahan citra adalah pemrosesan citra, khususnya dengan menggunakan komputer, menjadi citra yang kualitasnya lebih baik.

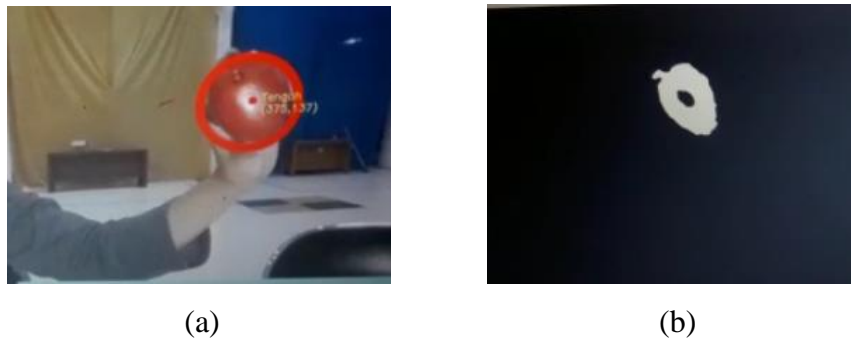
Pengolahan citra bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin (dalam hal ini komputer). Teknik-teknik pengolahan citra mentransformasikan citra menjadi citra lain. Jadi, masukannya adalah citra dan keluarannya juga citra, namun citra keluaran mempunyai kualitas lebih baik daripada citra masukan[12].



Gambar 2.8 Proses Pengolahan Citra
(Sumber :Benny Achmad. *Pengantar Pengolahan Citra*)

2.3.1. *Original Image dan Thresholding*

Original image merupakan tampilan citra yang tertangkap oleh sensor yang belum diolah lebih lanjut. Nantinya *original image* ini akan diolah dengan menggunakan beberapa metode, salah satunya metode *thresholding*. *Thresholding* merupakan salah satu metode segmentasi citra yang memisahkan antara objek dengan background dalam suatu citra berdasarkan pada perbedaan tingkat kecerahannya atau gelap terangnya. Region citra yang cenderung gelap akan dibuat semakin gelap (hitam sempurna dengan nilai intensitas sebesar 0), sedangkan region citra yang cenderung terang akan dibuat semakin terang (putih sempurna dengan nilai intensitas sebesar 1). Oleh karena itu, keluaran dari proses segmentasi dengan metode *thresholding* adalah berupa citra biner dengan nilai intensitas piksel sebesar 0 atau 1. Setelah citra sudah tersegmentasi atau sudah berhasil dipisahkan objeknya dengan *background*, maka citra biner yang diperoleh dapat dijadikan sebagai masking untuk melakukan proses *cropping* sehingga diperoleh tampilan citra asli tanpa *background* atau dengan *background* yang dapat diubah-ubah. Berikut ini merupakan contoh *original image* dan *thresholding*.



Gambar 2.9 (a) *Original Image*

(b) *Thresholding*

2.3.2. *Color Sorter Filtering*

Color sorter filtering adalah suatu teknik pengolahan citra yang dipakai untuk memanipulasi suatu citra berdasarkan warna spesifik. Cara kerjanya adalah dengan membandingkan komponen warna setiap *pixel image* dengan warna spesifik. Apabila warnanya sesuai dengan warna spesifik komponen warna *pixel* tersebut dibiarkan saja. Namun, bila warnanya tidak sesuai dengan warna spesifik

maka komponen warna *pixel* tersebut diubah menjadi warna background, biasanya menjadi warna hitam.

Warna yang digunakan dalam *Color Sorter Filtering* dapat direpresentasikan dalam berbagai ruang warna. Ada beberapa ruang warna yang dikenal, antara lain RGB (*Red, Green, Blue*), HSV (*Hue, Saturation, Value*), maupun CMYK (*Cyan, Magenta, Yellow, Key/Black*). HSV merupakan ruang warna yang sangat cocok untuk mengidentifikasi warna-warna dasar, dimana warna dasar ini digunakan dalam penelitian sebagai warna identifikasi robot. Selain itu, HSV mentoleransi terhadap perubahan intensitas cahaya. Inilah yang menjadi keunggulan HSV dengan ruang warna lainnya.

2.3.3. Warna RGB

Warna RGB (*Red, Green, Blue*) adalah kombinasi warna primer yaitu merah, hijau, dan biru, yang biasa digunakan oleh monitor komputer atau televisi. Warna yang dihasilkan berasal dari kombinasi tiga warna dan masing – masing memiliki nilai 8 bit merah, 8 bit hijau, dan 8 bit biru. Campuran ketiga warna primer tersebut dengan porposisi seimbang akan menghasilkan nuansa warna kelabu. Jika ketiga warna ini disaturasikan penuh, maka akan menghasilkan warna putih .

Sebuah jenis warna, dapat dibayangkan sebagai sebuah vektor di ruang 3 dimensi yang biasanya dipakai dalam matematika, koordinatnya dinyatakan dalam bentuk tiga bilangan, yaitu komponen-x, komponen-y dan komponen-z. Misalkan sebuah vektor dituliskan sebagai $r = (x, y, z)$. Untuk warna, komponen-komponen tersebut digantikan oleh komponen R(*red*), G(*green*), B(*Blue*).

Dalam suatu ruang yang sama sekali tidak ada cahaya, maka ruangan tersebut adalah gelap total. Tidak ada signal gelombang cahaya yang diserap oleh mata kita atau RGB (0,0,0). Apabila kita menambahkan cahaya merah pada ruangan tersebut, maka ruangan akan berubah warna menjadi merah misalnya RGB (255,0,0), semua benda dalam ruangan tersebut hanya dapat terlihat berwarna merah. Demikian apabila cahaya kita ganti dengan hijau atau biru. Jika warna RGB di campur semua, akan menghasilkan warna putih.

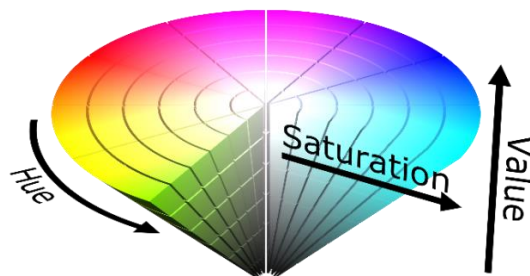
Untuk melihat daftar warna RGB lebih lengkapnya lihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Format Warna RGB

Warna	R	G	B
Merah	255	0	0
Hijau	0	255	0
Biru	0	0	255
Kuning	255	255	0
Magenta	255	0	255
Cyan	0	255	255
Putih	255	255	255
Hitam	0	0	0
Abu-abu	128	128	128

2.3.4. Model Warna HSV

Menurut beberapa penelitian, HSV adalah model warna yang lebih baik untuk digunakan dalam berbagai keperluan pengolahan citra dengan *computer vision*, misalnya saja pada *object tracking* berdasarkan warna. *Hue* (H) adalah ukuran dari jenis warna seperti warna merah, kuning, hijau, dan seluruh ukuran jenis warna yang ada.



Gambar 2.10 Ruang Warna HSV

Representasinya dalam bentuk derajat dengan nilai 0 – 360. Saturasi (S) adalah keberwarnaan suatu warna, semakin berwarna sebuah warna berarti semakin besar nilai saturasinya. Namun apabila suatu warna pucat, itu berarti saturasinya rendah. *Value* (V) adalah nilai kecerahan sebuah warna. Warna cerah memiliki nilai *Value* tinggi dan sebaliknya untuk warna yang gelap..

Ketika *value* bernilai sangat rendah, maka antara satu *hue* dan *hue* yang lain sulit dibedakan. Lebih sederhananya pada *value* sangat rendah, warna sulit dikenali. Apalagi ketika *value* = 0, berapa pun nilai *hue*-nya, yang terlihat adalah warna hitam. Artinya apapun warnanya, pada saat *value* = 0 semua warna tersebut akan terlihat hitam.

2.4. Sensor Jarak

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik).

2.4.1. Sensor Ultrasonik HC-SR04

HC-SR04 merupakan sensor ultrasonik yang dapat digunakan untuk mengukur jarak antara penghalang dan sensor. Konfigurasi pin dan tampilan sensor HC-SR04 diperlihatkan pada Gambar 2.4.



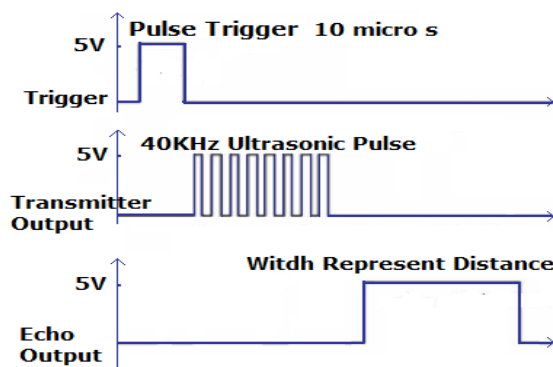
Gambar 2.11 Konfigurasi Pin dan Tampilan Sensor Ultrasonik HC-SR04
(Sumber: <http://skp.unair.ac.id/repository/GuruIndonesia/SENSORULTRASONIK>)

Ada 4 pin/kaki pada sensor HC-SR04. Berikut keterangannya :

1. Pin Trig (Triger) sebagai pin/kaki untuk memicu (mentrigger) pemancaran gelombang ultrasonik. Cukup dengan membuat logika “HIGH–LOW” maka sensor akan memancarkan gelombang ultrasonik.
2. Pin Echo sebagai pin/kaki untuk mendeteksi ultrasonik, apakah sudah diterima atau belum. Selama gelombang ultrasonik belum diterima, maka logika pin ECHO akan “HIGH”. Setelah gelombang ultrasonik diterima maka pin ECHO berlogika “LOW”.
3. Pin Vcc sebagai pin koneksi ke power supply + 5 Vdc. Dapat juga dihubungkan langsung ke pin Vcc mikrokontroler.
4. Pin Gnd (Ground) adalah pin koneksi ke power supply Ground. Dapat juga dihubungkan ke pin Gnd mikrokontroler.

Prinsip pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 adalah, ketika pulsa *trigger* diberikan pada sensor, transmitter akan mulai memancarkan gelombang ultrasonik, pada saat yang sama sensor akan menghasilkan output TTL transisi naik menandakan sensor mulai menghitung waktu pengukuran, setelah receiver menerima pantulan yang dihasilkan oleh suatu objek maka pengukuran waktu akan dihentikan dengan menghasilkan output TTL transisi turun.

Pemilihan HC-SR04 sebagai sensor jarak yang akan digunakan pada penelitian ini karena memiliki fitur sebagai berikut; kinerja yang stabil, pengukuran jarak yang akurat dengan ketelitian 0,3 cm, pengukuran maksimum dapat mencapai 4 meter dengan jarak minimum 2 cm, ukuran yang ringkas dan dapat beroperasi pada level tegangan TTL. Prinsip pengoperasian sensor ultrasonik HC-SR04 adalah sebagai berikut ; awali dengan memberikan pulsa *Low* (0) ketika modul mulai dioperasikan, kemudian berikan pulsa *High* (1) pada trigger selama 10 μ s sehingga modul mulai memancarkan 8 gelombang kotak dengan frekuensi 40 KHz, tunggu hingga transisi naik terjadi pada output dan mulai perhitungan waktu hingga transisi turun terjadi, setelah itu gunakan *Timing diagram* pengoperasian sensor ultrasonik HC-SR04 diperlihatkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.12 *Timing Diagram* Pengoperasian Sensor Ultrasonik HC-SR04
(Sumber : http://www.accudiy.com/download/HC-SR04_Manual.pdf, 2015)

2.5. Web Camera

Webcam (singkatan dari kamera web) adalah sebutan bagi kamera waktu-nyata yang gambarnya bisa dilihat melalui *www* (*World Wide Web*), program pengolah pesan cepat, atau aplikasi pemanggilan video. Istilah *webcam* merujuk pada teknologi secara umumnya, sehingga kata *webcam* kadang-kadang diganti dengan kata lain yang memberikan pemandangan yang ditampilkan di kamera. Kamera web dapat diartikan juga sebagai sebuah kamera video digital kecil yang dihubungkan ke komputer melalui *port USB*, *port COM* atau dengan jaringan *Ethernet* atau *Wi-Fi*. *Web camera* (*webcam*) dapat dilihat pada gambar 2.12.



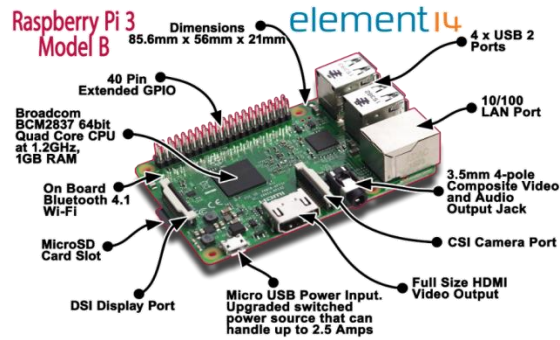
Gambar 2.13 Webcam

(Sumber: <https://www.nesabamedia.com/pengertian-webcam-dan-fungsi-webcam/>)

2.6. Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah sebuah SBC (*Single Board Computer*) seukuran kartu kredit yang dikembangkan oleh Yayasan Raspberry Pi di Inggris (UK) dengan maksud untuk memicu pengajaran ilmu komputer dasar di sekolah-sekolah (Putra, 2012). *Raspberry Pi* dikenalkan pada tahun 2012 dan memiliki Processor bernama Broadcom BCM2835 system on chip (SOC) yang telah memiliki ARM1176JZF-S 700 MHz CPU, untuk Graphics telah disertakan VideoCore IV GPU, serta telah memiliki ram sebesar 256MB untuk model A, dan telah ditingkatkan ke 512 MB untuk model B dan B+ pada generasi pertama.

Sedangkan untuk generasi kedua *Raspberry Pi*, dimana diperkenalkan pada Februari 2015 memiliki Processor Broadcom BCM2836 SoC, dengan *Processor quad-core* ARM Cortex-A7 CPU dan sebuah *VideoCore IV dual-core* GPU; serta memiliki ram sebesar 1 GB. *System on Chip* yang dipakai oleh *Raspberry Pi* diciptakan oleh Broadcom, dan menggunakan arsitektur ARM. *Raspberry Pi* dapat diperlihatkan pada gambar 2.13.



Gambar 2.14 Raspberry Pi Model B

(Sumber: <http://www.raspberrypi.org/products/model-b-plus/>)

1. *Broadcom* BCM2835 ARM11 700Mhz merupakan otak dari *Raspberry Pi B*.
2. HDMI out HDMI 1.3 *a-compliant* mendukung sinyal HDMI dan DVI-D.
3. *CSI connector camera*, dengan 15 pin *flat flex* kabel *header* untuk *CSI-2* interface *MIPI* Aliansi. Standar antarmuka *CSI* mendefinisikan standar antarmuka serial searah untuk perangkat kamera *CSI-compliant*.
4. *Ethernet Out* (hanya dalam model 256 Mb) Mendukung fungsi *Wakeon-LAN* dan *TCP / UDP* - *USB 2.0* Fungsi *USB* disediakan oleh *SMSC LAN9512* pada kedua Model A dan Model B. *LAN9512* adalah paket menarik dan cara yang sangat baik untuk *V* menghemat ruang *PCB*. *Port USB* pada *Pi* adalah *USB 2.0* dengan maksimum menarik arus yang disarankan 100 mA.
5. *Status LED* Memiliki 4 Led sebagai indikator status dari setiap fungsi pada *Raspberry Pi*. *D5* menyala hijau menjelaskan *system/ akses* terkoneksi dengan *SD card*, *D6* menyala merah menjelaskan *power* terkoneksi, 3.3V. *D7* menyala hijau sebagai *full duplex, half duplex* jika LED padam. *D8* menyala hijau menjelaskan *link activity* untuk *LAN*.
6. *AUDIO OUPUT* sebagai stereo audio output.
7. *JTAG Header* *JTAG interface* digunakan untuk memprogram *chip* SoC dan chip *SMSC* didalam *board*. Pabrikan juga menggunakan *JTAG* untuk menguji hardware pada saat pembuatannya.
8. *RCA Video output* sebagai video output cadangan pada *Raspberry Pi* apabila fungsi *HDMI* tidak digunakan.

9. GPIO Header terdiri dari 26 pin yang berfungsi untuk pengontrolan suatu perangkat yang dikontrol oleh suatu perangkat lunak baik dikonfigurasi sebagai pin input maupun sebagai pin output. Fitur-fitur pada GPIO diantaranya: pin I2C, pin RX TX, pin PWM, pin PPM dan disediakan pin dengan tegangan 5V dan 3.3V. Semua pin pada GPIO memiliki tingkat logika 3.3V.
10. DSI *Display connector*, dengan 15 pin *flat flex* yang tampak persis dengan dega CSI-2 *interface*, biasanya digunakan untuk display LCD seperti LCD pada ponsel. DSI juga dapat digunakan sebagai I2C.
11. SD *card slot* sebagai *slot* untuk SD card atau *slot* mikro SD, yang berisikan OS untuk di akses oleh pengguna Raspberry Pi B.
12. *Micro USB power*, dengan power input 5V 1A DC untuk memenuhi kebutuhan tegangan dan arus pada Raspberry Pi B.

2.7. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah salah satu dari bagian dasar dari suatu sistem komputer. Meskipun mempunyai bentuk yang jauh lebih kecil dari suatu komputer pribadi dan komputer *mainframe*, mikrokontroler dibangun dari elemen-elemen dasar yang sama. Hampir semua input mikrokontroler hanya dapat memproses sinyal input digital dengan tegangan yang sama dengan tegangan logika dari sumber. Tegangan positif sumber umumnya adalah 5 volt. Padahal dalam dunia nyata terdapat banyak sinyal analog atau sinyal dengan tegangan level. Pada pembuatan proposal tugas akhir ini saya menggunakan mikrokontroller berupa arduino.

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler 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 mikrokontroler. Dengan

penggunaan yang cukup sederhana, tinggal menghubungkan power dari USB ke PC atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC.



Gambar 2.15 Arduino Mega 2560
(Sumber: <http://ecadio.com/belajar-dan-mengenal-arduino-mega>)

Arduino Mega 2560 dapat ditenagai dengan *power* yang diperoleh dari koneksi kabel USB, atau melalui *power supply* eksternal. Pilihan *power* yang digunakan akan dilakukan secara otomatis. *External power supply* dapat diperoleh dari adaptor AC-DC atau bahkan baterai, melalui *jack* DC yang tersedia, atau menghubungkan langsung GND dan pin Vin yang ada di *board*. *Board* dapat beroperasi dengan *power* dari *external power supply* yang memiliki tegangan antara 6V hingga 20V. Namun ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam rentang tegangan ini. Jika diberi tegangan kurang dari 7V, pin 5V tidak akan memberikan nilai murni 5V, yang mungkin akan membuat rangkaian bekerja dengan tidak sempurna. Jika diberi tegangan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa *over heat* yang pada akhirnya bisa merusak *board*. Dengan demikian, tegangan yang di rekomendasikan adalah 7V hingga 12V. Beberapa pin *power* pada Arduino Mega:

- a. GND. Ini adalah *ground* atau negatif.
- b. Vin. Ini adalah pin yang digunakan jika ingin memberikan *power* langsung ke *board* Arduino dengan rentang tegangan yang disarankan 7V – 12V
- c. Pin 5V. Ini adalah pin output dimana pada pin tersebut mengalir tegangan 5V yang telah melalui regulator
- d. V3. Ini adalah pin output dimana pada pin tersebut disediakan tegangan 3.3V yang telah melalui regulator

- e. IOREF. Ini adalah pin yang menyediakan referensi tegangan mikrokontroler. Biasanya digunakan pada *board shield* untuk memperoleh tegangan yang sesuai, apakah 5V atau 3.3V.

2.8. UBEC (*Universal Battery Elimination Circuit*)

UBEC merupakan rangkaian untuk mengubah tegangan, tinggi ke rendah atau sebaliknya, memerlukan rangkaian yang tepat, agar daya dapat di-*deliver* dengan tingkat efisiensi setinggi mungkin. Namun ada juga SBEC (*Switching Battery Elimination Circuit*) dimana secara keseluruhan kegunaannya sama dengan UBEC, hanya saja SBEC memiliki kualitas dibawah UBEC.

Untuk menurunkan tegangan dengan menggunakan IC regulator seperti 7805, sangat umum digunakan. Regulator ini memiliki kemampuan menangani arus hingga 1A, dengan V_{in} minimal sama dengan 7V, untuk menghasilkan output 5V. Dengan perhitungan sederhana, bila $V_{in} = 9V$, maka disipasi daya 4 Watt, satu nilai yang cukup besar (panas) atau menggunakan regulator linier tipe LDO, seperti 2940, yang juga memiliki kemampuan menangani arus hingga 1A, dengan V_{in} minimal sama dengan 5.5V, untuk menghasilkan output 5V.

Pilihan lain adalah regulator switching. Untuk kebutuhan mencatu motor servo atau rangkaian lain yang bekerja pada tingkat tegangan 5V – 6V, dapat menggunakan UBEC. UBEC adalah rangkaian elektronik yang mengambil daya dari battery pack atau sumber DC lainnya, dan menurunkannya ke level tegangan 5V atau 6V.



Gambar 2.16 UBEC (*Universal Battery Elimination Circuit*)

(Sumber: <http://www.evolution-models.com/speed-controller-electronic-speed-controller-brushlessesc/turnigy-5a-sbec.html>)

2.9. Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi rotor-nya akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, 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 servo*.

Motor *servo* biasanya digunakan untuk robot berkaki, berlengan atau sebagai aktuator pada *mobile* robot. Motor *servo* dikemas dalam bentuk segi empat dengan sebuah *output shaft* motor dan konektor dengan 3 kabel yaitu *ground*, *power* dan *control*. Jenis motor *servo* berdasarkan sudut operasi motor *servo* dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Motor Servo Standart

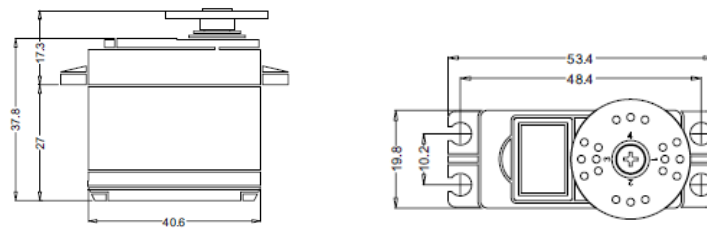
Motor *servo standart* merupakan motor *servo* yang mampu bergerak CW dan CCW dengan sudut operasi tertentu, misal 60°, 90° atau 180°. sudut maksimal yang diperbolehkan untuk motor *servo* standart adalah 180°. Motor *servo* ini sering dipakai pada sistem robotika yang menggunakan lengan atau kaki.

2. Motor Servo Continous

Motor *servo continous* adalah motor *servo* yang mampu bergerak CW dan CCW tanpa batasan sudut operasi (berputar secara kontinyu). Motor *servo* ini sering digunakan sebagai aktuator pada *mobile* robot. Motor *servo* beroperasi pada tegangan *supply* 4,8 volt hingga 7,2 volt. Gambar 2.17 dibawah merupakan gambar motor servo yang digunakan dan Gambar 2.18 merupakan skematik motor servo.



Gambar 2.17 Motor Servo Standart
(Sumber : Datasheet Motor Servo.pdf)



Gambar 2.18 Skematik Motor Servo
(Sumber : *Datasheet Motor Servo.pdf*)

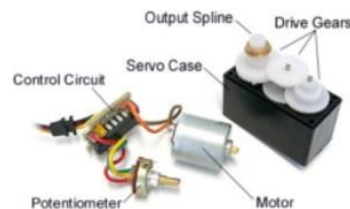
a. Keunggulan Motor Servo

Keunggulan dari penggunaan motor servo adalah :

1. Tidak bergetar dan tidak ber-resonansi saat beroperasi.
2. Daya yang dihasilkan sebanding dengan ukuran dan berat motor.
3. Penggunaan arus listrik sebanding dengan beban yang diberikan.
4. Resolusi dan akurasi dapat diubah dengan hanya mengganti encoder yang dipakai.

b. Komponen Penyusun Motor Servo

Motor servo pada dasarnya dibuat menggunakan motor DC yang dilengkapi dengan controler dan sensor posisi sehingga dapat memiliki gerakan 0° , 90° , 180° atau 360° . Berikut adalah komponen internal sebuah motor servo 180° .



Gambar 2.18 Komponen Penyusun Motor Servo
(Sumber : <http://zoniaelektro.net/motor-servo/>)

Tiap komponen pada motor servo diatas masing-masing memiliki fungsi sebagai controler, driver, sensor, girbox dan aktuator. Pada gambar diatas terlihat beberapa bagian komponen motor servo. Motor pada sebuah motor servo adalah motor DC yang dikendalikan oleh bagian controler, kemudian komponen yang berfungsi sebagai sensor adalah potensiometer yang terhubung pada sistem girbox pada motor servo.