

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Robot Sepak Bola Beroda

Sepak bola merupakan olahraga yang telah ada sejak abad ke-2 dan ke-3 Sebelum Masehi dan telah menjadi olahraga yang paling sering diselenggarakan di berbagai belahan dunia. Seiring berjalannya waktu, manusia semakin kreatif dan inovatif dalam mengembangkan sesuatu yang sudah ada. Hal demikian pun terjadi pada bidang teknologi. Robot sebagai hasil dari pesatnya perkembangan teknologi menjadi salah satu sarana pengembangan berbagai macam hal yang dimanfaatkan oleh manusia, baik sebagai *helper*, *entertainer*, ataupun yang lainnya. Dalam hal ini, robot dimanfaatkan sebagai *entertainer* yang dikombinasikan dengan olahraga sepak bola sehingga tercipta robot sepak bola.

Robot sepak bola sendiri di gagas pertama kali oleh Professor Alan Mackworth (University of British Columbia, Canada) pada sebuah jurnal berjudul “*On Seeing Robots*” dan dipresentasikan pada VI-92, 1992. Riset mengenai robot sepak bola terus berlangsung sejak tercetus nya ide tersebut hingga sekarang. Hampir semua negara di dunia melakukan riset tentang robot sepak bola, termasuk Indonesia. Walaupun tergolong baru di Indonesia, riset mengenai robot ini menjadi sangat diperhatikan oleh para penggiat ilmu di bidang teknologi. Hal ini menyebabkan banyak penggiat ilmu berinovasi dan melakukan kolaborasi lintas jurusan dengan tujuan menghasilkan sebuah robot sepak bola yang dapat memainkan bola layaknya manusia.

Selayaknya permainan sepak bola manusia, robot sepak bola juga memiliki 3 mode yaitu mode pemain penyerang, pemain belakang, pemain kiper. Pemain kiper akan berusaha melindungi gawang dari serangan musuh, dengan cara menangkap atau menepis bola. Robot kiper akan bergerak ke kiri atau ke kanan dengan memanfaatkan jarak kiper terhadap gawang.



Gambar 2.1. Kontes Robot Indonesia Divisi Robot Sepak Bola Beroda

2.2. Bola Futsal

Bola futsal merupakan sebuah benda bulat yang dipakai sebagai alat olahraga atau permainan. Bola futsal memiliki perbedaan dengan bola sepak bola dimana bola futsal kurang melenting dari pada Bola Sepak Bola. Bola sepak bola tersebut terisi dengan udara bertekanan 0,4 sampai 0,6 atmosfer. Bola futsal ini juga digunakan di pertandingan *middle size league* serta di pertandingan kontes robot indonesia.

Terlihat pada gambar 2.2 Bola futsal tersebut memiliki karakter atau persyaratan untuk dapat dipakai di pertandingan berdasarkan buku panduan kontes robot Indonesia Divisi *Robot soccer* . Persyarat tersebut yaitu ukuran bola no. 4 atau berukuran 18,5 cm – 19,5 cm dan dengan berat 400 gram. Serta warna bola merupakan salah satu karakteristik yang penting sebagai sarana pendeteksi bola. Warna tersebut yaitu orange.



Gambar 2.2. Bola Futsal

2.3 Python IDLE

IDLE (*Integrated DeveLopment Environment*) adalah editor bawaan Python yang bisa digunakan untuk menuliskan kode Python. IDLE memiliki mode shell (mode interaktif) yang bisa digunakan untuk menjalankan perintah – perintah dengan hasil keluarannya langsung ditampilkan. IDLE sendiri adalah murni dibuat oleh Guido van Rossum dari bahasa Python.

IDLE memiliki beberapa fitur yang berguna, di antaranya:

1. Editor multi-window dengan fitur *syntax highlighting*, *autocomplete*, *smart indent*, dan lain – lain.
2. Shell interaktif dengan fitur *syntax highlighting*.
3. Memiliki fitur debugger untuk men-*debug* kode program,.

2.4. Pengolahan Citra (*Image Processing*)

Pengolahan citra merupakan sebuah proses pengolahan yang *input* Nya adalah citra analog atau citra digital sehingga pengolahan citra ini diperlukan pengertian dan pemahaman terhadap citra.

2.4.1. Citra Digital

Citra merupakan suatu representasi, kemiripan, atau imitasi dari suatu objek atau benda. Serta Citra Digital adalah gambar dua dimensi yang dihasilkan dari gambar analog dua dimensi yang kontinu menjadi gambar diskret melalui proses *sampling*. Citra dapat dikatakan sebagai citra digital jika citra tersebut disimpan dalam format digital (dalam bentuk *file*). Hanya citra digital yang dapat diolah menggunakan komputer. Jenis citra lain jika akan diolah dengan komputer harus diubah dulu menjadi citra digital.

Sebuah citra digital dapat mewakili oleh sebuah matriks yang terdiri dari M kolom N baris seperti gambar 2.3, dimana perpotongan antara kolom dan baris disebut piksel (*pixel* = *picture* element), yaitu elemen terkecil dari sebuah citra. piksel mempunyai dua parameter, yaitu koordinat dan intensitas atau warna. Nilai yang terdapat pada koordinat (x,y) adalah f(x,y), yaitu besar intensitas atau warna dari piksel di titik itu. Oleh sebab itu, sebuah citra digital dapat ditulis dalam bentuk matriks pada gambar 2.4 [4].

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & \dots & \dots & f(1,M-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}$$

Gambar 2.3. Matriks Citra Digital N X M
(Sumber: Eka Ardhiyanto, 2013)

2.4.2. Hue, Saturation dan Value

Ruang warna HSV merupakan kepanjangan dari *Hue*, *Saturation* dan *Value*. Dari pengertian tersebut pasti memiliki fungsi masing-masing yang berbeda.

a. Intensity/brightness/luminance

Atribut yang menyatakan banyaknya cahaya yang diterima oleh mata tanpa mempedulikan warna. Kisaran nilainya adalah antara gelap (hitam) dan terang (putih).

b. Hue

Menyatakan warna sebenarnya, seperti merah, violet, dan kuning. *Hue* digunakan untuk membedakan warna-warna dan menentukan kemerahan (*redness*), kehijauan (*greenness*), dsb, dari cahaya. *Hue* berasosiasi dengan panjang gelombang cahaya, dan bila kita menyebut warna merah, violet, atau kuning, kita sebenarnya menspesifikasikan *hue*-nya.

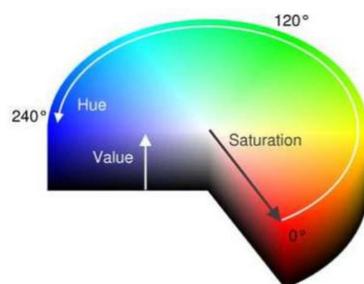
c. Saturation

Menyatakan tingkat kemurnian warna cahaya, yaitu mengindikasikan seberapa banyak warna putih diberikan pada warna. Sebagai contoh, warna merah adalah 100% warna jenuh (*saturated color*), sedangkan warna *pink* adalah warna merah dengan tingkat kejenuhan sangat rendah (karena ada warna putih di dalamnya). Jadi, jika *hue* menyatakan warna sebenarnya, maka *saturation* menyatakan seberapa dalam warna tersebut.

Dalam praktik, *hue* dikuantisasi dengan nilai dari 0 sampai 255; 0 menyatakan merah, lalu memutar nilai-nilai spektrum tersebut kembali lagi ke 0 untuk menyatakan merah lagi. Ini dapat dipandang sebagai sudut dari 0° sampai 360° .

Jika suatu warna mempunyai *saturation* = 0, maka warna tersebut tanpa *hue*, yaitu dibuat dari warna putih saja. Jika *saturation* = 255, maka tidak ada warna putih yang ditambahkan pada warna tersebut. *Saturation* dapat digambarkan sebagai panjang garis dari titik pusat lingkaran ke titik warna. *Intensity* nilainya dari gelap sampai terang (dalam praktik, gelap = 0, terang = 255).

Intensity dapat digambarkan sebagai garis vertikal yang menembus pusat lingkaran. Ketiga atribut warna (*I*, *H*, dan *S*) digambarkan dalam model *IHS* (ada juga yang menyebutnya model *HSV*, dengan $V = Value = I$) yang diperlihatkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.4. Model Warna HSV.
(Sumber: Yusuf Wibisono, 2014)

Dari proses hasil citra kamera yang merupakan hasil model warna RGB, sehingga dibutuhkan pengubah ruang warna. Pengubah ruang warna RGB ke HSV yaitu sebagai berikut:

$$H = \begin{cases} 60 \left(\frac{(G-B)}{\delta} \right) & MAX = R \\ 60 \left(\frac{(B-R)}{\delta} \right) & MAX = G \\ 60 \left(\frac{(R-G)}{\delta} \right) & MAX = B \\ not_{defined} & MAX = 0 \end{cases} \quad (2.1)$$

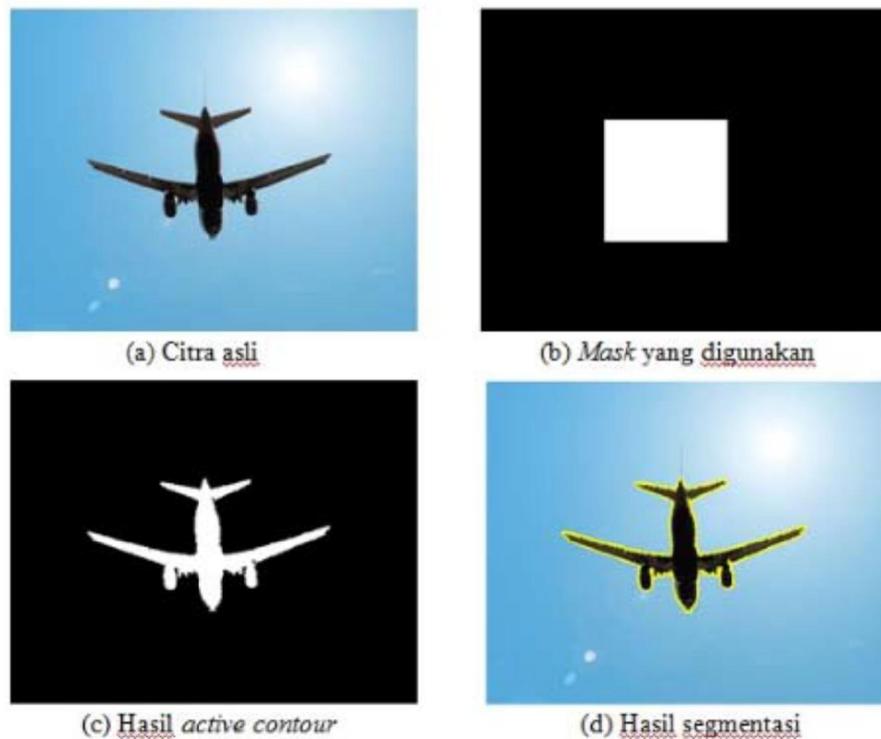
$$S = \begin{cases} \frac{\delta}{MAX} & MAX \neq 0 \\ 0 & MAX = 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

$$V = MAX \quad (2.3)$$

2.4.3. Segmentasi Citra

Segmentasi wilayah merupakan pendekatan lanjutan dari deteksi tepi. Dalam deteksi tepi segmentasi citra dilakukan melalui identifikasi batas-batas objek (*boundaries of object*). Batas merupakan lokasi dimana terjadi perubahan intensitas. Dalam pendekatan didasarkan pada wilayah, maka identifikasi dilakukan melalui wilayah yang terdapat dalam objek tersebut.

Terdapat dua pendekatan utama dalam segmentasi citra yaitu didasarkan pada tepi (*edgebased*) dan didasarkan pada wilayah (*region-based*). Segmentasi didasarkan pada tepi membagi citra berdasarkan diskontinuitas di antara sub-wilayah (*sub-region*), sedangkan segmentasi yang didasarkan pada wilayah bekerjanya berdasarkan keseragaman yang ada pada sub-wilayah tersebut. Hasil dari segmentasi citra adalah sekumpulan wilayah yang melingkupi citra tersebut, atau sekumpulan kontur yang di ekstrak dari citra (pada deteksi tepi). Contoh segmentasi dapat dilihat dalam Gambar 2.6. Tiap piksel dalam suatu wilayah mempunyai kesamaan karakteristik atau properti yang dapat dihitung (*computed property*), seperti: warna (*color*), intensitas (*intensity*), dan tekstur (*texture*).



Gambar 2.5. Segmentasi Citra: a. Citra asli, b. *Mask* yang digunakan, c. Hasil *active Contour*, d. Hasil Segmentasi.

(sumber: modul perkuliahan universitas marca buana, 2015)

2.5 Webcam Camera

Webcam atau *Camera Web* ini ialah nama sebutan untuk kamera yang dihubungkan pada komputer agar kita bisa dilihat melalui aplikasi pemanggilan video. Webcam ini ditujukan pada teknologi secara umumnya, sampai kata webcam ini kadang diganti dengan kata lain yang memberikan pemandangan yang ditampilkan oleh kamera.

Webcam pada Gambar menjadi sensor citra yang akan memproses gambar menjadi citra digital yang akan diteruskan ke PC/Laptop. Webcam ini akan dihubungkan dengan menggunakan port USB pada PC/Laptop. Webcam juga akan di letakkan di depan robot

sebagai pendeteksi objek target. Dengan begitu webcam akan terus mencari objek bola secara *Real Time*.

Beberapa hal yang diperlukan pada saat memilih kamera Webcam:

1. Resolusi Kamera

Semakin tinggi Resolusi sebuah Gambar atau Kamera, semakin banyak jumlah *Pixel* dalam satu gambar atau foto, dan semakin kecil kotak-kotak yang tersusun membentuk gambar tersebut sampai bentuk kotak tak terlihat dan semakin Baik Kualitas gambar atau foto tersebut.

Pixel (picture element) digunakan untuk mengekspresikan resolusi layer digital, 1 pixel adalah unit terkecil dari sebuah gambar. Sementara 1 megapixel terdiri dari 2^{20} atau setara dengan 1,048,576 pixel.

2. Kecepatan Pengambilan Frame (*frame rate*)

Kecepatan pengambilan frame ini biasanya diukur dengan satuan fps atau frame per second. Rata-rata sebuah webcam memiliki kecepatan fps kamera yang berada di angka 10 hingga 30 fps. Semakin besar fps semakin dekat dengan gerak nyata terhadap gerak citra yang di dapatkan. Frame rate sangat berpengaruh terhadap gerak objek yang akan dideteksi.

3. Lensa Kamera

Lensa adalah benda transparan yang mampu membelokkan atau membiaskan berkas-berkas cahaya yang melewatinya, sehingga jika suatu benda berada di depan lensa, maka bayangan dari benda tersebut akan terbentuk. Lensa umumnya tersebut dari kaca atau plastik. Lensa yang memiliki *wide engle* yang luas akan menguntungkan karena robot akan mendapat pandangan yang luas sehingga untuk mendeteksi objek bola dengan efektif.



Gambar 2.6. Webcam Kamera Logitech

2.6. Sumber Daya (Aki 12 Volt)

Baterai Aki atau sering disebut accumulator, adalah salah satu komponen utama dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau sepeda motor. Tapi aki juga dapat digunakan untuk menyimpan dan memberikan tenaga listrik pada robot. Pada proses pengisian, tenaga listrik diubah menjadi tenaga kimia, pada pembuangannya muatan tenaga kimia yang tersimpan diubah menjadi tenaga listrik. Aki memiliki kapasitas sebuah sel aki diukur dalam jam-Ampere (Ah), yang dimaksud dengan kapasitas adalah jumlah Ah yang dapat diberikan oleh sebuah sel yang berisi muatan sampai tegangannya turun menjadi kira-kira 1,83 V (99,1%). Sebuah aki dengan kapasitas 100 Ah dapat memberikan arus 25 A selama 4 jam. Terdapat 2 jenis aki yaitu aki basah dan aki kering. Aki basah merupakan jenis aki yang perlu diberi air aki yang dikenal dengan sebutan accu. Sedangkan aki kering merupakan jenis aki yang tidak memakai cairan. Dalam aki terdapat elemen dan sel untuk penyimpanan arus yang mengandung asam sulfat (H_2SO_4). Tiap sel berisikan pelat positif dan pelat negatif. Pada pelat positif terkandung oksida timbal cokelat (PbO_2),

Aki memiliki 2 kutub/terminal, kutub positif dan kutub negatif. Biasanya kutub positif (+) lebih besar atau lebih tebal dari kutub negatif (-), untuk menghindarkan kelalaian

bila aki hendak dihubungkan dengan kabel-kabelnya. (Arnold, von Robert, Elektronika untuk pendidikan teknik.1987 No. 133,136). sedangkan pelat negatif mengandung timbal



Gambar 2.7. Accumulator 12V

2.7. Dc Converter



Gambar 2.8. DC Converter

DC to DC Converter adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah suatu tegangan searah ke tegangan searah yang lain dengan nilainya dapat ditingkatkan atau

diturunkan. Menurut Dr. F. L. Luo and Dr. H. Ye DC *converter* terdiri dari 6 generasi yang memiliki banyak topologi rangkaian dan teori, diantaranya:

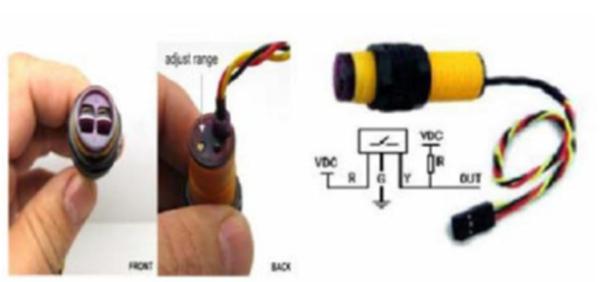
1. Klasik *converter*, yaitu *buck converter*, *boost converter*, *buck boost converter*
2. Multi kuadran *converter*, yaitu *converter* kelas A, B, C, D, dan E
3. *Switched* komponen *converter*, yaitu *switched capacitor converter* dan *switch inductor converter*
4. *Soft switched converter*, yaitu *Resonant-switch converters*, *Load-resonant converters*, *Resonant-DC-link converters*, *High-frequency-link integral-half-cycle converters*
5. *Synchronous rectifier converter*, digunakan untuk pengembangan teknologi computing
6. Multiple energi-storage elements resonant *converter*

Cara pengolahan daya memiliki 2 tipe pengolahan yaitu linier dan peralihan (*switching*). Masing-masing tipe memiliki kelebihan dan kekurangan. Tipe linier memiliki tingkat *ripple* dan *noise* sangat kecil pada output, tetapi memiliki ukuran yang cukup besar. Namun untuk aplikasi dimana fleksibilitas, dimensi fisik dan efisiensi tinggi sangat berperan digunakan tipe *switching*. Komponen yang digunakan untuk menjalankan fungsi penghubung tersebut tidak lain adalah *switch* (*solid state electronic switch*) seperti misalnya *thyristor*, MOSFET, IGBT, dan GTO. *Switched* komponen *converter* dibedakan berdasarkan cara dalam mentransfer energi terdiri dari 2 topologi yaitu induktif *converter* dan kapasitor *converter*. Induktif *converter* menggunakan induktor sebagai transfer energi. Metode ini membutuhkan banyak kapasitor sehingga rangkaian yang dihasilkan tidak sederhana sedangkan kapasitif *converter* menggunakan kapasitor sebagai transfer energi. Berikut ini adalah penjelasan mengenai metode linier dan *switching*. bisa dilihat pada gambar 2.9 Gambar *DC Converter*.

2.8. Sensor Infrared Tipe E18-D80NK

Sensor infrared tipe E18-D80NK adalah sensor untuk mendeteksi ada atau tidak suatu objek. Bila objek di depan sensor dan dapat terjangkau oleh sensor maka output rangkaian sensor akan berlogika “1” atau “*high*” yang berarti objek “ada”. Sebaliknya jika objek

berada pada posisi yang tidak terjangkau oleh sensor maka output rangkaian sensor akan bernilai “0” atau “low” yang berarti objek “tidak ada”.



Gambar 2.9 Sensor Infrared ED18-D80NK

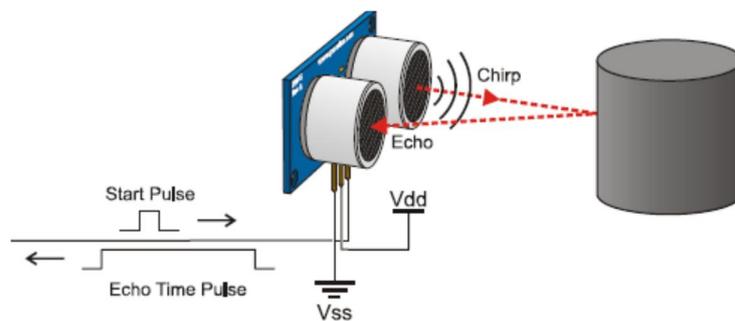
Sensor ini memiliki jarak deteksi panjang dan memiliki sensitivitas tinggi terhadap cahaya yang menghalanginya. Sensor ini memiliki penyesuaian untuk mengatur jarak terdeteksi. Jarak terdeteksi ini didapatkan dari kepekatan cahaya yang telah dipantulkan balik oleh objek benda.

Spesifikasi Sensor Infrared Tipe E18-D80NK:

- Jarak Deteksi: 3 cm sampai 80 cm
- Sumber Cahaya: Infrared
- Dimensi: 18 mm (D) x 45mm (L)
- Panjang Kabel Koneksi: 4.5 cm
- Tegangan Input: 5V DC
- Konsumsi Arus: 100 mA
- Operasi *Output: Normally Open (NO)*
- Output: NPN

2.9. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik merupakan alat elektronika yang kemampuannya bisa mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gelombang suara dengan frekuensi di atas 20 kHz. Sensor ultrasonik terdiri dari rangkaian pemancar ultrasonik yang disebut transmitter dan rangkaian penerima ultrasonik yang disebut receiver. Sinyal ultrasonik yang dibangkitkan akan dipancarkan dari transmitter ultrasonik. Ketika sinyal mengenai benda penghalang, maka sinyal ini dipantulkan, dan diterima oleh *receiver* ultrasonik. Sinyal yang diterima oleh rangkaian receiver dikirimkan ke rangkaian mikrokontroler untuk selanjutnya diolah untuk menghitung jarak terhadap benda di depannya (bidang pantul). Prinsip kerja dari sensor ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.10. Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik

(Sumber : Parallax-28015-datasheet.pdf)

Dari Gambar 2.11 dapat dijelaskan mengenai prinsip kerja dari sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

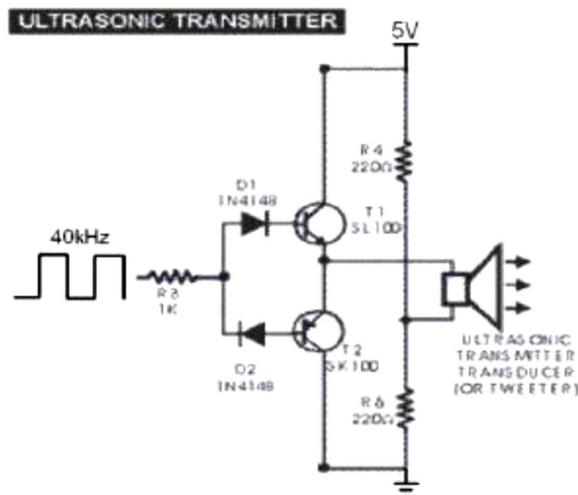
- Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik. Sinyal tersebut berfrekuensi di atas 20 kHz, biasanya yang digunakan untuk mengukur jarak benda adalah 40 kHz. Sinyal tersebut dibangkitkan oleh rangkaian pemancar ultrasonik
- Sinyal yang dipancarkan tersebut kemudian akan merambat sebagai sinyal/gelombang bunyi dengan kecepatan bunyi yang berkisar 340m/s. Sinyal

tersebut kemudian akan dipantulkan dan akan diterima kembali oleh bagian penerima ultrasonik

- c. Setelah sinyal tersebut sampai di penerima ultrasonik, kemudian sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jaraknya

2.9.1. Pemancar Ultrasonik (*Transmitter*)

Pemancar ultrasonik ini berupa rangkaian yang memancarkan sinyal sinusoidal berfrekuensi di atas 20 KHz. Berikut gambar rangkaian pemancar ultrasonik.



Gambar 2.11 Rangkaian Pemancar Gelombang Ultrasonik (*Transmitter*)

(Sumber : <http://www.academia.edu/5548910/Jurnal>)

Prinsip kerja dari rangkaian pemancar gelombang ultrasonik tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Sinyal 40 kHz dibangkitkan melalui mikrokontroler
- b. Sinyal tersebut dilewatkan pada sebuah resistor sebesar 3kOhm untuk pengaman ketika sinyal tersebut membias maju rangkaian dioda dan transistor

- c. Kemudian sinyal tersebut dimasukkan ke rangkaian penguat arus yang merupakan kombinasi dari 2 buah dioda dan 2 buah transistor
- d. Ketika sinyal dari masukan berlogika tinggi (+5V) maka arus akan melewati dioda (D1 on), kemudian arus tersebut akan membias transistor T1, sehingga arus yang akan mengalir pada kolektor T1 akan besar sesuai dari penguatan dari transistor
- e. Ketika sinyal dari masukan berlogika tinggi (0V) maka arus akan melewati dioda D2 (D2 on), kemudian arus tersebut akan membias transistor T2, sehingga arus yang akan mengalir pada kolektor T2 akan besar sesuai dari penguatan transistor
- f. Resistor R4 dan R6 berfungsi untuk membagi tegangan menjadi 2,5V. Sehingga pemancar ultrasonik akan menerima tegangan bolak-balik dengan $V_{\text{peak-peak}}$ adalah 5V (+2,5V s.d -2,5V)

2.9.2. Penerima Ultrasonik (*Receiver*)

Pemancar ultrasonik ini akan menerima sinyal ultrasonik yang dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan karakteristik frekuensi yang sesuai. Sinyal yang diterima tersebut akan melalui proses filterisasi frekuensi dengan menggunakan rangkaian *band pass filter* (penyaring pelewat pita), dengan nilai frekuensi yang dilewatkan telah ditentukan. Kemudian sinyal keluarannya akan dikuatkan dan dilewatkan ke rangkaian komparator (pembanding) dengan tegangan referensi ditentukan berdasarkan tegangan keluaran penguat pada saat jarak antara sensor kendaraan mini dengan sekat/dinding pembatas mencapai jarak minimum untuk berbelok arah. Dapat dianggap keluaran komparator pada kondisi ini adalah *high* (logika “1”) sedangkan jarak yang lebih jauh adalah *low* (logika “0”). Logika-logika biner ini kemudian diteruskan ke rangkaian pengendali (mikrokontroler).

Berikut rumus perhitungan waktu yang diperlukan sensor ultrasonik untuk menerima pantulan pada jarak tertentu :

$$S = \frac{tIN \times V}{2}$$

Dimana :

S = Jarak antara sensor ultrasonik dengan objek yang dideteksi (m)

V = Cepat rambat gelombang ultrasonik di udara (344 m/s)

tIN = Selisih waktu pemancaran dan penerimaan pantulan gelombang (s)

2.9.3. 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 2.13.



1.

Gambar 2.12 Konfigurasi pin dan tampilan sensor ultrasonik HC-SR04

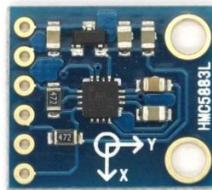
(<http://www.accudiy.com/>

download/HC-SR04_Manual.pdf, 2015)

HC-SR04 memiliki 2 komponen utama sebagai penyusunnya yaitu *ultrasonic transmitter* dan *ultrasonic receiver*. Fungsi dari *ultrasonic transmitter* adalah memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz kemudian *ultrasonic receiver*. Fungsi dari *ultrasonic transmitter* adalah memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz kemudian *ultrasonic receiver* menangkap hasil pantulan gelombang ultrasonik yang mengenai suatu objek.

2.10. Sensor Kompas Magnetometer 3 Axis HMC5883L

Magnetometer 3 Axis HMC5883L adalah sensor magnet terkemas dalam surface mount 3.0x3.0x0.9 mm 16-pin *Leadless Chip Carrier* (LCC). Magnetometer 3 Axis HMC5883L tersusun atas sensor resistif magnet beresolusi tinggi dengan dimagnetisasi otomatis, penghilang offset dan ADC 12-bit untuk pengukuran medan magnet bumi dengan resolusi tinggi. Menggunakan teknologi *anisotropic magneto-resistive* (AMR) *Honeywell*, Magnetometer 3 Axis HMC5883L menyediakan kepresisian lebih pada sensitivitas dan linieritas sumbu dan dirancang untuk mengukur kedua arah dan medan magnet bumi.



Gambar 2.13 Sensor Kompas Magnetometer 3 Axis HMC5883L

(http://www.bengkel-elektro.com/product.php?category=93&product_id=217)

Spesifikasi Sensor Kompas Magnetometer 3 Axis HMC5883L Sensor kompas Magnetometer 3 Axis HMC5883L memiliki beberapa spesifikasi, antara lain :

1. ADC 12-bit ADC ter kopling dengan sensor AMR *low noise* yang akan menghasilkan resolusi 2-mili gauss pada medan ± 8 gauss
2. Mengizinkan akurasi kompas 1 sampai 2 derajat
3. Tersedia *self-test* yaitu fitur tambahan yang dikemas dalam ASIC
4. Tegangan kerjanya rendah (2.16 ~ 3.6V) dan konsumsi daya rendah (100uA). Cocok untuk aplikasi yang dicatu menggunakan baterai
5. Tersedia rangkaian *drive strap*

6. Menyediakan dimagnetisasi sensor untuk setiap pengukuran, dan juga kompensasi *offset* untuk mendapatkan pengukuran yang konsisten dengan akurasi hingga 1 sampai 2 derajat dan mereduksi perlunya kalibrasi ulang
7. Antarmuka digital I2C
8. *Range* medan magnet yang dapat diukur cukup lebar (± 8 Oe)
9. Sensor bisa digunakan pada lingkungan dengan medan magnet yang kuat dengan akurasi kompas 1 sampai 2 derajat. Selain itu sensor ini juga memiliki software dan algoritma yang didukung

2.11. 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 dalam jarak yang cukup jauh dibandingkan dengan komunikasi paralel tetapi kekurangannya 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 serial asinkron, clock tidak dikirimkan bersama data serial, tetapi dibangkitkan secara sendiri - sendiri baik pada sisi pengirim (*transmitter*) maupun pada sisi penerima (*receiver*).

2.12. Laptop

Laptop adalah komputer bergerak (bisa dipindahkan dengan mudah) yang berukuran relatif kecil dan ringan, beratnya berkisar dari 1-6 kg, tergantung ukuran, bahan, dari spesifikasi nya, laptop dapat digunakan dalam lingkungan yang berbeda dari komputer. Laptop termasuk layar, *keyboard*, dan *trackpad* atau *trackball*, yang berfungsi sebagai mouse. Karena dimaksudkan untuk digunakan di mana saja, laptop memiliki baterai yang

memungkinkan untuk beroperasi tanpa terhubung ke sumber listrik. Laptop juga termasuk adaptor daya yang memungkinkan untuk menggunakan daya dari stop-kontak dan mengisi kembali baterai.

Laptop akan menjadi solusi yang baik sebagai pengganti PC untuk mengelola digital yang tidak dapat dipenuhi oleh mikrokontroler. Dimana laptop memiliki spesifikasi *hardware* yang tidak berbeda dengan PC. Sehingga laptop diperlukan untuk melakukan pengolahan citra digital. Gambar laptop dapat dilihat sebagai berikut Gambar 2.15



Gambar 2.4. Laptop

(Sumber: <https://store.hp.com/us/en/pdp/hp-15z---touch-option-available-1ej27av-1>)

2.13. Arduino

Proyek arduino berawal di Lvre, Italia pada tahun 2005. Sekarang telah lebih dari 120.000 unit terjual sampai dengan 2010. Arduino dikembangkan oleh sebuah tim yang beranggotakan orang-orang dari berbagai belahan dunia. Anggota inti dari tim ini adalah:

1. Massimo Banzi Milano, Italy
2. David Cuartielles Malmoe, Sweden
3. Tom Igoe New York, US
4. Gianluca Martino Torino, Italy
5. David A. Mellis Boston, MA, USA.

Salah satu yang membuat Arduino memikat hati banyak orang adalah karena sifatnya yang *open source*, baik untuk *hardware* maupun *software*-nya. Diagram rangkaian elektronik Arduino digratiskan kepada semua orang. Anda bisa bebas men-*download*

gambarnya, membeli komponen-komponennya, membuat PCB-nya dan merangkainya sendiri tanpa harus membayar kepada para pembuat Arduino. Sama halnya dengan IDE Arduino yang bisa di-*download* dan diinstal pada komputer secara gratis. Banyak orang yang betul-betul kagum dengan desain *hardware*, bahasa pemrograman dan IDE Arduino yang berkualitas tinggi dan sangat berkelas.

Saat ini komunitas Arduino berkembang dengan pesat dan dinamis di berbagai belahan dunia. Berbagai macam kegiatan yang berkaitan dengan proyek-proyek Arduino bermunculan dimana-mana, termasuk Indonesia. Hal-hal yang membuat Arduino dengan cepat diterima oleh orang-orang adalah karena:

1. Lintas *platform, software* Arduino dapat dijalankan pada system operasi Windows, Macintosh OSX, dan Linux.
2. Sangat mudah dipelajari dan digunakan. *Processing* adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk menulis program di dalam Arduino. *Processing* yang digunakan adalah pemrograman tingkat tinggi yang dialektanya sangat mirip dengan C++ dan Java.

Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu:

1. Secara *Software* => *Software* Arduino *Open source* IDE untuk menulis program, *driver* untuk koneksi dengan komputer, contoh program dan *library* untuk pengembangan program
2. Secara *Hardware* => *Single board* mikrokontroler *input/output (I/O)*

Dari pengertian diatas, dapat disimpulkan bahwa Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output seperti yang diinginkan. Jadi, mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan input, proses ,dan output sebuah rangkaian elektronik.

Mikrokontroler ada pada perangkat elektronik, misalnya *handphone*, MP3 Player, DVD, Televisi, AC. Mikrokontroller juga dapat mengendalikan robot. Karena komponen utama Arduino adalah mikrokontroller maka Arduino dapat digunakan sesuai kebutuhan.

Arduino memiliki kelebihan dibandingkan dengan perangkat kontroler lainnya diantaranya adalah:

1. Tidak perlu perangkat chip programmer karena didalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari Arduino IDE
2. Sudah memiliki sarana komunikasi USB, Sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya
3. Memiliki modul siap pakai (*Shield*) yang bisa ditancapkan pada board arduino. Contohnya *shield GPS, Ethernet*, dll

2.13.1. Jenis-jenis Arduino

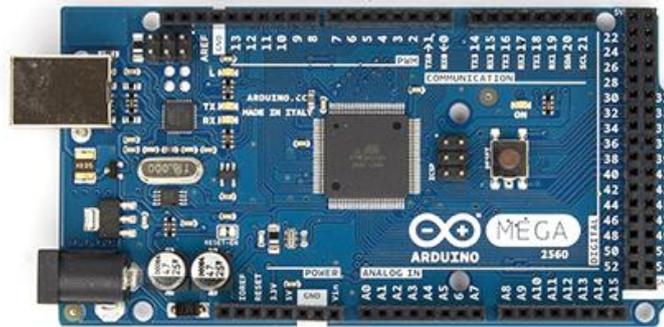
Arduino sendiri telah mengeluarkan bermacam-macam produk dan tipe sesuai dengan kebutuhan para perancang elektronik. Macam-macam arduino tersebut diciptakan berdasarkan *skill* dan keahlian para perancang sampai dimana kemahirannya dalam menggunakan perangkat arduino itu sendiri mulai dari segi pemrograman, dari segi elektronik, dan dari segi seberapa luas pengaplikasiannya terhadap perangkat elektronik. Jenis-jenis arduino tersebut, diantaranya adalah :

Arduino USB. Menggunakan USB sebagai antar muka pemrograman atau komunikasi komputer. Contoh:

1. Arduino Uno
2. Arduino Duemilanove
3. Arduino Diecimila
4. Arduino NG Rev. C
5. Arduino NG (Nuova Generazione)
6. Arduino Extreme dan Arduino Extreme v2
7. Arduino USB dan Arduino USB v2.0

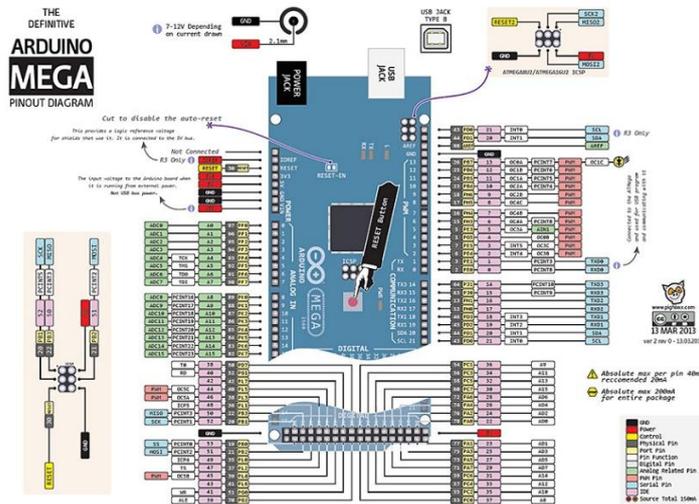
2.13.2. Arduino Mega 2560

Arduino Mega2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560 (datasheet ATmega2560). Arduino Mega2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Gambar 2.16 dibawah ini merupakan gambar arduino Mega 2560.



Gambar 2.15 Arduino Mega2560.
(Sumber : Arduino_Mega2560/academia.edu)

Gambar 2.16. di bawah ini merupakan konfigurasi dari pin-pin yang dimiliki arduino mega 2560.



Gambar 2.16. Konfigurasi Pin Arduino Mega 2560.
 (Sumber : Arduino_Mega2560/academia.edu)

Arduino Mega2560 kompatibel dengan sebagian besar shield yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila. Arduino Mega2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega. Arduino Mega2560 memiliki fitur-fitur baru berikut:

- a. 1.0 pinout; Ditambahkan pin SDA dan pin SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin RESET, IOREF memungkinkan *shield* untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia pada papan. Di masa depan, shield akan kompatibel baik dengan papan yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan 5 Volt dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3.3 Volt. Dan ada dua pin yang tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan masa depan.
- b. Sirkuit *RESET*.
- c. Chip ATmega16U2 menggantikan chip ATmega8U2. Gambar 2.16 merupakan gambar arduino mega2560.

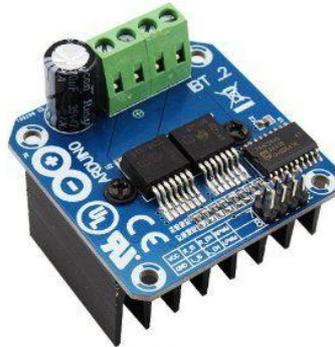
2.13.3. Pemetaan Pin Arduino Mega 2560

Dibawah ini adalah spesifikasi sederhana dari Arduino Mega2560:

Tabel 2. 1 Spesifikasi Sederhanan Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasi	5V
Input Voltage (disarankan)	7-12V/ Input Voltage Limit (6-20 V)
Pin Digital I/O	54 (yang 15 pin digunakan sebagai output PWM)
Pins Input Analog	16
Arus DC per pin I/O	40 Ma
Arus DC untuk pin 3.3V	50 Ma
Flash Memory	256 KB (8 KB digunakan untuk bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 Hz

2.14. Driver Motor BTS7960



Gambar 2.17. BTS 7960

(Sumber : <https://cdn.instructables.com/FRV/794B/HUL8W14L/FRV794BHUL8W14L.LARGE.jpg>)

Driver motor DC ini dapat mengeluarkan arus hingga 43A, dengan memiliki fungsi kontrol kecepatan motor dan menggunakan PWM hingga 25 kHz. Tegangan sumber DC yang dapat diberikan antara 5.5V-27V DC, sedangkan tegangan input level antara 3.3V-5V. Driver motor ini menggunakan rangkaian full H-bridge dengan IC BTS7960 dengan perlindungan saat terjadi panas dan arus berlebihan. Driver module ini sangat mudah di *interface*-kan menggunakan mikrokontroler ataupun Arduino. Dalam penggunaannya, driver module ini memiliki pin 5V dan GND yang dihubungkan dengan pin 5V dan GND pada Arduino. Dan untuk pin R_EN dan L_EN tidak akan dihubungkan pada Arduino. Pin konfigurasi dari penggunaan driver 43A *H-Bridge* ini dapat dilihat pada Gambar 2.19 .

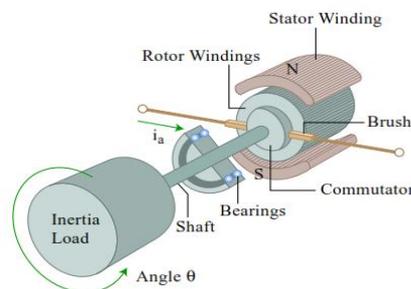
1	2	1、RPWM	: Forward level or PWM signal input, active high
○	○	2、LPWM	: Inversion level or PWM signal input, active high
○	○	3、R_EN	: Forward drive enable input , high enable , low close
○	○	4、L_EN	: Reverse drive enable input , high enable , low close
○	○	5、R_IS	: Forward drive -side current alarm output
○	○	6、L_IS	: Reverse drive -side current alarm output
7	8	7、VCC	: +5 V power input, connected to the microcontroller 5V power supply
		8、GND	: Signal common ground terminal

Gambar 2.18 Pin Konfigurasi BTS 7960(Sumber : <https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1pMB1RVXXXazaXXX760XFXXXj/222444205/HTB1pMB1RVXXXazaXXX760XFXXXj.png>)

2.15. 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.



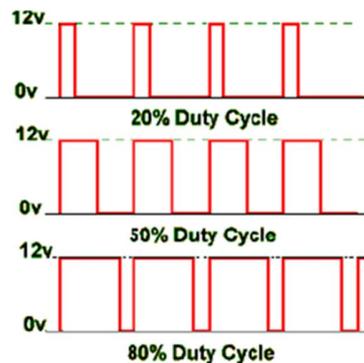
Gambar 2.19. Bagian Motor DC (*Direct Current*)
(Sumber: <https://www.pinterest.com/pin/330240585153884124/>)

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 putar atau torsi.

2.15.1. PWM

PWM (*Pulse width Modulation*), adalah sebuah metode untuk pengaturan kecepatan perputaran, dalam hal ini adalah motor DC untuk gerak robot. PWM dapat dihasilkan oleh empat metode, sebagai berikut: Metode analog, Metode digital, IC diskret, Mikrokontroler.

Pada robot ini, metode PWM dikerjakan oleh mikrokontroler. Metode PWM ini akan mengatur lebar atau sempitnya periode pulsa aktif yang dikirimkan oleh mikrokontroler ke driver motor. Pada pengaturan kecepatan robot, nilai PWM mulai dari 0-255. Secara analog besaran PWM dihitung dalam presentasi, nilai ini didapat dari perbandingan: $T_{high} / (T_{high} + T_{low}) * 100\%$. Dimana T adalah periode atau waktu tempuh untuk sebuah pulsa, yang terbagi menjadi bagian puncak positif (T_{high}) dan puncak negatif (T_{low}). Gambar 2.7 merupakan contoh ilustrasi pwm.



Gambar 2.19 Ilustrasi Persentase PWM

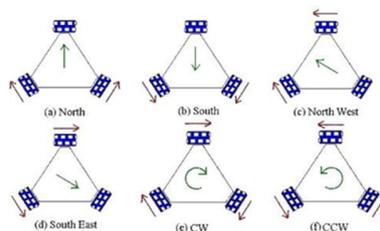
Gambar 2.7 merupakan ilustrasi persentase PWM. Semakin rapat periode antar pulsa, maka frekuensi yang dihasilkan akan semakin tinggi, ini berarti kecepatan akan bertambah. Semakin lebar jarak antar pulsa, maka frekuensi semakin rendah ini berarti kecepatan berkurang atau menurun. Kondisi pemberian kecepatan harus disesuaikan dengan kondisi track yang akan dilewati oleh robot, misal pada saat jalan lurus, naik atau turun harus mendapatkan nilai PWM yang tepat.

2.16. Roda *Holonomic*

Sistem gerak *holonomic* merupakan sebuah sistem yang jumlah derajat kebebasannya sama dengan jumlah koordinat yang dibutuhkan untuk menyatakan konfigurasi dari sistem tersebut. bidang *mobile robot*, istilah *holonomic* diterapkan terhadap sebuah robot tanpa memperhatikan kesatuan bentuk fisik yang membentuk mekanisme sebenarnya. *Mobile robot* dengan sistem gerak yang memiliki tiga derajat kebebasan pada suatu bidang dapat dikatakan *holonomic mobile robot*. Sistem gerak *holonomic* dapat membantu dalam merancang gerakan robot karena tidak ada keterbatasan arah robot dapat bergerak. Berdasarkan sifat dasarnya, ciri-ciri robot *holonomic* adalah sebagai berikut:

- Konfigurasi robot dideskripsikan oleh tiga dimensi
- Robot memiliki tiga DOF tanpa singularities. Singularities adalah titik pada bidang yang tidak terjangkau
- Robot dapat bergerak memutar secara bebas pada absis x , ordinat y , dan orientasi Θ
- Robot dapat berakselerasi pada absis x , ordinat y , dan orientasi Θ

Holonomic wheel terbagi lagi menjadi beberapa jenis yang salah satunya yaitu 3 *wheel holonomic*. 3 *wheel holonomic* memiliki konsep penyusunan roda persis seperti susunan setiap sisi atau sudut pada segitiga sama sisi. Berdasarkan penjelasan sebelumnya, 3 *wheel holonomic* memiliki 3 DOF sehingga arah gerakan yang dihasilkan pun sangat bebas. Arah gerakan 3 *wheel holonomic* dapat dilihat pada gambar 2.21



Gambar 2.20 Arah Gerakan 3 Wheel Holonomic

(Sumber : http://sine.ni.com/cms/images/casestudies/a19_04.jpg?size)

