

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Robot

Ada banyak definisi yang dikemukakan oleh para ahli mengenai robot. Orang awam beranggapan bahwa robot mengandung pengertian suatu alat yang menyerupai manusia, namun struktur tubuhnya tidak menyerupai manusia melainkan terbuat dari logam⁽¹⁰⁾. Beberapa ahli robotika berupaya memberikan beberapa definisi, antara lain :

- i. Robot adalah sebuah manipulator yang dapat di program ulang untuk memindahkan tool, material, atau peralatan tertentu dengan berbagai program pergerakan tertentu untuk berbagai tugas dan mengendalikan serta mensinkronkan peralatan dengan perkejaanya (RIA, 2000).
- ii. Robot adalah sebuah system mekanik yang memiliki fungsi gerak analog untuk fungsi gerak organisme hidup , atau kombinasi dari banyak fungsi gerak dengan fungsi *intelligent* (ORJ, 2000).
- iii. Dari kamus “*Webster*” pengertian robot adalah : *An automatic device that performs function ordinarily ascribed to human beings* (sebuah alat otomatis yang melakukan fungsi berdasarkan kebutuhan manusia).
- iv. Dari kamus “*Oxford*” pengertian robot adalah : *A machine capable of carrying out a complex series of actions automatically, especially one programmed by a computer* (sebuah mesin yang mampu melakukan serangkaian tugas rumit secara otomatis, terutama yang diprogram oleh komputer).
- v. “*Robot Institute of America*” mendefinisikan robot sebagai : *A reprogrammable multifunctional manipulator designed to move materials, parts, tools or other specialized devices through variable programmed motions for the performance of a variety of task* (sebuah manipulator multifungsi yang mampu diprogram, didesain untuk memindahkan material, komponen, alat, atau benda khusus lainnya melalui serangkaian gerakan terprogram untuk melakukan berbagai tugas).

- vi. “*International Organization for Standardization*” (ISO 8373) mendefinisikan robot sebagai : *An automatically controlled, reprogrammable, multipurpose, manipulator programmable in three or more axes, which may be either fixed in place or mobile for use in industrial automation applications* (sebuah manipulator yang terkendali, multifungsi, dan mampu diprogram untuk bergerak dalam tiga axis atau lebih, yang tetap berada di tempat atau bergerak untuk digunakan dalam aplikasi otomasi industri).

Berdasarkan *Robotics Institute of America (RIA)*, definisi robot adalah “*A robot is a reprogrammable multifunctional manipulator designed to move material, parts, tools, or specialized devices through variable programmed motions for the performance of a variety of tasks.*” Bahwa robot adalah sebuah manipulator yang multifungsi dan bekerja untuk sebuah keahlian yang khusus, dimana robot juga harus dapat diprogram ulang. Dari sudut pandang engineering, robot adalah sebuah benda kompleks dimana didalamnya terdapat struktur mekanik, kumpulan sistem sensorik dan sebuah sistem kontrol.

2.2 Robot Industri

Robot industri adalah komponen utama dalam teknologi otomasi yang dapat berfungsi sebagai layaknya buruh atau pekerja yang dapat bekerja terus-menerus tanpa lelah. Otomasi sendiri didefinisikan sebagai teknologi yang berlandaskan pada aplikasi sistem mekanik, elektronik dan komputer.^[2]

Komponen utama robot industri terdiri dari 4 bagian, yaitu :

1. Manipulator : merupakan bagian mekanik yang dapat difungsikan untuk memindahkan, mengangkat dan memanipulasi benda kerja.
2. Sensor : merupakan komponen berbasis instrumentasi (pengukuran) yang berfungsi sebagai pemberi informasi tentang berbagai keadaan atau kedudukan dari bagian-bagian manipulator.
3. Aktuator : merupakan penggerak yang jika dilihat dari prinsip penghasil geraknya dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu penggerak berbasis motor listrik (motor: DC, Servo, Stepper, AC, dsb.), penggerak pneumatik (berbasis



kompresi gas: udara, nitrogen, dsb.) dan penggerak hidraulik (berbasis kompresi benda cair: minyak pelumas, dsb.).

4. Kontroler : merupakan rangkaian elektronik berbasis mikroprosesor atau mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengatur seluruh komponen dalam bentuk fungsi kerja.

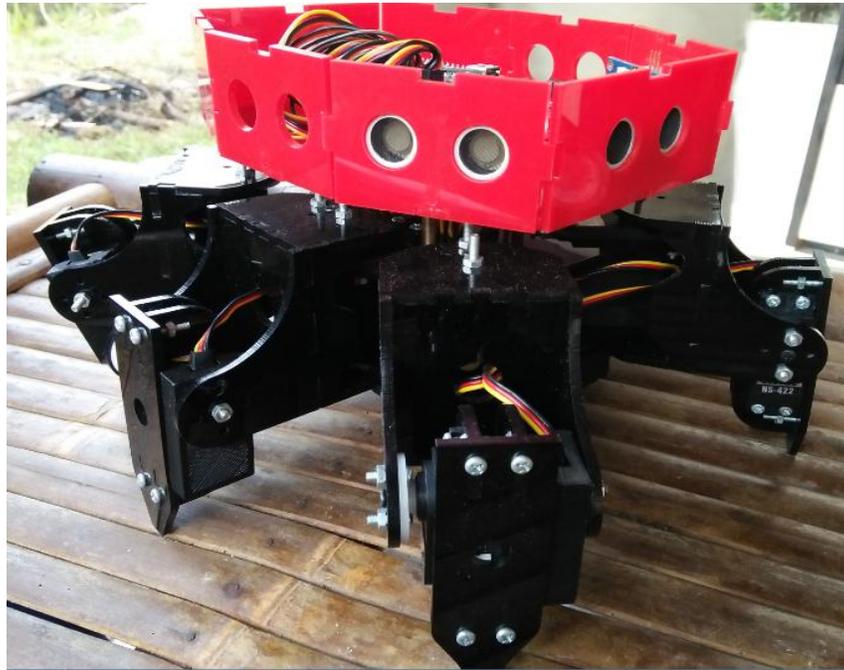
2.3 *Hexapod Robot*

Sesuai dari namanya *hexapod robot* adalah jenis yang bergerak menggunakan 6 (enam) kaki. Karena robot secara statistik dapat stabil dengan menggunakan 3 (tiga) kaki maka robot *hexapod* tentu memiliki fleksibilitas yang lebih tinggi. Jika ada salah satu kaki yang tidak berfungsi, maka robot masih tetap dapat berjalan.

Terlebih lagi, tidak semua kaki robot dibutuhkan untuk stabilitas, kaki-kaki lainnya dapat bergerak bebas untuk mencari pijakan baru dalam berjalan ⁽¹⁰⁾.

Robot berkaki merupakan sebuah robot yang dapat bergerak dengan leluasa karena memiliki kemampuan bergerak untuk berpindah posisi yang didukung oleh bentuk kaki yang dirancang sebagai alat penggerakannya. Penggunaan kaki dan bentuk tubuh, ini semua akan disesuaikan dengan medan yang akan dihadapi oleh robot dan juga harus sesuai dengan tugas yang akan dilaksanakan oleh robot nantinya. Pada penelitian yang dilakukan oleh Jin Bo et al, 2011 yang berjudul “*Design and Configuration of a Hexapod Walking Robot.*” menjelaskan mengenai gaya berjalan robot hexapod yang difokuskan pada berjalan lurus dengan meningkatkan kemampuan beradaptasi pada medan yang tidak rata menggunakan sensor pada ujung kaki yang ditujukan pada perhitungan kinematika. Berikut klasifikasi robot berkaki yang penulis gunakan. Adapun kelebihan robot berkaki ini menurut ⁽¹⁰⁾ yaitu :

1. Kestabilan posisi robot di atas permukaan lebih baik daripada biped dan quadrapod.
2. Dapat bergerak diberbagai permukaan, baik kasar maupun halus.
3. Posisi bodi tinggi di atas kaki sehingga menghindari gesekan yang berlebihan dengan permukaan.



Gambar 2.1 Robot *Hexapod*

Robot hexapod dikembangkan melalui tingkah laku hewan yang dinamakan laba-laba, dari pergerakan dan kinematic struktur. Kaki robot *hexapod* ini di desain menggunakan simulasi inverse kinematics 2 DOF (Degrees Of Freedom) pada setiap kakinya yang berjumlah 6. Dimana dalam hal ini 1 kaki terdiri dari 2 joint (θ_1, θ_2) dan 2 link. Ada pun dimensi robot hexapod ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Dimensi Robot

Height	108,61 mm
Width	243,43 mm
Link 1	70 mm
Link 2	70 mm

2.4 Inverse Kinematics

Inverse Kinematics mengacu pada penggunaan persamaan kinematika robot untuk menentukan parameter bersama yang memberikan posisi yang diinginkan pada posisi akhir atau efektor. Spesifikasi pergerakan robot sehingga posisi akhir atau efektor mencapai titik yang diinginkan adalah dikenal sebagai perencanaan gerak. *Inverse kinematics* mengubah rencana gerak menjadi nilai yang harus diberikan bagi actuator atau penggerak dalam pergerakan robot ⁽¹⁰⁾. Dalam pergerakannya, robot dimodelkan dalam bentuk persamaan kinematika. Persamaan ini menentukan konfigurasi robot dalam parameter untuk menghitung konfigurasi robot, dan *inverse kinematics* membalikan perhitungan ini untuk menentukan parameter bersama dalam mencapai konfigurasi yang diinginkan.



Gambar 2.2 Model Kontrol Kinematika Robot

Kontroler dinyatakan sebagai kontroler kinematika karena mengandung komponen transformasi ruang Cartesien ke ruang sudut sendi maupun sebaliknya.

1. *Forward Kinematics*

Forward kinematics adalah metode untuk menentukan orientasi dan posisi *end-effector* dari besarnya sudut sendi dan panjang *link* lengan robot. Persamaan *forward kinematics* didapatkan berdasarkan jumlah DOF dan jenis kinematic robot manipulator.

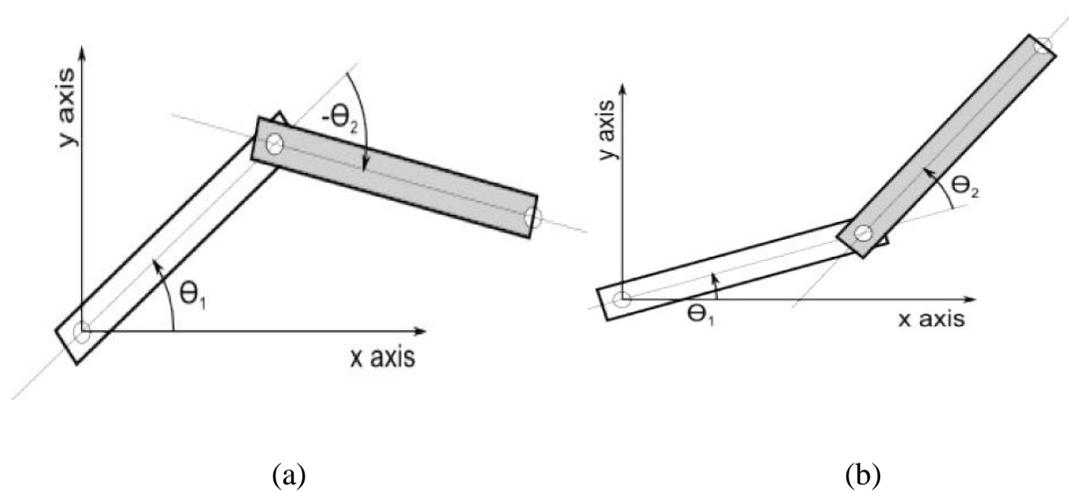
2. *Inverse Kinematics*

Inverse kinematics merupakan kebalikan dari *forward kinematics* metode ini diperlukan untuk mengetahui nilai sudut pada sendi-sendi yang diperlukan agar *end-effector* dapat mencapai posisi yang dikehendaki.

Inverse kinematics lebih banyak diaplikasikan, namun perhitungannya jauh lebih rumit dikarenakan beberapa hal:

1. Melibatkan persamaan non-linear
2. Solusi yang dihasilkan bias banyak dan kadang tak hingga
3. Kemungkinan tidak mendapatkan solusi jika posisi berada di luar *workspace*.

2.4.1 Konfigurasi *Inverse Kinematics* 2 Sendi (DOF)



Gambar 2.3 (a) *Elbow up* (b) *Elbow Down*

Forwad Kinematics

$$x = l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos (\theta_1 + \theta_2)$$

$$y = l_1 \sin \theta_1 + l_2 \sin (\theta_1 + \theta_2)$$

Inverse Kinematics

$$x^2 + y^2 = l_1^2 \cos^2 \theta_1 + l_2^2 \cos^2(\theta_1 + \theta_2) + 2 l_1 l_2 \cos \theta_1 \cos (\theta_1 + \theta_2) + l_1^2 \sin^2 \theta_1 + l_2^2 \sin^2(\theta_1 + \theta_2)$$

$$2 l_1 l_2 \sin \theta_1 \sin (\theta_1 + \theta_2)$$

$$= l_1^2 + l_2^2 + 2 l_1 l_2 [\cos \theta_1 \cos (\theta_1 + \theta_2) + \sin \theta_1 \sin (\theta_1 + \theta_2)]$$

**Persamaan :**

$$\sin(x \pm y) = \sin x \cos y \pm \cos x \sin y$$

$$\cos(x \pm y) = \cos x \cos y \pm \sin x \sin y$$

$$x^2 + y^2 = l_1^2 + l_2^2 + 2 l_1 l_2 [\cos\theta_1 (\cos\theta_1 \cos\theta_2 - \sin\theta_1 \sin\theta_2) + \sin\theta_1 (\sin\theta_1 \cos\theta_2 + \cos\theta_1 \sin\theta_2)]$$

$$= l_1^2 + l_2^2 + 2 l_1 l_2 [\cos^2 \theta_1 \cos \theta_2 + \sin^2 \theta_2 \cos \theta_2]$$

$$= l_1^2 + l_2^2 + 2 l_1 l_2 \cos \theta_2$$

$$\cos \theta_2 = \frac{x^2 + y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2 l_1 l_2}$$

Dari sini kita bisa mendapatkan sudut menggunakan fungsi *arc cos*, namun fungsi ini kurang akurat untuk sudut kecil. Cara lain untuk menghindari ketidakakuratan ini adalah dengan mengkonversi terhadap Fungsi *arc tan* (*atan*).

$$\cos^2 \theta_2 + \sin^2 \theta_2 = 1$$

$$\sin \theta_2 = \pm (1 - \cos^2 \theta_2)^{1/2}$$

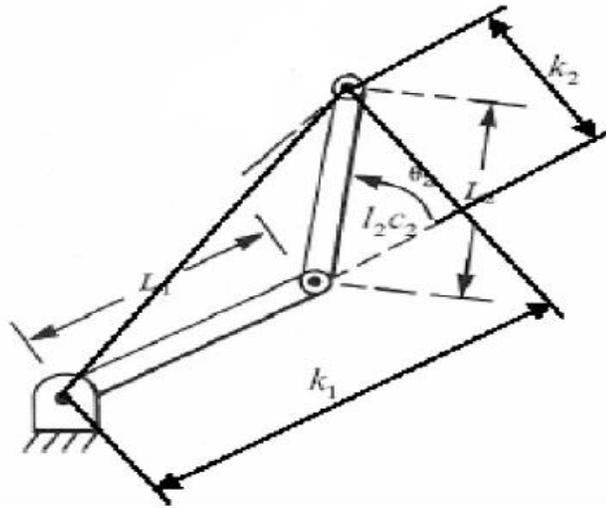
Kedua solusi tersebut sesuai dengan konfigurasi '*Elbow Up*' dan '*Elbow Down*' seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 a) dan b).

$$\text{Jadi, } \theta_2 = \text{atan2}(\sin \theta_2 \cos \theta_2) =$$

$$\text{atan2}(\pm (1 - \cos^2 \theta_2)^{1/2}, \cos \theta_2) =$$

$$\text{atan2}\left(\pm \left(1 - \frac{x^2 + y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2 l_1 l_2}\right)^{1/2}, \frac{x^2 + y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2 l_1 l_2}\right)$$

Untuk Penyelesaian θ_1 kita menulis ulang persamaan nonlinear menggunakan perubahan variable sebagai berikut, lihat Gambar.2.2



Gambar 2.4 diambil dari gambar 2.3

$$x = l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos (\theta_1 + \theta_2)$$

$$y = l_1 \sin \theta_1 + l_2 \sin (\theta_1 + \theta_2)$$

$$x = k_1 \cos \theta_1 - k_2 \sin \theta_1$$

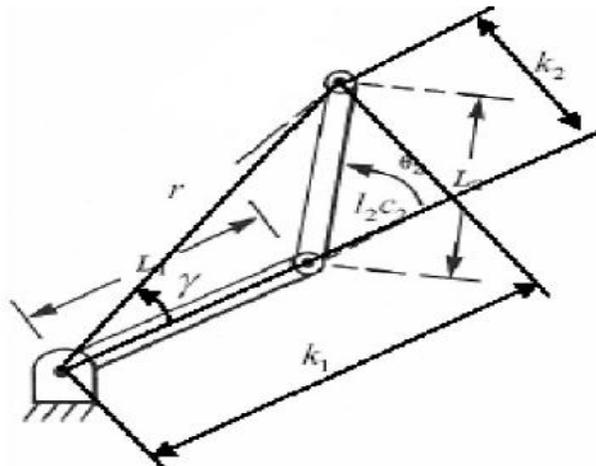
$$y = k_1 \sin \theta_1 + k_2 \cos \theta_1$$

Dimana,

$$k_1 = l_1 + l_2 \cos \theta_2$$

$$k_2 = l_2 \sin \theta_2$$

Selanjutnya kita tulis konstanta k_1 dan k_2 lihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Diambil dari gambar 2.3



$$r = (k_1^2 + k_2^2)^{1/2}$$

$$k_1 = r \cos \gamma ; k_2 = r \sin \gamma$$

Memasukkan ke transformasi sebelumnya dari hasil x dan y

$$x = r \cos \gamma \cos \theta_1 - r \sin \gamma \sin \theta_1 ; \frac{x}{r} = \cos \gamma \cos \theta_1 - \sin \gamma \sin \theta_1 ; \frac{x}{r} = \cos (\gamma + \theta_1)$$

$$y = r \cos \gamma \sin \theta_1 - r \sin \gamma \cos \theta_1 ; \frac{y}{r} = \cos \gamma \sin \theta_1 - \sin \gamma \cos \theta_1 ; \frac{y}{r} = \sin (\gamma + \theta_1)$$

$$\gamma + \theta_1 = \text{atan2} \left(\frac{y}{r}, \frac{x}{r} \right) = \text{atan2} (y, x) ; \text{jadi, } \theta_1 = \text{atan2} (y, x) - \text{atan2} (k_2, k_1)$$

2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler atau *embedded controller* adalah suatu sistem yang memiliki *input* dan *output*, memori, dan prosesor. Pada prinsipnya mikrokontroler adalah sebuah computer berukuran kecil yang digunakan sebagai kendali atau kontrol seperti sensor, penerimaan GPS untuk memperoleh data posisi kebumihan satellite, dan motor untuk mengontrol gerakan pada robot ⁽⁶⁾. Sebuah mikrokontroler adalah computer kecil dalam sebuah *integrated circuit* (IC) yang terdiri dari CPU sederhana dikombinasikan dengan fitur-fitur pendukung seperti Kristal osilator, *timer*, serial dan analog *input/output* ⁽⁶⁾.

2.6 Arduino Mega 2560

Arduino Mega *USB Microcontroller* (Atmega 2560) adalah suatu mikrokontroler pada atmega 2560 yang memiliki 54 *input* dan *output* digital. Memiliki beberapa fungsi diantaranya adalah 16 pin sebagai PWM (*Pulse-Width Modulation*), 16 sebagai *analog input*, dan di dalamnya terdapat osilator Kristal, USB koneksi, power, ICSP, dan tombol reset.

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 2.13 di bawah merupakan gambar arduino mega2560.

2.6.1 Pemetaan Pin

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasi	5V
Input Voltage	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 pin 3.3V	50 mA
Flash Memory	256 KB (8 KB digunakan untuk bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 Hz

2.6.2 Sumber Daya

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan steker 2,1 mm yang bagian tengahnya terminal positif ke ke jack sumber tegangan pada papan. Jika tegangan berasal dari baterai dapat langsung dihubungkan melalui header pin Gnd dan pin Vin dari konektor POWER.

Papan Arduino ATmega2560 dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 Volt sampai 20 volt. Jika diberi tegangan kurang dari 7 Volt, maka, pin 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt. Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut:

- a. **VIN** : Adalah input tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai 'saingan' tegangan 5 Volt dari koneksi USB atau sumber daya ter-regulator lainnya). Anda dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika memasok tegangan untuk papan melalui jack power, kita bisa mengakses/mengambil tegangan melalui pin ini.
- b. **5V** : Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 Volt, dari pin ini tegangan sudah diatur (ter-regulator) dari regulator yang tersedia (built-in) pada papan. Arduino dapat diaktifkan dengan sumber daya baik berasal dari jack power DC (7-12 Volt), konektor USB (5 Volt), atau pin VIN pada board (7-12 Volt). Memberikan tegangan melalui pin 5V atau 3.3V secara langsung tanpa melewati regulator dapat merusak papan Arduino.
- c. **3V3** : Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (on-board). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
- d. **GND** : Pin Ground atau Massa.

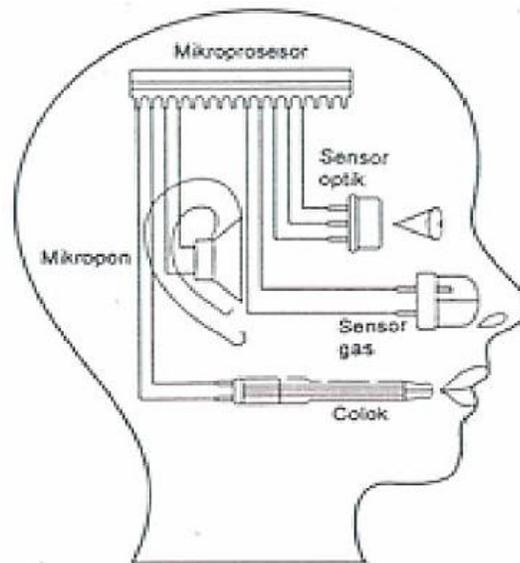


- e. **IOREF** : Pin ini pada papan Arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler. Sebuah perisai (shield) dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan (voltage translator) pada output untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt.

2.7 Sensor

Sensor merupakan komponen berbasis instrumentasi (pengukuran) yang berfungsi sebagai pemberi informasi tentang berbagai keadaan atau kedudukan dari bagian-bagian manipulator.^[6] Sensor digunakan untuk mendeteksi besaran-besaran mekanis, magnetis, panas, sinar/cahaya, dan kimia menjadi tegangan dan arus pendeteksian pada saat melakukan pengukuran atau pengendalian. Beberapa jenis sensor yang banyak digunakan dalam rangkaian elektronik antara lain sensor cahaya, sensor warna, sensor suhu, sensor gas dan sensor berat. Dalam dunia elektronik, sensor dibagi menjadi dua tipe sensor, yaitu sensor yang dilengkapi dengan transduser dan sensor yang tidak dilengkapi transduser.

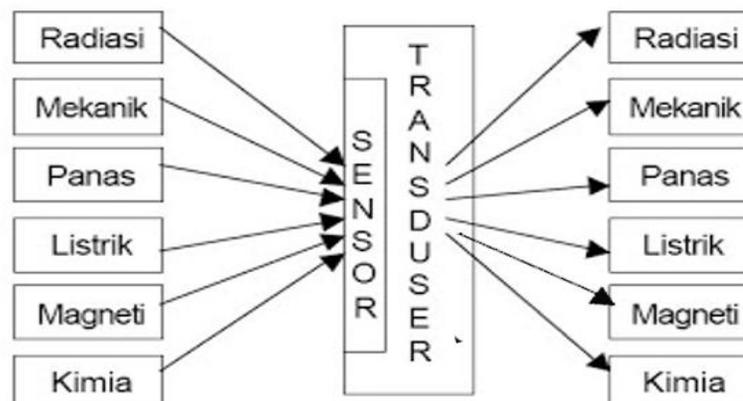
Sensor biasanya dikategorikan melalui pengukur dan memegang peranan penting dalam pengendalian proses pabrikasi modern. Sensor dapat dianalogikan seperti mata, pendengaran, hidung, lidah dan otak yang menjadi mikroprosesornya.^[7] Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.8 Sensor

(Sumber : Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Sensor dan Tranduser.pdf)

Transduser berasal dari kata “*Transducere*” dalam bahasa latin yang berarti mengubah, sehingga tranduser dapat didefinisikan sebagai suatu piranti yang dapat mengubah suatu energi listrik. Input tranduser disebut “sensor”, karena bagian tersebut dapat mengindra suatu kuantitas fisik tertentu dan mengubahnya menjadi bentuk energi listrik. Dapat dilihat perubahan energi pada Gambar 2.8 berikut :^[8]

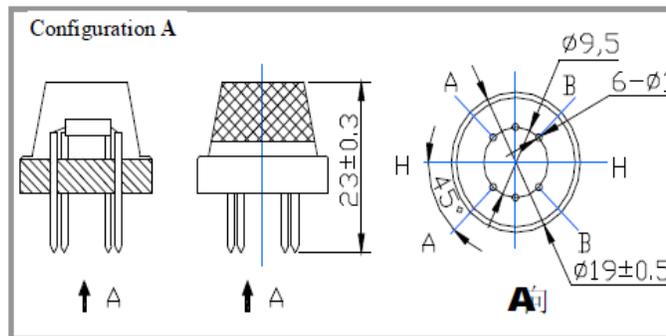


Gambar 2.9 Gambaran Umum Masukan dan Keluaran Transduser

(Sumber : Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Sensor dan Tranduser.pdf)

2.8 Sensor Gas MQ5

Sensor gas MQ5 merupakan salah satu sensor utama dalam penelitian ini. Sensor ini merupakan sebuah sensor pendeteksi gas. Sensor ini mempunyai nilai resistansi R_s yang akan berubah bila terkena gas yang mewakili gas di udara yaitu gas butana dan propana. Sensor MQ5 memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap dua jenis gas tersebut. Jika sensor tersebut mendeteksi keberadaan gas di udara dengan tingkat konsentrasi tertentu, maka sensor akan menganggap terdapat gas LPG di udara dan ketika sensor mendeteksi keberadaan gas tersebut, maka resistansi elektrik sensor tersebut akan menurun yang menyebabkan tegangan yang dihasilkan oleh output sensor akan semakin besar. Selain itu, sensor juga mempunyai sebuah pemanas (*heater*) yang digunakan untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar agar sensor dapat bekerja kembali secara efektif ⁽⁶⁾. Struktur sensor MQ5 secara umum dari Gambar 2.9.



Gambar 2.10 Struktur Sensor MQ5

(Sumber : www.hwsensor.com)

2.8.1 Cara Kerja Sensor MQ5

Sensor ini terdiri dari sebuah lapisan semikonduktor logam oksida yang terbentuk di atas sebuah substrat alumina pada sebuah *sensing chip* bersama dengan sebuah pemanas yang terintegrasi. Pada saat LPG terdeteksi, konduktivitas sensor meningkat tergantung dengan konsentrasi gas di udara. Sebuah rangkaian listrik sederhana dapat mengubah perubahan konduktivitas ke dalam sinyal elektrik. Sensor MQ5 memiliki sensitivitas tinggi pada propana dan

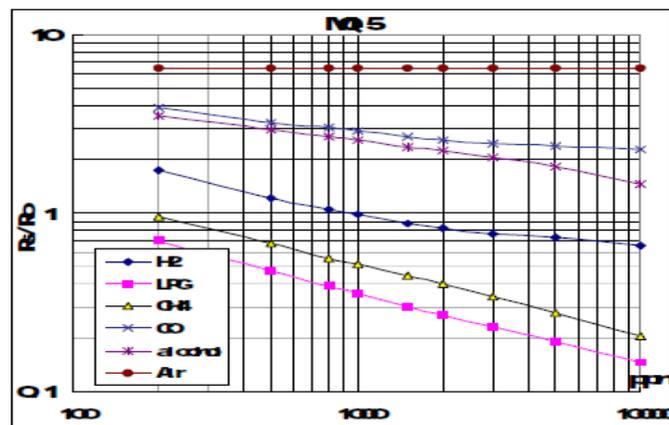
butana, sehingga sangat cocok untuk memonitor keberadaan atau kebocoran gas LPG propana dan butana di udara. Sensor ini memiliki sensitivitas yang rendah terhadap uap alcohol yang biasa terdapat pada interferensi gas sehingga cocok untuk sistem peringatan gas. Dikarenakan *sensing chip* yang dibuat kecil, sensor ini hanya membutuhkan arus 56mA untuk sistem pemanasan awal ⁽⁶⁾.

2.8.2 Karakteristik Sensitivitas MQ5

Gambar.5 di bawah ini adalah gambar yang merepresentasikan karakteristik sensitifitas dari sensor MQ5 karakteristik temperatur dan kelembaban (Arif Nurhidayat, 2010). Sumbu-y diindikasikan sebagai rasio resistansi sensor.

R_s = Resistansi sensor pada konsentrasi tertentu.

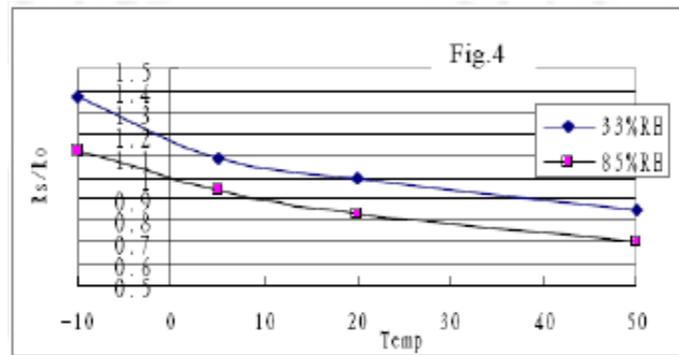
R_o = Resistansi sensor pada 1000ppm H_2 di udara terbuka.



Gambar 2.11 Karakteristik Sensitivitas MQ5

(Sumber : www.hwsensor.com)

Gambar.6 dibawah ini untuk menghitung pengaruh suhu dan humiditas terhadap resistansi sensor, maka harus dibuat persamaan garis.



Gambar 2.12 Karakteristik Sensitifitas Sensor Terhadap Humaditas Dan Temperatur

(Sumber : www.hwsensor.com)

Dari Gambar 2.11 diatas dapat dilihat bahwa linearisasi dapat dilakukan dari rentang 10°C sampai dengan 50°C, sehingga ini akan menjadi rentang kerja alat ini. Dari persamaan garis lurus yaitu, ⁽⁶⁾:

$$y = m (x - x_1) + y_1 \quad (1)$$

$$m = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \quad (2)$$

Dapat diperoleh gradient m dengan mensubtitusikan data pada gambar di atas, yaitu $(x_1 \ y_1) = (10 \ 0,9)$ dan $(x_2 \ y_2) = (50 \ 0,7)$ kedalam persamaan (2) menjadi:

$$m = \frac{(0,7 - 0,9)}{(50 - 10)} = -0,005 \quad (3)$$

Untuk mendapatkan persamaan karakteristik pada 85% RH, substitusikan salah satu titik yaitu (50 0,7) ke dalam persamaan (1).

$$y = m (x - x_1) + y_1 = -0,005(x - 50) + 0,7 = -0,005x + 0,95 \quad (4)$$

Sedangkan untuk 33% RH, substitusikan titik (50, 0,85) ke dalam persamaan (1) di atas menjadi :

$$y = m (x - x_1) + y_1 = -0,005(x - 50) + 0,85 = -0,005x + 0,9 \quad (5)$$

Dapat kita lihat dari persamaan diatas, menghasilkan penurunan konstanta sebesar 0,05.

Dimana :

y : Nilai R_s/R_o , dimana R_o adalah resistansi sensor saat mengukur H_2 pada 1000ppm pada 33 % RH dan 20°C , R_s adalah resistansi sensor pada saat keadaan aktual.

x : Nilai Temperatur dalam $^\circ\text{C}$.

2.9 Motor Servo

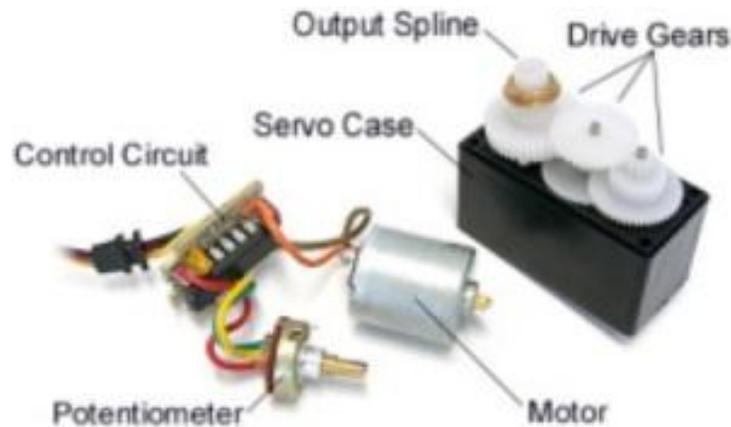
Motor *servo* biasanya digunakan untuk robot berkaki, berlengan atau sebagai aktuator pada *mobile* robot. Motor *servo* dikemas dalam bentuk segi empat dengan sebuah *output shaft* motor dan konektor dengan 3 kabel yaitu *ground*, *power* dan *control*. Motor servo pada dasarnya motor DC Magnet permanen dengan kualifikasi khusus yang sesuai dengan aplikasi “*Servoing*” di dalam teknik kontrol.^[3] Motor DC (*Direct Current*) adalah peralatan elektromekanik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik yang desain awalnya diperkenalkan oleh Michael Faraday lebih dari seabad yang lalu.

Tidak ada spesifikasi baku yang disepakati untuk menyatakan bahwa suatu motor DC Magnet Permanen adalah motor servo. Namun secara umum dapat didefinisikan bahwa motor servo harus memiliki kemampuan yang baik dalam mengatasi perubahan yang (sangat) cepat dalam hal posisi, kecepatan dan akselerasi. Motor servo juga dikehendaki handal beroperasi dalam lingkup torsi yang berubah-ubah.

Beberapa tipe motor servo yang dijual bersama dengan paket rangkaian *driver*-nya telah memiliki rangkaian kontrol kecepatan yang menyatu didalamnya. Putaran motor tidak lagi berdasarkan tegangan *supply* ke motor, namun berdasarkan tegangan input khusus yang berfungsi sebagai referensi kecepatan output.

Motor servo pada dasarnya mempunyai sistem *close loop* sehingga dapat mempertahankan *horn* pada posisinya. Motor servo terdiri dari sebuah motor DC

kecil, sistem kombinasi *gear* yang berfungsi mengatur kecepatan motor DC, sebuah potensiometer, dan sebuah *controller*. Komponen motor servo dapat dilihat pada gambar 2.13.

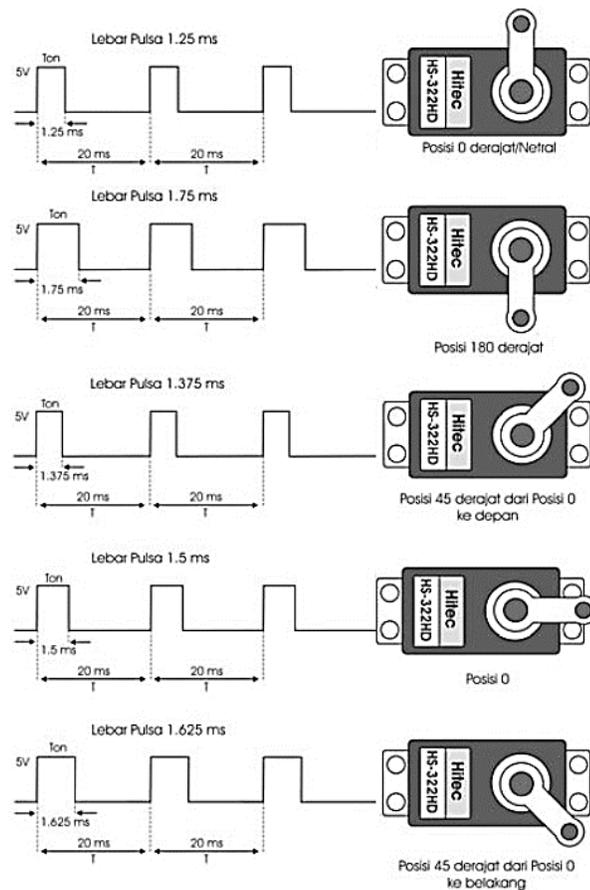


Gambar 2.13 Komponen Motor Servo

(Sumber : <http://zoniaelektro.net/motor-servo/>)

Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran motor servo berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal pada kabel motor servo. Berbagai model motor servo tersedia di pasaran dengan spesifikasi yang bermacam-macam. Pada umumnya motor servo memerlukan sinyal input dalam bentuk PWM (*Pulsa Width Modulation*) dengan jangkauan gerakan poros outputnya berkisar antara $(-120^{\circ} \div 120^{\circ})$.^[4]

Motor servo akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan pulsa PWM dengan frekuensi 50 Hz. Dimana pada saat sinyal dengan frekuensi 50 Hz tersebut dicapai pada kondisi *Ton Duty Cycle* 1.5 ms, maka rotor dari motor akan berhenti tepat pada tengah-tengah (sudut 90°). Semakin lebar pulsa *high* (*Ton*) maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah yang searah dengan jarum jam. Pada gambar 2.13 menunjukkan sudut yang dibentuk oleh motor servo berdasarkan lebar pulsa yang diberikan.



Gambar 2.14 Pengaruh Pemberian Pulsa terhadap posisi Motor Servo

(Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/motor-servo>)

Jenis motor *servo* berdasarkan sudut operasi motor *servo* dibagi menjadi 2 yaitu:

a. *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.

b. *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. Bentuk fisik motor *servo* ditunjukkan pada Gambar 2.9. (Averroes, 2009). Gambar 2.15 di bawah merupakan gambar motor servo yang digunakan.



Gambar 2.15 Motor Servo *Standart*

(Sumber : Tri Wahyu, Sutrisno. *Sensor Ping Parallax Sebagai Pengukur Jarak Pada Robot Cerdas Pemadam Api*. Jurnal)

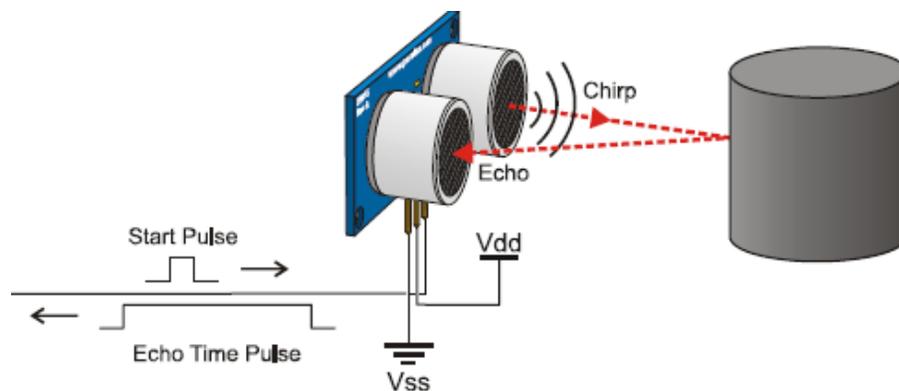
2.9.1 Kontrol Motor Servo

Pengontrolan motor servo merupakan, suatu mikrokontroler yang difungsikan secara khusus untuk mengontrol beberapa motor servo dengan mengatur pemberian pulsa pada 10 buah motor servo. Salah satu fasilitas dari mikrokontroler yang digunakan sebagai pengontrolan motor servo ini adalah *timer/counter* dengan mode *compare match*.

Pada subbab sebelumnya telah dijelaskan bahwa motor servo merupakan suatu motor DC yang dapat digerakkan membentuk sudut-sudut tertentu dengan memberikan pulsa selebar 0.6-1.4 ms untuk logika *high* dan pulsa selebar 17.6-19.4 ms untuk logika *low* (20 ms untuk lebar pulsa selama 1 perioda) sebanyak 50 kali dalam 1 detik. Selama pulsa logika *low* untuk motor servo 1 berlangsung, kita dapat memanfaatkannya untuk memberikan pulsa logika *high* untuk motor servo selanjutnya.

2.10 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 2.15 dibawah ini.



Gambar 2.16 Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik

(Sumber : Parallax-28015-datasheet.pdf)

Dari Gambar 2.15 dapat dijelaskan mengenai prinsip kerja dari sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

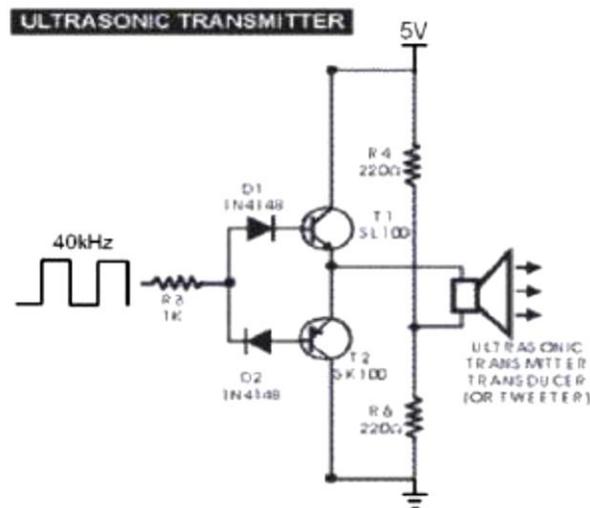
- Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20 kHz, biasanya yang digunakan untuk mengukur jarak benda adalah 40 kHz. Sinyal tersebut dibangkitkan oleh rangkaian pemancar ultrasonik.
- Sinyal yang dipancarkan tersebut kemudian akan merambat sebagai sinyal/gelombang 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.

2.10.1 Pemancar Ultrasonik (Transmitter)

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



Gambar 2.17 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 kerangkaian 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).

2.10.2 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)

2.10.3 Sensor Ultrasonik PING

Sensor PING bekerja dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik diatas jangkauan pendengaran manusia (40 kHz) selama tBurst (200 μ s), gelombang ini merambat melalui udara, mengenai objek dan kemudian memantulkannya kembali ke sensor. Gambar berikut merupakan tampilan fisik dari sensor PING yang digunakan :



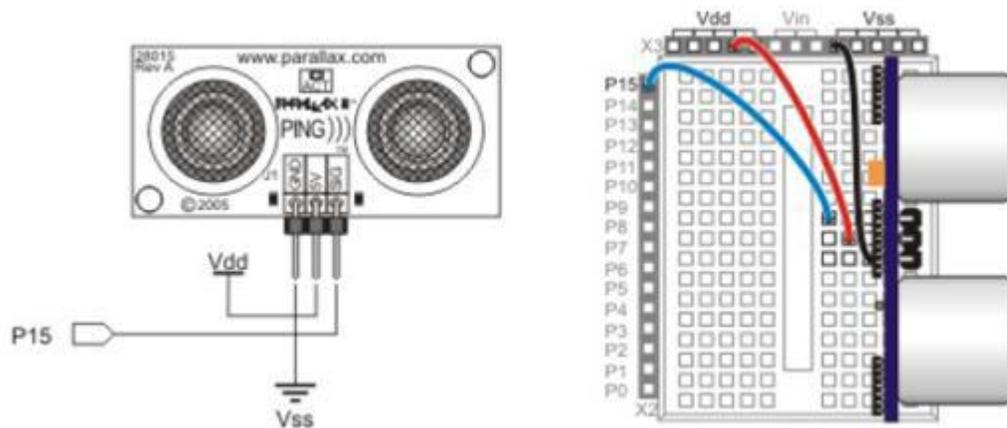
Gambar 2.18 Sensor Ultrasonik PING

(Sumber : Parallax-28015-datasheet.pdf)

Definisi Pin :

- GND : Ground
- 5V : 5VDC
- SIG : Sinyal (Pin I/O) (Parallax 2013 : 1)

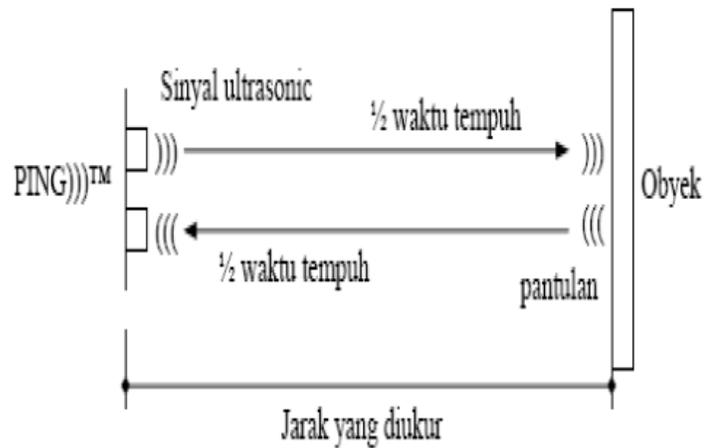
Sensor ultrasonik PING memiliki 3 pin berupa GND, 5V dan SIG. Untuk menghubungkan sensor ultrasonik PING dengan mikrokontroler, sensor ultrasonik PING harus diberi tegangan dari sistem minimum mikrokontroler sebesar 5V dengan cara menghubungkan supply 5V dan ground yang terdapat pada sistem minimum ke pin 5V dan pin GND pada ultrasonik tersebut. Pin terakhir yaitu SIG dapat diletakkan pada pin-pin output yang terdapat pada ATmega. Gambar 2.8 berikut merupakan gambar skematik sensor ultrasonic PING.



Gambar 2.19 Skematik Sensor Ultrasonik PING

(Sumber : Parallax-28015-datasheet.pdf)

Gambar 2.19 dibawah adalah gambar jarak ukur antara sensor dan objek.

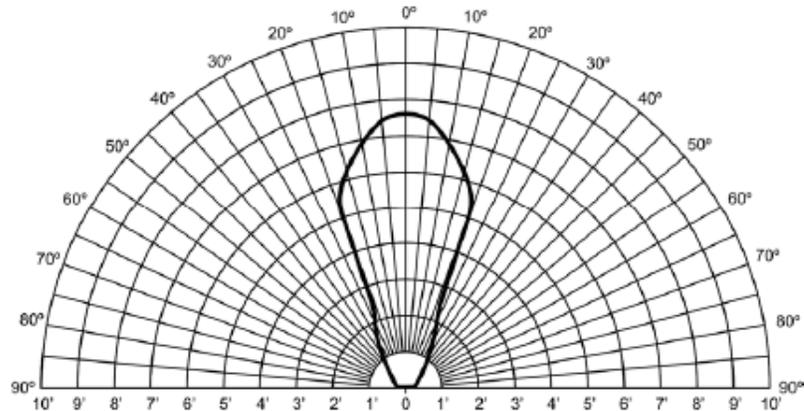


Gambar 2.20 Jarak Ukur Sensor PING

(Sumber : Parallax-28015-datasheet.pdf)

Gelombang ini melalui udara dengan kecepatan 344 m/s kemudian mengenai obyek dan memantul kembali ke sensor. Ping mengeluarkan pulsa output high pada pin SIG setelah memancarkan gelombang ultrasonik dan setelah gelombang pantulan terdeteksi Ping akan membuat output low pada pin SIG. Lebar pulsa High (tIN) akan sesuai dengan lama waktu tempuh gelombang ultrasonik untuk 2 kali jarak ukur

dengan obyek. Maka jarak yang diukur ialah $[(tINs \times 344 \text{ m/s}) : 2]$ meter. Gambar dibawah ini merupakan pancaran yang dihasilkan sensor PING.

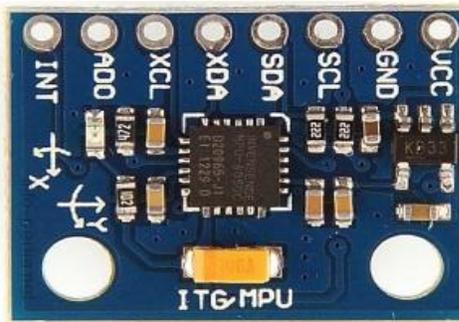


Gambar 2.21 Pancaran Sensor PING

(Sumber : *Parallax-28015-datasheet.pdf*)

2.11 Sensor MPU6050 Axelerometer Gyro

Accelerometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran (vibrasi), dan mengukur percepatan akibat gravitasi. Sensor accelerometer mengukur percepatan dari 3 sumbu gerakan akibat gerakan benda yang melekat padanya. Percepatan merupakan suatu keadaan berubahnya kecepatan terhadap waktu. Bertambahnya suatu kecepatan dalam suatu rentang waktu disebut juga percepatan (*acceleration*). Jika kecepatan semakin berkurang dari pada kecepatan sebelumnya, disebut deceleration. Percepatan juga bergantung pada arah/orientasi karena merupakan penurunan kecepatan yang merupakan besaran vektor. Berubahnya arah pergerakan suatu benda akan menimbulkan percepatan pula.



Gambar 2.22 Sensor MPU6050 Axelerator Gyro

(sumber : google image sensor MPU6050 Axelerometer Gyro)

Gyroscope adalah suatu alat berupa sensor *gyro* untuk menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada roda atau cakram yang berotasi dengan cepat pada sumbu. *Gyroscope* memiliki output yang peka terhadap kecepatan sudut dari arah sumbu x yang nantinya akan menjadi sudut phi (*roll*), dari sumbu y nantinya menjadi sudut theta (*pitch*), dan sumbu z nantinya menjadi sudut psi (*yaw*). Penggunaan *gyroscope* dalam kehidupan sehari-hari belum banyak. *Gyroscope* lazimnya digunakan pada pesawat terbang, kapal, helikopter, dan lainnya. Hal tersebut untuk mengurangi getaran yang ditimbulkan mesin agar keseimbangan tidak goyah. *Gyroscope* baru-baru ini juga diterapkan pada mainan helikopter dengan tujuan menyeimbangkan saat diterbangkan. Kompas adalah alat navigasi untuk menentukan arah berupa sebuah panah penunjuk magnetis yang bebas menyelaraskan dirinya dengan medan magnet bumi secara akurat. Kompas memberikan rujukan arah tertentu, sehingga sangat membantu dalam bidang navigasi. Arah mata yang ditunjukkannya adalah utara, selatan, timur, dan barat. Apabila digunakan bersama-sama dengan jam dan sekstan, maka kompas akan lebih akurat dalam menunjukkan arah. Alat ini membantu perkembangan perdagangan maritime dengan membuat perjalanan jauh lebih aman dan efisien dibandingkan saat manusia masih berpedoman pada kedudukan bintang untuk menentukan arah.

Kompas dibedakan menjadi dua jenis, yaitu kompas analog dan kompas digital. Kompas analog adalah kompas yang biasa kita lihat dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya saja kompas yang dipakai ketika acara pramuka. Sedangkan kompas



digital merupakan kompas yang telah menggunakan proses digitalisasi. Dengan kata lain, cara kerja kompas ini menggunakan komputerisasi. *MPU6050 Axelerometer Gyro* adalah sebuah sensor dengan fasilitas 3 axis accelerometer, gyrometer dan megnetometer. Sensor *MPU6050 Axelerometer Gyro* mendukung berbagai pengukuran skala accelerometer dengan kemampuan pengaturan ± 2 , 4, 6, 8, atau 16g. Sedangkan Gyrometer mendukung ± 245 , 500, dan $2000^0/s$. Untuk magnetometer memiliki rentang skala penuh ± 2 , 4, 8, atau 16 gauss. Selain itu *MPU6050 Axelerometer Gyro* memiliki komunikasi dengan dunia luar menggunakan jalur serial bus I2C dan SPI.