

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Robot *Hexapod*

Robot *Hexapod* adalah robot yang bergerak dengan menggunakan 6 buah kaki. Robot bergerak dengan kaki-kaki mekanik. Karena robot secara statistik dapat stabil dengan menggunakan 3 kaki atau lebih, maka robot *hexapod* mempunyai fleksibilitas yang tinggi. Jika ada kaki yang tidak berfungsi, maka ada kemungkinan robot masih dapat berjalan. Terlebih lagi tidak semua kaki robot dibutuhkan untuk mencapai stabilitas, kaki lainnya dapat bergerak bebas untuk mencari tempat pijakan baru.

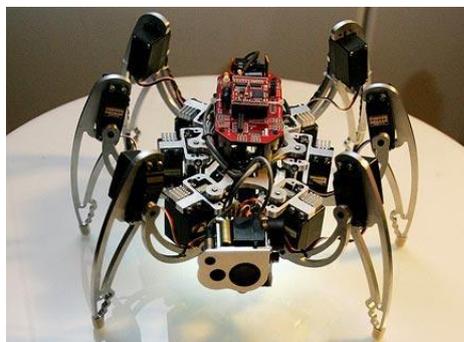
(<http://www.library.binus.ac.id/eColls/eThesisdoc/Bab2DOC/20122Bab2001.doc>)

Gaya berjalan robot *hexapod* yang difokuskan pada berjalan lurus dengan meningkatkan kemampuan beradaptasi pada medan yang tidak rata. Berikut adalah beberapa kelebihan yang dimiliki robot *hexapod* :

- a. Dapat bergerak di beberapa permukaan, kasar maupun halus.
- b. Dengan jumlah kaki yang sama di tiap sisinya, maka bobot robot akan tertopang dengan baik.
- c. Posisi tubuh robot di atas kaki, sehingga terhindar dari gesekan atau benturan dari permukaan.

(Jin Bo et al. 2011. “*Design and Configuration of a Hexapod Walking Robot*”).

Gambar 2.1 merupakan contoh gambar robot *hexapod* (berkaki enam).



Gambar 2.1 Robot *Hexapod*

(Sumber : www.mindcreators.com/Images/RO_HexapodRobot.gif)



2.2 Metode *Fuzzy Mamdani*

sistem yang sederhana, metode konvensional memiliki akurasi yang sangat tinggi, namun apabila sistem yang dibuat lebih kompleks maka kita akan kesulitan dalam membuat model matematika untuk mengendalikan sistem. Oleh karena itu, lahirlah metode baru yang disebut *soft computing* yang pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh (Neghevitsky, Michael. 2005). Metode ini dibuat tanpa menggunakan permodelan matematika sistem, tetapi menggunakan metode yang meniru sistem kecerdasan manusia. Dengan logika *fuzzy* kita dapat mempresentasikan dan menangani masalah ketidakpastian seperti ketidaktepatan data, kekuranglengkapan informasi dan kebenaran yang bersifat sebagian (Rangkuti, Syahban. 2016).

Logika *fuzzy* berhubungan dengan set *fuzzy* dan teori kemungkinan. Saat ini telah banyak penelitian dan produk yang dihasilkan menggunakan control logika *fuzzy*, salah satunya Pada tahun 1990 pertama kali dibuat mesin cuci dengan logika *fuzzy* di Jepang. Sistem *fuzzy* digunakan untuk menentukan putaran yang tepat secara otomatis berdasarkan jenis kotoran, banyaknya kotoran, dan jumlah yang akan dicuci. Mesin ini menggunakan sensor optik yang mengeluarkan cahaya ke air dan mengukur bagaimana cahaya tersebut sampai keujung lainnya. Semakin kotor air maka sinar yang sampai juga akan semakin redup. Di samping itu, sistem juga dapat menentukan jenis kotoran (daki atau minyak) (Sanjaya W.S., Ph.D., Mada. 2014). Ada beberapa alasan mengapa logika *fuzzy* sering digunakan antara lain :

- a. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti.
- b. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
- c. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
- d. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
- e. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
- f. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.



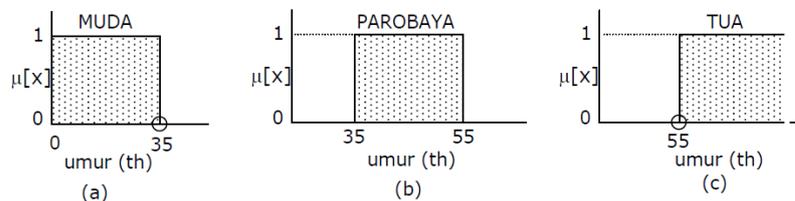
- g. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
- h. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

2.2.1 Himpunan *Fuzzy*

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , memiliki 2 kemungkinan, yaitu: satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan dan nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan. Misalkan variabel umur dibagi menjadi 3 kategori:

MUDA	umur < 35 tahun
PAROBAYA	$35 \leq \text{umur} \leq 55$ tahun
TUA	umur > 55 tahun

Nilai keanggotaan secara grafis, himpunan MUDA, PAROBAYA, dan TUA dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Himpunan : MUDA, PAROBAYA, dan TUA

(Sumber : www.slideshare.net/ZaenalKhayat/ccontoh-peyelesaian-logika-fuzzy)

Pada gambar 2.2 dapat dilihat bahwa :

- Apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan MUDA ($\mu_{\text{MUDA}}[34]=1$);
- Apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan TIDAK MUDA ($\mu_{\text{MUDA}}[35] = 0$);
- Apabila seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka ia dikatakan TIDAK MUDA ($\mu_{\text{MUDA}}[35\text{th} - 1 \text{ hr}] = 0$);
- Apabila seseorang dikatakan 35 tahun, maka ia dikatakan PAROBAYA ($\mu_{\text{PAROBAYA}}[35] = 1$);



- Apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan TIDAK PAROBAYA ($\mu_{\text{PAROBAYA}} [34] = 0$);

Dari hal diatas dapat dikatakan bahwa pemakaian himpunan *crisp* untuk menyatakan umur tidak seimbang, adanya perubahan kecil pada suatu nilai mengakibatkan perbedaan kategori yang cukup signifikan. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk mengantisipasi hal tersebut.

Ada beberapa hal yang harus diketahui dalam sistem himpunan *fuzzy*, yaitu :

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 jarak terbagi menjadi tiga himpunan *fuzzy*, yaitu NEAR, MEDIUM, dan FAR.

c. Semesta Pembicaraan

Semesta Pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy* (Khayat, Zaenal. 2013). Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Contoh : semesta pembicaraan untuk variabel jarak adalah [0 100].

a. 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 : NEAR = [0 30], MEDIUM = [30 60], dan FAR = [60 100].

2.2.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (Fahmi, Muhammad. 2015).

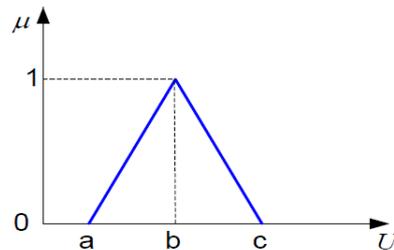


Dua bentuk fungsi yaitu segitiga dan trapesium yang umum digunakan adalah sebagai berikut :

a. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (linear).

Gambar 2.3 merupakan kurva segitiga pada *membership function*.



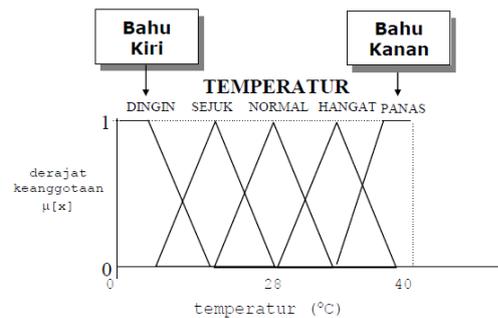
Gambar 2.3 Kurva Segitiga Pada *Membership Function*

(Sumber : www.academia.edu/19471950/LOGIKA_FUZZY)

Fungsi keanggotaannya:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots 2.1$$

b. Representasi Kurva Bentuk Bahu



Gambar 2.4 Kurva Bentuk Bahu

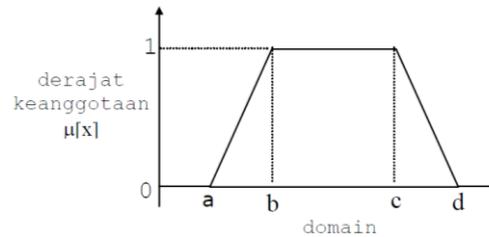
(Sumber : www.slideshare.net/ZaenalKhayat/contoh-peyelesaian-logika-fuzzy)

Himpunan fuzzy ‘bahu’, bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah fuzzy. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Gambar 2.4 menunjukkan variabel TEMPERATUR dengan daerah bahunya.



c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium adalah kurva yang digunakan pada logika *fuzzy* robot *hexapod* pendeteksi kebocoran gas LPG. Kurva trapesium pada dasarnya sama seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan satu, yaitu $b \leq x \leq c$ dan parameternya berbeda yaitu a , b , c , dan d . Gambar 2.5 merupakan kurva trapesium *membership function*.



Gambar 2.5 Kurva Trapesium Pada *Membership Function*

(Sumber : www.academia.edu/19471950/LOGIKA_FUZZY)

Fungsi keanggotaannya:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}; & x \geq d \end{cases} \dots\dots\dots 2.2$$

2.2.3 Operator Dasar Zadeh Untuk Operasi Himpunan Fuzzy

Seperti halnya himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama fire strength atau α -predikat. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu:

A. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y])$$



Contoh :

Misalkan nilai keanggotaan 27 tahun pada himpunan MUDA adalah 0,6 ($\mu_{\text{MUDA}}[27]=0,6$); dan nilai keanggotaan Rp 2.000.000,- pada himpunan penghasilan TINGGI adalah 0,8 ($\mu_{\text{GAJITINGGI}}[2 \times 10^6]=0,8$); maka α -predikat untuk usia MUDA dan berpenghasilan TINGGI adalah:

$$\begin{aligned}\mu_{\text{MUDA}} \cap \text{GAJITINGGI} &= \min(\cap_{\text{MUDA}}[27], \cap_{\text{GAJITINGGI}}[2 \times 10^6]) \\ &= \min(0,6; 0,8) \\ &= 0,6\end{aligned}$$

B. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y])$$

Contoh:

$$\begin{aligned}\mu_{\text{MUDA}} \cup \text{GAJITINGGI} &= \max(\mu_{\text{MUDA}}[27], \mu_{\text{GAJITINGGI}}[2 \times 10^6]) \\ &= \max(0,6; 0,8) \\ &= 0,8\end{aligned}$$

C. Operator NOT

Berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A[x]$$

Contoh :

$$\begin{aligned}\mu_{\text{MUDA}'} [27] &= 1 - \mu_{\text{MUDA}}[27] \\ &= 1 - 0,6 \\ &= 0,4\end{aligned}$$

2.2.4 Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem Inferensi Fuzzy (FIS) merupakan penarikan kesimpulan dari sekumpulan kaidah fuzzy. Sistem ini mempunyai kemampuan untuk mengembangkan sistem intelijen dalam lingkungan yang tidak pasti atau tidak



tepat. Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan:

1. Pembentukan himpunan fuzzy

Pada Metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)

Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3. Komposisi Aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri-dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu: max, additive dan probabilistik OR (probor). Yang digunakan pada pengaturan sistem fuzzy yaitu metode max.

Metode Max (Maximum). Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (union). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max(\mu_{sf}[xi], \mu_{kf}[xi])$$

dengan:

$\mu_{sf}[xi]$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[xi]$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i;

4. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses pemetaan dari input menjadi sekumpulan data samar dalam berbagai range output. Nilai input merupakan besaran analog yang diubah menjadi *fuzzy* input. Besaran analog atau *crisp* input dipetakan pada domain *membership function* yang sesuai dengan nilainya. Crisp input yang masuk ke domain label (*linguistic value*) akan menjadi *fuzzy* input. Pada tahap ini, masukan yang bersifat crisp (bernilai tunggal) dihitung derajat keanggotaannya terhadap setiap himpunan *fuzzy* input yang akan dikonversikan menjadi nilai



fuzzy, sehingga dapat dikelompokkan dalam himpunan *fuzzy* tertentu (Suyanto, 2014).

5. Evaluasi aturan-aturan (rules)

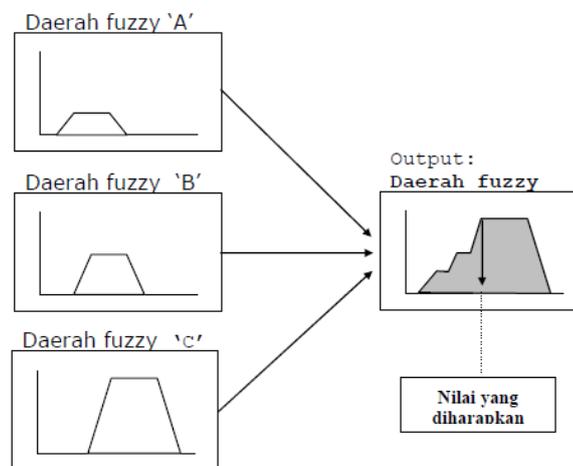
Pada tahap ini, nilai-nilai input yang telah difuzzifikasikan diambil untuk diaplikasikan ke dalam aturan-aturan *fuzzy*.

6. *Rule Aggregation*

Setiap aturan memiliki nilai keluaran yang pada tahap ini akan diproses dan digabungkan sehingga mendapat sebuah kesimpulan.

7. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan suatu proses perubahan *fuzzy* output ke output yang bernilai tunggal (crisp). Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output. Proses mendapatkan output pada sistem fuzzy terdapat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Proses Defuzzifikasi

(Sumber : www.academia.edu/19471950/LOGIKA_FUZZY)

Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan mamdani seperti metode Centroid, Bisektor, Mean Of Maximum (MOM), Largest Of Maximum (LOM), dan Smallest Of Maximum. Penulis menggunakan metode Centroid (Composit Moment).



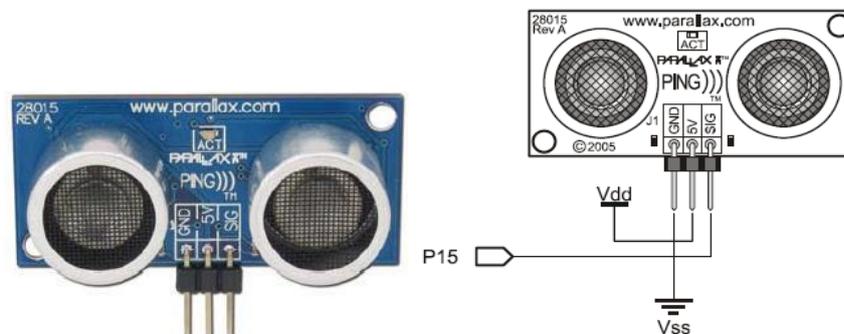
Pada metode Centroid, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan:

$$z^* = \frac{\int z \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz} \quad \dots\dots\dots 2.3$$

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \quad \dots\dots\dots 2.4$$

2.3 Sensor Ultrasonik PING

Sensor ultrasonik pada robot *hexapod* pendeteksi kebocoran gas LPG digunakan sebagai pendeteksi nilai jarak pada dinding-dinding rute yang dilaluinya. Sensor ultrasonik merupakan alat elektronika yang kemampuannya dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gelombang suara dengan frekuensi diatas 20 KHz. Sensor ultrasonik PING dan skematik sensor dapat dilihat pada Gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7 Sensor Ultrasonik PING dan Skematik Sensor Ultrasonik

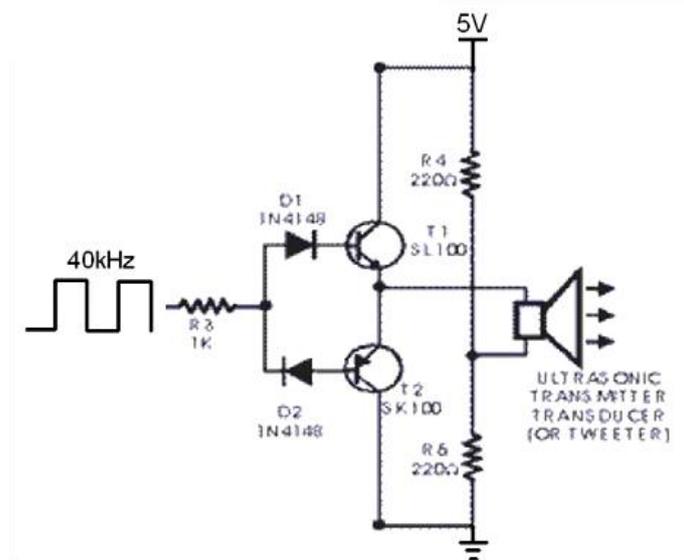
(Sumber: Parallax-28015-datasheet.pdf)

Sensor ultrasonik terdiri dari rangkaian pemancar ultrasonik yang disebut transmitter dan rangkaian penerima ultrasonik yang disebut *receiver*.



2.3.1 Pemancar Ultrasonik (*Transmitter*)

Pemancar ultrasonik ini berupa rangkaian yang memancarkan sinyal sinusoidal berfrekuensi di atas 20 KHz. Gambar 2.8 rangkaian pemancar ultrasonik.



Gambar 2.8 Rangkaian *Transmitter* Ultrasonik
(Sumber : www.parallax.com)

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

- Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik. Sinyal tersebut berfrekuensi di atas 20kHz, biasanya yang digunakan untuk mengukur jarak benda adalah 40kHz. Sinyal 40 kHz dibangkitkan melalui mikrokontroler.
- Sinyal tersebut dilewatkan pada sebuah resistor sebesar 3kOhm untuk pengaman ketika sinyal tersebut membias maju rangkaian dioda dan transistor.
- Kemudian sinyal tersebut dimasukkan kerangkaian penguat arus yang merupakan kombinasi dari 2 buah dioda dan 2 buah transistor.
- 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.

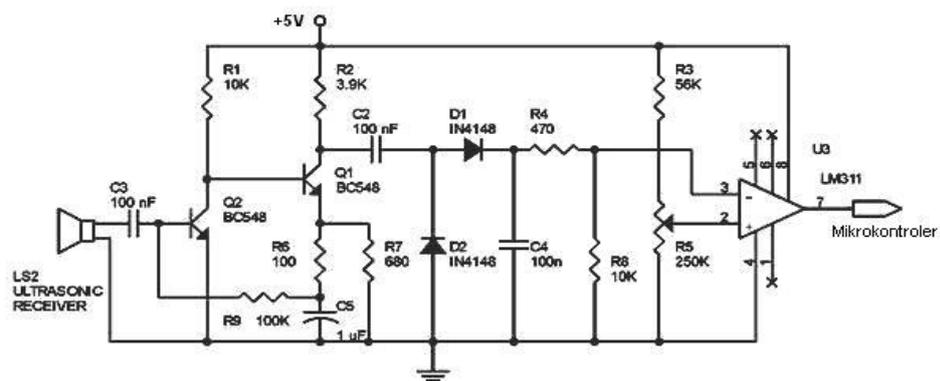


- e. Ketika sinyal dari masukan berlogika tinggi (0V) maka arus akan melewati dioda D2 (D2 on), kemudian arus tersebut akan membias transistor T2, sehingga arus yang akan mengalir pada kolektor T2 akan besar sesuai dari penguatan transistor.
- f. Resistor R4 dan R6 berfungsi untuk membagi tegangan menjadi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

(Sumarsono, Imam. 2009. *Prinsip Kerja Rangkaian Sensor Ultrasonic*).

2.3.2 Penerima Ultrasonik (*Receiver*)

Pemancar ultrasonik ini akan menerima sinyal ultrasonik yang dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan karakteristik frekuensi yang sesuai. Gambar 2.9 merupakan gambar rangkaian penerima pada sensor ultrasonik.



Gambar 2.9 Rangkaian *Receiver* Ultrasonik

(Sumber : www.parallax.com)

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

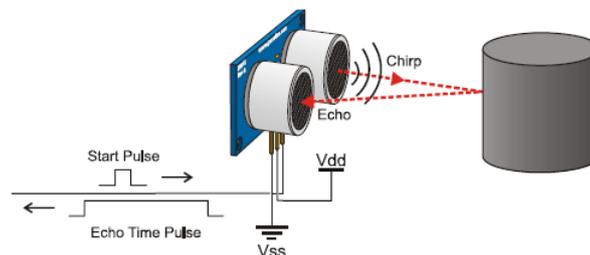
- Pertama – tama sinyal yang diterima akan dikuatkan terlebih dahulu oleh rangkaian transistor penguat Q2.
- Kemudian sinyal tersebut akan di filter menggunakan High pass filter pada frekuensi $> 40\text{kHz}$ oleh rangkaian transistor Q1.
- Setelah sinyal tersebut dikuatkan dan di filter, kemudian sinyal tersebut akan disearahkan oleh rangkaian dioda D1 dan D2.



- d. Kemudian sinyal tersebut melalui rangkaian filter low pass filter pada frekuensi $< 40\text{kHz}$ melalui rangkaian filter C4 dan R4.
- e. Setelah itu sinyal akan melalui komparator Op-Amp pada U3.
- f. Jadi ketika ada sinyal ultrasonik yang masuk ke rangkaian, maka pada komparator akan mengeluarkan logika rendah (0V) yang kemudian akan diproses oleh mikrokontroler untuk menghitung jaraknya.
- (Sumarsono, Imam. 2009. *Prinsip Kerja Rangkaian Sensor Ultrasonic*).

2.3.3 Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik PING

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 didepannya (bidang pantul). Prinsip kerja dari sensor ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10 Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik

(Sumber : www.parallax.com)

Dari Gambar 2.10 dapat dijelaskan mengenai prinsip kerja dari sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

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

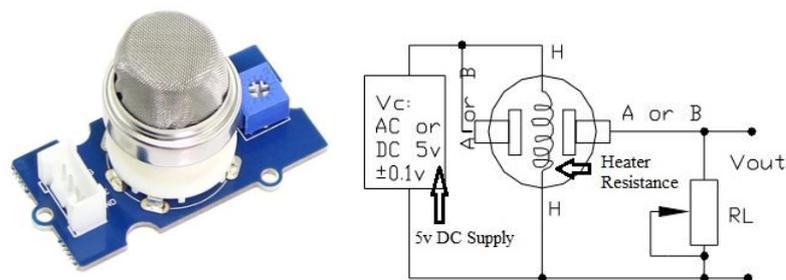
Jarak sensor dengan bidang pantul didapatkan dengan rumus:

$$S = \frac{340 \times t}{2} \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana S adalah jarak antara sensor ultrasonik dengan bidang pantul, dan t adalah selisih waktu antara pemancaran gelombang ultrasonik sampai diterima kembali oleh bagian penerima ultrasonik. Pembagi 2 diperlukan karena t adalah waktu yang diperlukan untuk menempuh dari sensor ke objek dan dari objek ke sensor.

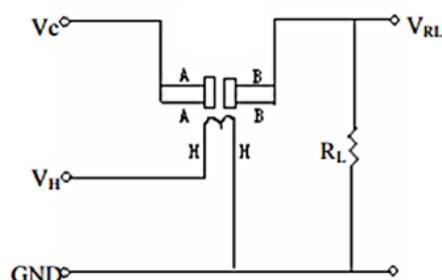
2.4 Sensor Gas MQ-2

Sensor gas MQ2 adalah sensor gas yang dapat mendeteksi gas metana, butana, LPG, dan asap rokok. Ketika gas yang mudah terbakar ada, konduktivitas sensor lebih tinggi seiring dengan kenaikan konsentrasi gas. Gambar 2.11 berikut merupakan gambar sensor MQ2 dan skematik sensor yang digunakan pada robot *hexapod*.



Gambar 2.11 Sensor MQ2

(Sumber : Sensor MQ2 Datasheet, 2011)



Gambar 2.12 Skematik Aplikasi Sensor MQ2

(Sumber : Sensor MQ2 Datasheet, 2011)



Berikut adalah spesifikasi dari sensor MQ-2 :

1. Catu daya pemanas : 5V AC/DC
2. Catu daya rangkaian : 5VDC
3. Range pengukuran : 200 – 5000 ppm untuk LPG
4. Luaran : analog (perubahan tegangan)

(Mukherjee, Aritro. 2017. *Smoke Detection Using MQ-2 Gas Sensor*).

2.4.1 Prinsip Kerja Sensor Gas MQ-2

Prinsip kerja dari sensor MQ2 adalah sensor gas asap (MQ2) ini akan mendeteksi konsentrasi gas yang mudah terbakar di udara serta asap dan output membaca sebagai tegangan analog. Sensor MQ-2 dapat mendeteksi konsentrasi gas yang mudah terbakar di udara serta asap dan keluarannya berupa tegangan analog. Sensor dapat mengukur konsentrasi gas mudah terbakar dari 200 sampai 5000 ppm. Dapat beroperasi pada suhu dari -20°C sampai 50°C dan mengkonsumsi arus kurang dari 150 mA pada 5V. Tegangan sensor output berubah sesuai asap/gas tingkat yang ada di atmosfer. Sensor output tegangan keluaran yang sebanding dengan konsentrasi asap gas. Dengan kata lain, hubungan antara konsentrasi voltage dan gas adalah Semakin besar konsentrasi gas, semakin besar tegangan keluaran dan semakin rendah konsentrasi gas, semakin rendah tegangan output. Output dapat sinyal analog (A0) yang dapat dibaca dengan input analog Arduino atau output digital (D0) yang dapat dibaca dengan input digital dari Arduino.

(Mukherjee, Aritro. 2017. *Smoke Detection Using MQ-2 Gas Sensor*).

2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah otak dari suatu sistem elektronika seperti halnya mikroprosesor sebagai otak computer. Nilai plus bagi mikrokontroler adalah terdapatnya memori dan port input/output dalam suatu IC. Kemampuannya yang programmable, fitur yang lengkap (ADC internal, EEPROM internal, Port I/O, Komunikasi Serial, dll), dan juga harga yang terjangkau memungkinkan mikrokontroler digunakan pada berbagai sistem elektronis, seperti pada robot,



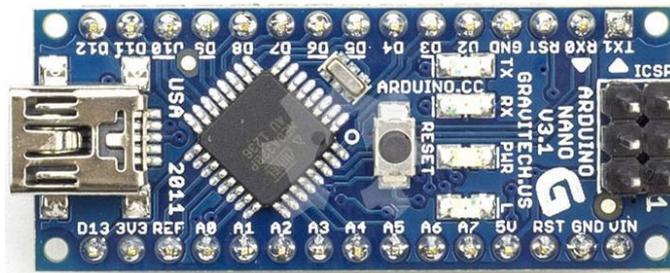
automasi industri, sistem alarm, peralatan telekomunikasi, hingga peralatan rumah tangga. Salah satu contoh dari mikrokontroler adalah Arduino Nano.

(Wardhana, Lingga. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATM8535 : Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*. Yogyakarta: Andi)

2.5.1 Arduino Nano

Arduino Nano adalah salah satu papan pengembangan mikrokontroler yang berukuran kecil. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman, dan *Intergrated Development Environment (IDE)* yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload kedalam memori mikrokontroler. Arduino nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328 (versi Arduino Nano 3.x). Arduino nano dihubngkan dengan computer menggunakan port USB Mini-B.

([http:// www. arduino. cc/ en/ Main/ ArduinoBoardNano](http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano)). Gambar Arduino Nano dapat dilihat pada gambar 2.13 berikut :



Gambar 2.13 Tampilan Arduino Nano

(Sumber : repository.usu.ac.id)

2.5.2 Konfigurasi Pin Arduino Nano

Arduino Nano memiliki 30 Pin. Berikut Konfigurasi pin Arduino Nano:

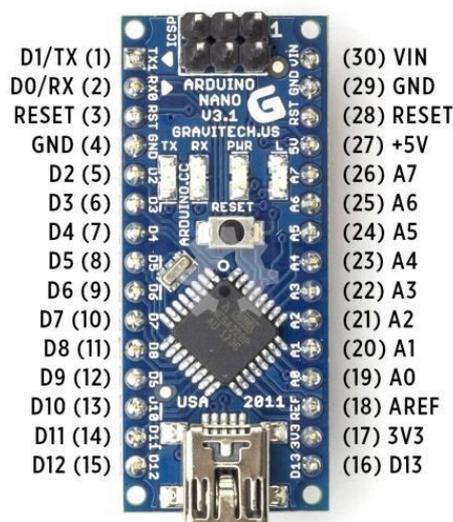
1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya digital.
2. GND merupakan pin ground untuk catu daya digital.
3. AREF merupakan Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan fungsi `analogReference()`.
4. RESET adalah Jalur LOW, digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler.



5. Serial RX (0) adalah pin yang berfungsi sebagai penerima TTL data serial.
6. Serial TX (1) adalah pin yang berfungsi sebagai pengirim TT data serial.
7. External Interrupt (Interupsi Eksternal) merupakan pin yang dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubahan nilai.
8. Output PWM 8-Bit (pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11), merupakan pin yang berfungsi untuk analogWrite().
9. SPI merupakan pin yang berfungsi sebagai pendukung komunikasi.
10. LED merupakan pin yang berfungsi sebagai pin yang diset bernilai HIGH, maka LED akan menyala, ketika pin diset bernilai LOW maka LED padam. LED Tersedia pada papan Arduino Nano.
11. Input Analog (A0-A7) merupakan pin yang berfungsi sebagai pin yang dapat diukur/diatur dari mulai Ground sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan fungsi analogReference().
12. SPI pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). PIN ini mendukung komunikasi SPI.

([http:// www. arduino. cc/ en/ Main/ ArduinoBoardNano](http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano)).

Konfigurasi pin Arduino Nano dapat dilihat pada gambar 2.14 berikut:



Gambar 2.14 Pembagian Pin Arduino Nano

(Sumber : repository.usu.ac.id)



2.5.3 Sumber Daya Arduino Nano

Arduino nano dapat diaktifkan melalui koneksi USB Mini-B, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan belum teregulasi antara 6V-20V yang dihubungkan melalui pin 30 atau pin Vin, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan teregulasi 5V melalui pin 27 atau pin 5V. Sumber daya akan secara otomatis dipilih dari sumber tegangan yang lebih tinggi. Chip FTDI FT232L pada Arduino Nano akan aktif apabila memperoleh daya melalui USB, ketika Arduino Nano diberikan daya dari luar (Non-USB) maka chip FTDI tidak aktif dan pin 3.3V pun tidak tersedia (tidak mengeluarkan tegangan), sedangkan LED TX dan RX berkedip apabila pin digital 0 dan 1 berada pada posisi high. (<http://www.tobuku.com/docs/Arduino-Pengenalan.pdf>).

2.6 Motor Servo

Motor servo pada robot *hexapod* pendeteksi kebocoran gas LPG berfungsi sebagai aktuator yang menggerakkan kaki-kaki robot. Motor servo dikemas dalam bentuk segiempat dengan sebuah output shaft motor dan konektor dengan 3 kabel yaitu *ground*, *power* dan *control*. Jenis motor servo berdasarkan sudut operasi motor servo dibagi 2 yaitu:

1. Motor *Servo Standart*

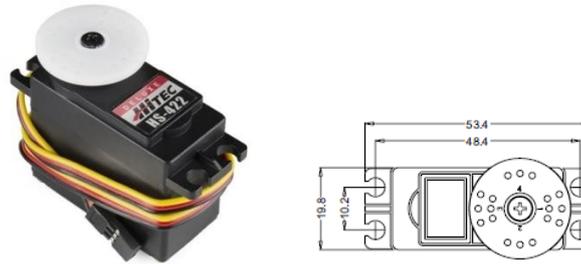
Motor *servo standart* merupakan motor *servo* yang mampu bergerak CW (berputar searah jarum jam) dan CCW (berputar berlawanan arah jam) dengan sudut operasi tertentu, misal 60°, 90° atau 180°. sudut maksimal yang diperbolehkan untuk motor *servo* standart adalah 180°. Motor *servo* ini sering dipakai 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 2.16 dibawah merupakan gambar motor servo yang digunakan dan Gambar 2.17 merupakan skematik motor servo.



Gambar 2.15 berikut merupakan gambar motor servo yang digunakan

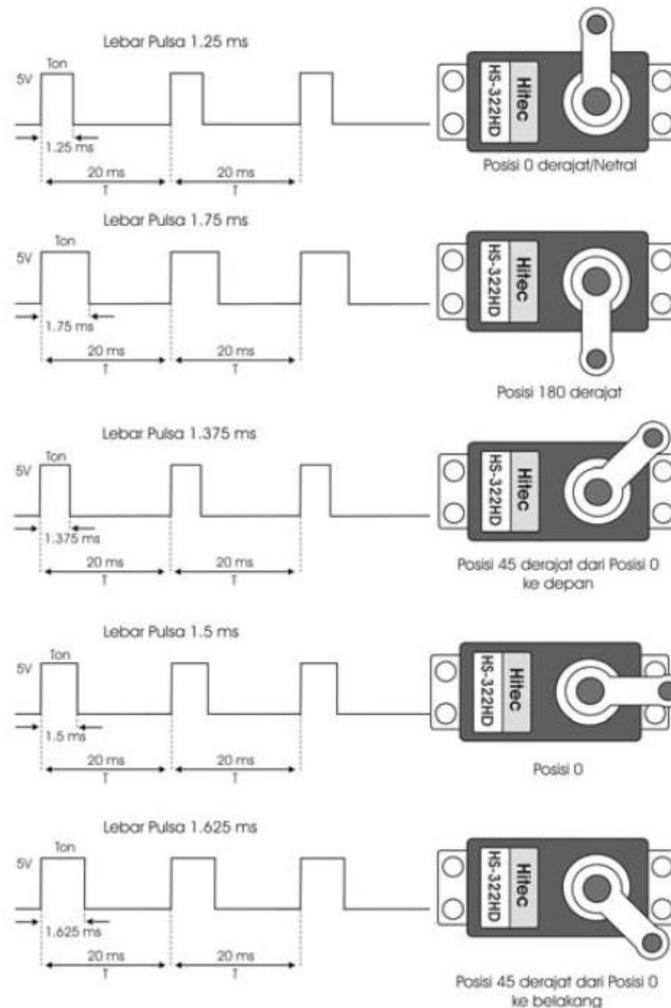


Gambar 2.15 Motor Servo

(Sumber : www.sparkfun.com/products/11884)

2.6.1 Prinsip Kerja Motor Servo

Gambar 2.16 berikut menunjukkan sudut yang dibentuk oleh motor servo berdasarkan lebar pulsa.



Gambar 2.16 Pengaruh Pemberian Pulsa Terhadap Posisi Motor servo

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



Motor servo akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan pulsa PWM dengan frekuensi 50 Hz. Dimana pada saat sinyal 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.