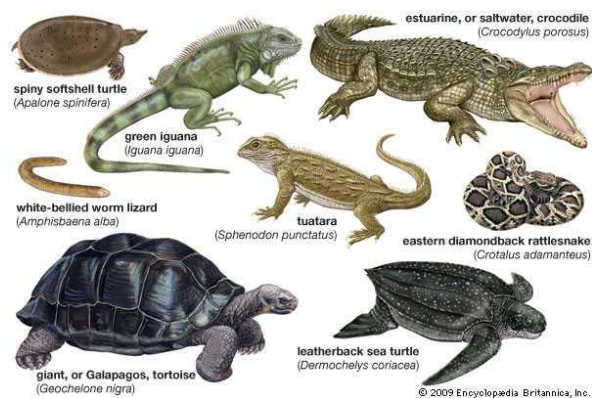


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Reptil

Hewan Reptil atau yang sering disebut dengan hewan melata merupakan kelompok hewan vertebrata berdarah dingin dan biasanya memiliki sisik pada kulitnya. Reptil merupakan salah satu hewan tetrapoda (bertungkai empat) yang dikelompokkan dalam beberapa jenis yaitu buaya, kadal, ular dan kura-kura. Meskipun saat ini ada beberapa jenis reptil seperti ular yang tidak memiliki kaki, namun ular merupakan keturunan dari hewan tetrapoda. Hal tersebut didasarkan pada sejarah evolusi yang berlangsung selama ratusan tahun[1].



Gambar 2. 1 Jenis Reptil

Hewan reptil biasanya memiliki cara beradaptasi dengan lingkungannya, dengan cara memanaskan suhu tubuhnya dengan cara berjemur. Jika cuaca lingkungan terlalu panas, reptil biasanya akan mencari tempat yang teduh atau bersembunyi di bawah tanah agar suhu tubuhnya menurun. Pada hewan reptil, energi metabolisme yang berasal dari makanan tidak dibutuhkan untuk memanaskan suhu tubuhnya. Reptil mampu bertahan hidup meskipun tidak makan sehari-hari atau bahkan berminggu-minggu bahkan reptil akan berhibernasi pada saat musim dingin. Hibernasi yang dilakukan oleh reptil ditandai dengan melambannya gerakan tubuh reptil tersebut[1].

2.2 Iguana

Iguana ialah sejenis kadal yang hidup di daerah tropis di Amerika Tengah, Amerika Selatan, dan Karibia. Pertama kali Iguana disebutkan oleh seorang naturalis berkebangsaan Austria Josephus Nicolaus Laurenti pada tahun 1768. Ada 2 spesies yang berbeda dari jenis kadal ini yaitu Iguana hijau dan Iguana Antilles Kecil. Kedua spesies kadal tersebut memiliki lipatan kulit di bawah rahang, sekumpulan kulit yang mengeras yang berderet di punggungnya hingga ekor, dan "mata ketiga" di kepalanya. Mata ini disebut sebagai mata parietal yang mirip seperti tonggak di atas kepalanya. Di belakang lehernya ada sisik kecil yang menyerupai paku panjang, dan disebut *tuberculate scale*. Iguana juga memiliki sisik besar bundar di pipinya yang disebut sebagai selubung subtimpani[2].



Gambar 2. 2 Iguana

Iguana memiliki penglihatan yang baik dan bisa melihat bentuk, bayangan, warna, dan gerakan pada jarak yang jauh. Iguana menggunakan matanya untuk mengarahkannya mengarungi hutan lebat untuk menemukan makanan. Mereka juga menggunakan matanya untuk berkomunikasi dengan anggota spesies yang sama. Iguana merespon rangsangan visual berupa warna seperti jingga, kuning, merah muda, dan biru yang terdapat pada substansi makanan mereka. Telinga iguana disebut timpanum yang merupakan gendang telinga iguana dan terdapat di kanan atas selubung subtimpani dan di belakang mata. Ini adalah bagian tubuh iguana yang amat tipis dan lembut, dan amat penting untuk pendengarannya. Mereka sering kali sulit untuk diketahui keberadaannya karena kemampuan mereka

untuk menyatu dengan lingkungannya. Warna hijau alaminya sangat membantu dalam menyembunyikan dirinya dari predator[2].

Iguana berkembang biak dengan cara bertelur (vivipar) biasanya iguana bertelur dari 30 butir sampai 60 butir tergantung kondisi indukannya apabila indukan sehat maka telur yang dihasilkan bisa maksimal. Masa pengeramannya sendiri terjadi dari awal keluarnya telur sampai menetas 60 hari sampai dengan 80 hari[2].

2.3 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya[3].

Uno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver USB-to-serial, Untuk spesifikasinya dapat dilihat pada tabel berikut.

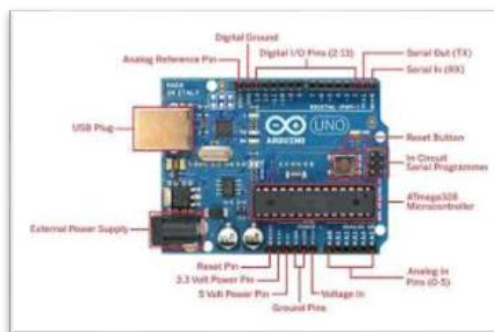
Tabel 2. 1 Spesifikasi Mikrokontroler Arduino Uno

Nama	Keterangan
Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan Pengoperasian	5V
Tegangan input yang disarankan	7.12V
Batas tegangan input	6.20V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 kb (ATmega 328), Sekitar 0.5 kb digunakan oleh bootloader
SRAM	2 kb (ATmega 328)

EEPROM	1 kb (ATmega 328)
Clock Speed	16 MHz

1. Daya

Uno Arduino dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal (otomatis). Eksternal (non-USB) daya dapat berasal baik dari AC-ke adaptor-DC atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan menancapkan plug jack pusat-positif ukuran 2.1mm konektor POWER. Ujung kepala dari baterai dapat dimasukkan kedalam Gnd dan Vin pin header dari konektor POWER.



Gambar 2. 3 Arduino Uno

Kisaran kebutuhan daya yang disarankan untuk board Uno adalah 7 sampai dengan 12 volt, jika diberi daya kurang dari 7 volt kemungkinan pin 5v Uno dapat beroperasi tetapi tidak stabil kemudian jika diberi daya lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan dapat merusak board Uno.

Pin arduino adalah sebagai berikut:

1. VIN = Tegangan masukan kepada board Arduino ketika itu menggunakan sumber daya eksternal (sebagai pengganti dari 5 volt koneksi USB atau sumber daya lainnya).
2. 5V = Catu daya digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lainnya.
3. 3v3 = Sebuah pasokan 3,3 volt dihasilkan oleh regulator on-board.

4. GND = Ground pin.

2. Memori

ATmega328 memiliki 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk bootloader), 2 KB dari SRAM dan 1 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan EEPROM library).

3. Input & Output

Masing-masing dari 14 pin digital di Uno dapat digunakan sebagai input atau output, dengan menggunakan fungsi `pinMode ()`, `digitalWrite ()`, dan `digitalRead ()`, beroperasi dengan daya 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki internal pull-up resistor (secara default terputus) dari 20-50 kOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

1. Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) TTL data serial. Pin ini dihubungkan ke pin yang berkaitan dengan chip Serial ATmega8U2 USB-to-TTL.
2. Eksternal menyela: 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interrupt pada nilai yang rendah, dengan batasan tepi naik atau turun, atau perubahan nilai. Lihat (`attachInterrupt`) fungsi untuk rincian lebih lanjut.
3. PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan output PWM 8-bit dengan fungsi `analogWrite ()`.
4. SPI: 10 (SS), 11 (Mosi), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan SPI library.
5. LED: 13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai nilai HIGH, LED on, ketika pin bernilai LOW, LED off.

Uno memiliki 6 masukan analog, berlabel A0 sampai dengan A5, yang masing-masing menyediakan 10 bit dengan resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

1. I2C: A4 (SDA) dan A5 (SCL). Dukungan I2C (TWI) komunikasi menggunakan perpustakaan Wire.
2. Aref. Tegangan referensi (0 sampai 5V saja) untuk input analog. Digunakan dengan fungsi `analogReference()`.
3. Reset. Bawa baris ini LOW untuk me-reset mikrokontroler.
4. Komunikasi

Uno Arduino memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL (5V) untuk komunikasi serial, yang tersedia di pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega8U2 sebagai saluran komunikasi serial melalui USB dan sebagai port virtual com untuk perangkat lunak pada komputer. Firmware '8 U2 menggunakan driver USB standar COM, dan tidak ada driver eksternal yang diperlukan. Namun, pada Windows diperlukan, sebuah file inf. Perangkat lunak Arduino terdapat monitor serial yang memungkinkan digunakan memonitor data tekstual sederhana yang akan dikirim ke atau dari board Arduino. LED RX dan TX di papan tulis akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dengan koneksi USB ke komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1).

Sebuah `SoftwareSerial` library memungkinkan untuk berkomunikasi secara serial pada salah satu pin digital pada board Uno's. ATmega328 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan `Kawat` untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C, lihat dokumentasi untuk rincian. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan `SPI[4]`.

2.4 Logika Fuzzy

Logika Fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam ruang *output*. Untuk sistem yang sangat rumit, penggunaan logika fuzzy (*fuzzy logic*) adalah salah satu pemecahannya. Sistem tradisional dirancang untuk mengontrol keluaran tunggal yang berasal dari beberapa masukan yang tidak saling berhubungan. Karena ketidaktergantungan ini, penambahan masukan yang baru akan memperumit proses kontrol dan membutuhkan proses perhitungan kembali dari semua fungsi. Kebalikannya, penambahan masukan baru pada sistem fuzzy, yaitu sistem yang bekerja berdasarkan prinsip-prinsip logika fuzzy, hanya membutuhkan penambahan fungsi keanggotaan yang baru dan aturan-aturan yang berhubungan dengannya[5].

Secara umum, sistem fuzzy sangat cocok untuk penalaran pendekatan terutama untuk sistem yang menangani masalah-masalah yang sulit didefinisikan dengan menggunakan model matematis. Misalkan, nilai masukan dan parameter sebuah sistem bersifat kurang akurat atau kurang jelas, sehingga sulit mendefinisikan model matematikanya[5].

Sistem fuzzy mempunyai beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan sistem tradisional, misalkan pada jumlah aturan yang dipergunakan. Pemrosesan awal sejumlah besar nilai menjadi sebuah nilai derajat keanggotaan pada sistem fuzzy mengurangi jumlah nilai menjadi sebuah nilai derajat keanggotaan pada sistem fuzzy mengurangi jumlah nilai yang harus dipergunakan pengontrol untuk membuat suatu keputusan. Keuntungan lainnya adalah sistem fuzzy mempunyai kemampuan penalaran yang mirip dengan kemampuan penalaran manusia. Hal ini disebabkan karena sistem fuzzy mempunyai kemampuan untuk memberikan respon berdasarkan informasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat, dan ambigu[5].

Sistem fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof. L. A. Zadeh dari Berkelay pada tahun 1965. Sistem fuzzy merupakan penduga numerik yang

terstruktur dan dinamis. Sistem ini mempunyai kemampuan untuk mengembangkan sistem intelijen dalam lingkungan yang tak pasti. Sistem ini menduga suatu fungsi dengan logika fuzzy. Dalam logika fuzzy terdapat beberapa proses yaitu penentuan himpunan fuzzy, penerapan aturan *IF-THEN* dan proses inferensi fuzzy[5].

2.5 Himpunan Fuzzy

Pengertian Himpunan Fuzzy Pada himpunan tegas di setiap elemen dalam semestanya akan selalu ditentukan secara tegas apakah elemen itu betul merupakan anggota himpunan tersebut atau bukan. Akan tetapi dalam kenyataannya hampir tidak semua himpunan akan terdefinisi secara tegas. Misalnya saja himpunan mahasiswa cerdas, dalam contoh ini tidak bisa dinyatakan dengan tegas karena kita lihat tidak ada yang dijadikan ukuran pasti untuk tingkat kecerdasan dari seseorang[5]. Oleh karena itu perlu didefinisikan suatu himpunan *fuzzy* yang bisa menyatakan kejadian tersebut. Himpunan fuzzy didefinisikan sebagai berikut :

Himpunan fuzzy A di dalam semesta pembicaraan U didefinisikan sebagai himpunan yang mencirikan suatu fungsi keanggotaan (x) yang mengawankan setiap $x \in U$ dengan bilangan real di dalam interval $[0,1]$ dengan nilai $\mu_A(x)$ menyatakan derajat keanggotaan x di dalam A . Suatu himpunan fuzzy A dapat dinyatakan dengan dua cara, yaitu :

$$a. A = \int_U (x)/x \quad (2.2)$$

Dimana notasi integral melambangkan himpunan semua $x \in U$ bersama dengan derajat keanggotaannya pada himpunan fuzzy A . Cara ini digunakan pada himpunan fuzzy yang anggotanya bernilai kontinu.

$$b. A = \Sigma_U (x)/x \quad (2.3)$$

Dimana notasi sigma melambangkan himpunan semua $x \in U$ bersama dengan derajat keanggotaannya pada himpunan fuzzy A . Cara ini digunakan pada himpunan fuzzy yang anggotanya bernilai diskrit.

Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu:

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: JAUH, SEDANG, DEKAT.
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti: 10, 40, 80, dan sebagainya.

Hal – hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy, yaitu:

a. Variabel Fuzzy

Variabel fuzzy merupakan variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem fuzzy, seperti: Kedalaman, lebar, tinggi, dan sebagainya.

b. Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy.

c. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

d. Domain

Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

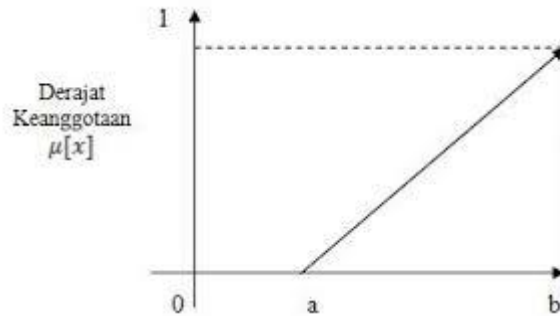
Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik – titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai

1. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan. diantaranya, yaitu:

1. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Ada dua keadaan himpunan fuzzy linear, yaitu linear naik

dan linear turun. Representasi himpunan fuzzy linear naik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Representasi Linear Naik

Dimana fungsi keanggotaannya sebagai berikut :

$$\mu[x] = \mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.4)$$

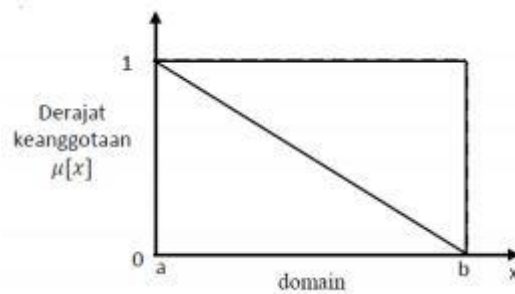
Keterangan:

a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

x = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan fuzzy.

Representasi himpunan fuzzy linear turun seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Representasi Linear Turun

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 0 & ; x \geq b \end{cases} \quad (2.5)$$

Keterangan:

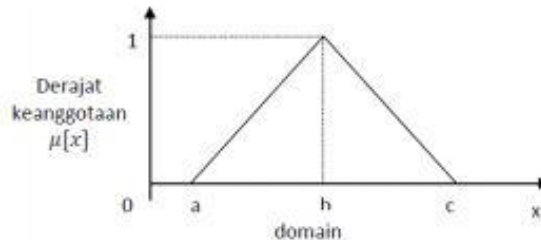
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan fuzzy.

2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (linear) seperti terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 6 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & ; b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.6)$$

Keterangan:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

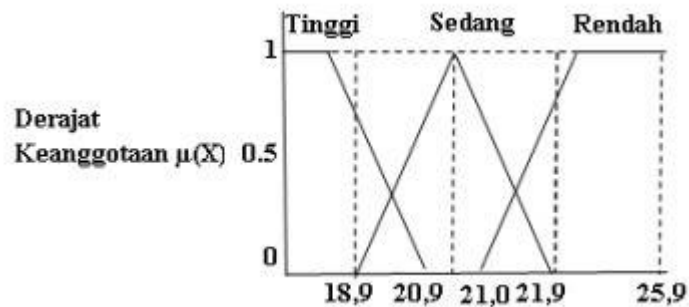
b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan fuzzy.

3. Representasi Kurva Bahu

Himpunan fuzzy bahu digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah fuzzy. Bentuk kurva bahu berbeda dengan kurva segitiga, yaitu salah satu sisi pada variabel tersebut mengalami perubahan turun atau naik, sedangkan sisi yang lain tidak mengalami perubahan atau tetap. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Gambar 2.5 menunjukkan contoh kurva untuk variabel tingkat kedisiplinan dengan daerah bahunya.



Gambar 2. 7 Daerah Bahu pada variable kedisiplinan

2. Operasi Himpunan Fuzzy

Seperti halnya dengan himpunan bilangan tegas, dimana ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus guna mengkombinasikan serta memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan itu sebagai hasil dari operasi dua himpunan yang kita kenal dengan nama α -predikat. Ada tiga operasi dasar dalam himpunan fuzzy, komplemen, irisan (intersection) dan gabungan (union)[6].

a. Komplemen

Operasi komplemen pada himpunan fuzzy adalah sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\bar{A}(x) = 1 - A(x) \quad (2.8)$$

b. Irisan (Intersection)

Operasi irisan (intersection) pada himpunan fuzzy adalah sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan - himpunan yang bersangkutan.

$$(A \cap B)(x) = \min [A(x), B(x)] \quad (2.9)$$

c. Gabungan (Union)

Operasi gabungan (union) pada himpunan fuzzy adalah sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan - himpunan yang bersangkutan.

$$(A \cup B)(x) = \max [A(x), B(x)] \quad (2.10)$$

3. Fungsi Implikasi

Setiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan fuzzy akan berhubungan dengan suatu relasi fuzzy. Dimana bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah sebagai berikut:

$$\text{IF } x \text{ is } A \text{ THEN } y \text{ is } B \quad (2.11)$$

dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan fuzzy. Proposisi yang mengikuti IF disebut sebagai anteseden, sedangkan proporsi yang mengikuti THEN disebut sebagai konsekuen. Secara umum, ada dua fungsi implikasi yang dapat digunakan, yaitu:

a. Min (minimum)

Pengambilan keputusan dengan fungsi min, yaitu dengan cara mencari nilai minimum berdasarkan aturan ke-i dan dapat dinyatakan dengan:

$$\alpha_i \cap \mu_{Ci} (Z) \quad (2.12)$$

dimana

$$\alpha_i = \mu_{Ai} (x) \cap \mu_{Bi}(x) = \min \{(x), \mu_{Bi}(x)\} \quad (2.13)$$

Keterangan:

α_i = nilai minimum dari himpunan fuzzy A dan B pada aturan ke-i

$\mu_{Ai} (x)$ = derajat keanggotaan x dari himpunan fuzzy A pada aturan ke-i

$\mu_{Bi} (x)$ = derajat keanggotaan x dari himpunan fuzzy B pada aturan ke-i

$\mu_{Ci}(x)$ = derajat keanggotaan konsekuen pada himpunan fuzzy C pada aturan ke-i.

b. Dot (product)

Pengambilan keputusan dengan fungsi dot yang didasarkan pada aturan ke-i dinyatakan dengan:

$$\alpha_i \cdot \mu_{Ci} (Z) \quad (2.14)$$

Keterangan :

α_i = nilai minimum dari himpunan fuzzy A dan B pada aturan ke-i

$\mu_{Ci} (x)$ = derajat keanggotaan konsekuen himpunan fuzzy C pada aturan ke-i.

4. Komposisi Aturan

Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari gabungan antar aturan. Ada tiga metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu: max, additive dan probabilistik OR (probor).

a. 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:

$$U_{sf}[x_i] = \max (U_{sf}[x_i], U_{kf}[x_i]) \quad (2.15)$$

Keterangan:

$U_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i;

$U_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i.

b. Metode Additive (Sum)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan bounded-sum terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$U_{sf}[x_i] = \min (1, U_{sf}[x_i] + U_{kf}[x_i]) \quad (2.16)$$

Keterangan:

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

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

c. Metode Probabilistik OR (probor)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$U_{sf}[x_i] = (U_{sf}[x_i] + U_{kf}[x_i] - (U_{sf}[x_i] \cdot U_{kf}[x_i])) \quad (2.17)$$

Keterangan:

$U_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i;

$U_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i.

5. Penegasan (defuzzification)

Pengendali logika fuzzy harus mengubah variabel keluaran fuzzy menjadi nilai- nilai tegas yang dapat digunakan untuk mengendalikan sistem. Proses ini disebut penegasan (defuzzification). Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai

output. terdapat beberapa jenis metode pada defuzzifikasi pada komposisi aturan Mamdani, antara lain yaitu:

a. Metode Centroid (Composite Moment)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan:

$$Z_0 = \frac{\int_a^b z \cdot \mu(z) dz}{\int_a^b \mu(z) dz}, \text{ untuk domain kontinu} \quad (2.18)$$

Keterangan:

Z = nilai domain ke – i,

(Z) = derajat keanggotaan titik tersebut,

Z₀ = nilai hasil penegasan (defuzzyfikasi).

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \cdot U_{Ai}(d_i)}{\sum_i U_{Ai}(d_i)}, \text{ untuk domain diskret} \quad (2.19)$$

Keterangan:

Z = nilai hasil penegasan (defuzzyfikasi)

d_i = nilai keluaran pada aturan ke i

U_{Ai}(d_i) = derajat keanggotaan nilai keluaran pada aturan ke –i

N = banyaknya aturan yang digunakan.

b. Metode Bisektor

Dalam metode ini, dimana solusi crisp akan diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan setengah

dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy. Secara umum dituliskan sebagai berikut:

$$U(d) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n U_{Ai}(d_i) \quad (2.21)$$

Keterangan:

d = nilai hasil penegasan (defuzzyfikasi),

d_i = nilai keluaran pada aturan ke- i ,

$U_{Ai}(d_i)$ = derajat keanggotaan nilai keluaran pada aturan ke- i ,

n = banyak aturan yang digunakan.

c. Metode Mean of Maksimum (MOM)

Pada metode ini, solusi crisp akan kita peroleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. Metode Largest of Maximum (LOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e. Metode Smallest of Maximum (SOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.5.1 Fuzzy Mamdani

Fuzzy Inference System merupakan sebuah kerangka kerja perhitungan berdasarkan konsep teori himpunan fuzzy dan pemikiran fuzzy yang digunakan dalam penarikan kesimpulan atau suatu keputusan. Penarikan kesimpulan ini diperoleh dari sekumpulan kaidah fuzzy, di dalam Fuzzy Inference System minimal

harus terdapat dua buah kaidah fuzzy. Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975[6].

Metode Fuzzy Mamdani merupakan salah satu bagian dari Fuzzy Inference System yang berguna untuk penarikan kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti. Metode Fuzzy Mamdani dalam prosesnya menggunakan kaedah-kaedah linguistik dan memiliki algoritma fuzzy yang dapat dianalisis secara matematika, sehingga lebih mudah dipahami. Kelebihan pada Metode Fuzzy Mamdani adalah lebih spesifik, artinya dalam prosesnya Metode Fuzzy Mamdani lebih memperhatikan kondisi yang akan terjadi untuk setiap daerah fuzzynya, sehingga menghasilkan hasil keputusan yang lebih akurat. Logika fuzzy itu sendiri adalah alat matematika yang kuat untuk mewakili adanya ketidakpastian di segala bidang. Peran logika fuzzy sangat penting bila diterapkan pada fenomena yang kompleks dan yang tidak mudah untuk dijelaskan dengan metode matematika pada umumnya, terutama ketika tujuannya adalah untuk menemukan solusi pendekatan yang baik. Fuzzy set telah terbukti menjadi cara yang terkemuka untuk memecahkan masalah keputusan, di mana informasi yang tersedia adalah subjektif dan jelas. Dari banyak hal, logika fuzzy digunakan sebagai suatu cara untuk memecahkan permasalahan dari input menuju ke output yang diharapkan. Logika fuzzy sangat berguna dalam dua konteks umum yaitu dalam situasi yang melibatkan sistem yang sangat kompleks yang perilaku tidak dipahami dengan baik, dan dalam situasi di mana perkiraan, tapi cepat, solusi dijamin. Untuk mendapatkan output dari proses fuzzy mamdani ini, diperlukan 4 tahapan: 1. Pembentukan himpunan fuzzy. 2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan). 3. Komposisi aturan. 4. Penegasan (defuzzy)[6].

Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu: max, additive, dan probabilistik OR (probor).

1. Metode Max (Maximum) $\mu_{sf}[xi]$.

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

dengan:

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

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

2. Metode Additive (Sum)

$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \min(1, \mu_{sf}[xi] + \mu_{kf} [xi])$

dengan:

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

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

3. Metode Probabilistik OR (probor)

$\mu_{sf}[xi] \leftarrow (\mu_{sf} [xi] + \mu_{kf} [xi]) - (\mu_{sf}[xi] * \mu_{kf}[xi])$

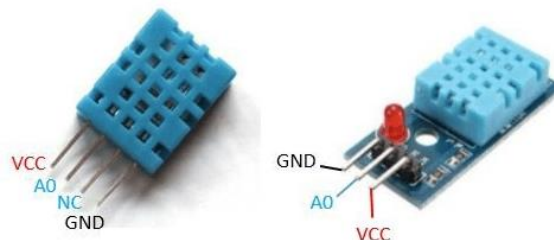
dengan:

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

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

2.6 DHT 11

Sensor DHT11 adalah module sensor yang berfungsi untuk mensensing objek suhu dan kelembaban yang memiliki output tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler. Module sensor ini tergolong kedalam elemen resistif seperti perangkat pengukur suhu seperti contohnya yaitu NTC[7].



Gambar 2. 8 Sensor DHT 11

Kelebihan dari module sensor ini dibanding module sensor lainnya yaitu dari segi kualitas pembacaan data sensing yang lebih responsif yang memiliki kecepatan dalam hal sensing objek suhu dan kelembaban, dan data yang terbaca tidak mudah terinterferensi[7].

Sensor DHT11 pada umumnya memiliki fitur kalibrasi nilai pembacaan suhu dan kelembaban yang cukup akurat. Penyimpanan data kalibrasi tersebut terdapat pada memori program OTP yang disebut juga dengan nama koefisien kalibrasi. Sensor ini memiliki 4 kaki pin, dan terdapat juga sensor DHT11 dengan breakout PCB yang terdapat hanya memiliki 3 kaki pin seperti gambar dibawah ini.

Tabel 2. 2 Spesifikasi sensor DHT 11

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Masukan	5 V DC
Indikator power dan basah	LED
Rentang Temperatur	0 – 50° C Kesalahan $\pm 2^\circ$ C
Kelembaban	20-90% RH $\pm 5\%$ RH error
Sinyal Keluaran	Digital

2.7 LCD 16 x 2 (Liquid Crisall Display)

Liquid Crystal Display (LCD) adalah suatu perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan angka atau teks. Pada alat ini LCD digunakan untuk keperluan antarmuka suatu komponen elektronika dengan mikrokontroler[8].

Spesifikasinya adalah :

1. GND : catu daya 0Vdc
2. VCC : catu daya positif
3. Constrate : untuk kontras tulisan pada LCD
4. RS atau Register Select :
 1. High : untuk mengirim data
 2. Low : untuk mengirim instruksi
5. R/W atau Read/Write
 1. High : mengirim data

2. Low : mengirim instruksi
3. Disambungkan dengan LOW untuk pengiriman data ke layar
6. E (enable) : untuk mengontrol ke LCD ketika bernilai LOW, LCD tidak dapat diakses
7. D0 – D7 = Data Bus 0 – 7
8. Backlight + : disambungkan ke VCC untuk menyalakan lampu latar
9. Backlight – : disambungkan ke GND untuk menyalakan lampu latar



Gambar 2. 9 Liquid Cristall Display

2.8 Lampu Pijar

Lampu pijar adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui filamen yang kemudian memanaskan dan menghasilkan cahaya. Kaca yang menyelubungi filamen panas tersebut menghalangi udara untuk berhubungan dengannya sehingga filamen tidak akan langsung rusak akibat teroksidasi[9].



Gambar 2. 10 Lampu pijar

Lampu pijar dipasarkan dalam berbagai macam bentuk dan tersedia untuk tegangan (voltase) kerja yang bervariasi dari mulai 1,25 volt hingga 300 volt. Energi listrik yang diperlukan lampu pijar untuk menghasilkan cahaya yang terang lebih besar dibandingkan dengan sumber cahaya buatan lainnya seperti lampu pendar dan diode cahaya, maka secara bertahap pada beberapa negara peredaran lampu pijar mulai dibatasi.

Di samping memanfaatkan cahaya yang dihasilkan, beberapa penggunaan lampu pijar lebih memanfaatkan panas yang dihasilkan, contohnya adalah pemanas mesin penetas telur, dan pemanas inframerah dalam proses pemanasan di bidang industri.

2.9 Kipas DC

Kipas adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menghasilkan aliran pada fluida gas seperti udara. Kipas memiliki fungsi yang berbeda dengan kompresor sekalipun media kerjanya sama, dimana kipas menghasilkan aliran fluida dengan debit aliran yang besar pada tekanan rendah, sedangkan kompresor menghasilkan debit aliran yang rendah namun tekanan kerja yang tinggi. Dengan fungsi yang berbeda dari kompresor tersebut, kipas banyak diaplikasikan seperti untuk kenyamanan ruangan (kipas meja/dinding), sistem pendingin pada kendaraan atau sistem permesinan, ventilasi, penyedot debu, sistem pengering (dikombinasikan dengan *heater*),

membuang gas-gas berbahaya, dan juga *supply* udara untuk proses pembakaran (seperti pada boiler)[10].



Gambar 2. 11 Kipas DC

2.10 Inter Integrated Circuit (I2C)

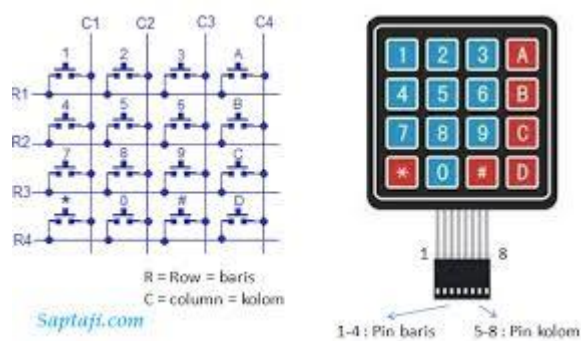
Inter integrated circuit atau sering disebut i2c adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang dirancang khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem i2c terdiri dari saluran SCL (Serial Clock) dan SDA (Serial Data) yang membawa informasi data antara i2c dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem i2c bus dapat dioperasikan sebagai master dan slave. Master adalah piranti yang memulai transfer data pada i2c bus dengan membentuk sinyal start, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal stop, dan membangkitkan sinyal clock. Slave adlaah piranti yang dialamati master[11].



Gambar 2. 12 Modul i2c

2.11 Keypad

Keypad adalah bagian penting dari suatu perangkat elektronika yang membutuhkan interaksi manusia. Keypad berfungsi sebagai interface antara perangkat (mesin) elektronik dengan manusia atau dikenal dengan istilah HMI (Human Machine Interface). Matrix keypad 4×4 pada artikel ini merupakan salah satu contoh keypad yang dapat digunakan untuk berkomunikasi antara manusia dengan mikrokontroler. Matrix keypad 4×4 memiliki konstruksi atau susunan yang simple dan hemat dalam penggunaan port mikrokontroler. Konfigurasi keypad dengan susunan bentuk matrix ini bertujuan untuk penghematan port mikrokontroler karena jumlah key (tombol) yang dibutuhkan banyak pada suatu sistem dengan mikrokontroler. Konstruksi matrix keypad 4×4 untuk mikrokontroler dapat dibuat seperti pada gambar berikut[12].



Gambar 2. 13 Keypad

2.12 Arduino IDE

Software Arduino yang akan digunakan adalah *driver* dan IDE. IDE diciptakan untuk para pemula bahkan yang tidak memiliki *basic* bahasa pemrograman sama sekali karena menggunakan bahasa C++ yang telah dipermudah melalui *library*[4]. IDE Arduino adalah *software* canggih yang ditulis dengan menggunakan bahasa Java. *Software* IDE arduino terdiri dari 3 (tiga) bagian:

1. Editor program, untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*. Listing program pada arduino disebut *sketch*.

2. *Compiler*, sebuah modul yang berfungsi mengubah bahasa *processing* (kode program) menjadi kode biner karena kode biner merupakan bahasa program yang dipahami oleh mikrokontroler.
3. *Uploader*, sebuah modul yang berfungsi memasukkan kode biner kedalam memori mikrokontroler.



Gambar 2. 14 Tampilan Arduino IDE