

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hasil Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian, untuk mencari referensi menggunakan beberapa sumber referensi dari penelitian sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk memilih tingkat efektivitas dan produktivitas dalam penelitian unjuk kerja FLC pada pengendalian suhu inkubator ayam.

Penelitian yang dilakukan (Jaya, 2015) Implementasi *Fuzzy Logic Controller* Pada Sistem Pengaturan Suhu Inkubator Telur. Dalam penelitian tersebut menjelaskan mengimplementasikan FLC dengan Atmega 32 sebagai mikrokontrolernya. Dengan menggunakan inferensi *MAX-MIN* kemudian melakukan pengujian. Dari pengujian didapatkan bahwa penggunaan pada pengaturan inkubator mencapai nilai *setpoint* dengan nilai *error steady state* sebesar 2,3% saat tidak terjadi gangguan. Saat *settling time* yaitu waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai nilai akhir ketika steady. Nilai *settling time* berdasarkan pengujian adalah 27,30 menit. *Settling time* didapat ketika suhu telah mencapai 38,34°C.

Penelitian yang dilakukan (Ristiawan, 2022) Analisa *Performance* Pengendali Suhu Pada Inkubator Bayi Berbasis *Fuzzy Logic Controller*. Penelitian menunjukkan bahwa pengendali suhu pada inkubator bayi menggunakan *Fuzzy Logic Controller* dengan metode Mamdani dan Sugeno mempunyai 2 kriteria parameter masukan yaitu suhu udara dan kelembaban

udara. Sistem pendukung pengambilan keputusan menggunakan 9 *rule*. Dari 30 sampel percobaan 27 data sesuai dengan *rule*. Dengan ini tingkat keberhasilan inkubator adalah 90%.

Sistem cerdas berbasis *Fuzzy Logic Controller* ini dapat menjadi alternatif pengambilan keputusan nyala atau matinya parameter keluaran yang meliputi pemanas, kipas dan alarm. Pada pengujian pengambilan keputusan menggunakan metode Mamdan dan Sugeno didapat hasil 27 dari 30 data yang diuji berhasil dengan akurasi sebesar 90%.

B. Landasan Teori

1. Fuzzy Logic Controller

Fuzzy Logic Controller atau Logika *Fuzzy* biasa dikenal dengan logika samar. Logika *fuzzy* adalah logika yang dapat digunakan untuk menganalisis masalah yang mengandung ketidakpastian yang mana penerapannya sangat luas, contohnya proses prediksi, pengaturan temperatur, pengaplikasian pendulum dan lain sebagainya. *Fuzzy logic controller* merupakan teori himpunan logika yang terdapat diantara kebenaran dan kesalahan. Dengan menggunakan *fuzzy logic controller*, nilai yang dihasilkan bukan hanya YA (1) dan TIDAK (0), melainkan seluruh kemungkinan di antara 1 dan 0 (Hidayat & Rusimamto, 2019). Sistem kontrol logika *fuzzy* di dalamnya terdapat tiga proses yaitu *Fuzzyfikasi*, *Inferensi* dan *Defuzzifikasi* (Wiratama, 2023).

2. PID

PID merupakan sistem kontrol yang sering kali dijumpai penerapannya dikarenakan merupakan sistem kontrol yang sederhana dibandingkan dengan kontrol yang lain. Hal ini disebabkan karena sistem PID merupakan sistem kontrol *loop* tertutup yang cukup sederhana dan kompatibel dengan sistem kontrol lainnya, sehingga dapat dikombinasikan dengan sistem kontrol lain seperti FLC (Ali, 2004). Fungsi kontrol PID adalah nilai yang bergantung pada nilai konstan sistem *Proportional*, *Integral*, dan *Derivative*. Pada perancangan sistem PID umumnya menggunakan metode *trial and error* yang membutuhkan kombinasi dari KP, KI, dan KD hingga menghasilkan respon *output* yang sesuai dengan keinginan (Wiratama, 2023). Dalam implementasinya masing-masing kontrol PID dapat bekerja sendiri maupun gabungan dengan kontrolnya.

3. FLC like PID

FLC (*Fuzzy Logic Controller*) like PID merupakan turunan dari kontrol PID yang diterapkan pada FLC. *Fuzzy* akan mengadopsi koefisien dari pengontrol PID. Aturan sistem *fuzzy* mencerminkan pengetahuan yang biasanya digunakan untuk menyesuaikan Kontrol PID (Kacprzyk, 2006).

Pada dasarnya FLC like PID tidak menggunakan rumus matematis dari PID secara langsung namun, meniru perilakunya menggunakan *rule fuzzy*. Didalam FLC like PID ada beberapa *rule* yang sudah diatur sesuai dengan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan banyak macamnya namun, pada PID like fungsi keanggotaanya adalah *Error* (e) dan *Delta Error* (Δe) yang berisi variable [NB, NS, Z, PS, PB] atau dengan besaran yang lebih besar. Dari Fungsi Keanggotaan maka akan terciptanya *rule* seperti pada Tabel 2.1 *Rule Fuzzy*:

Tabel 2. 1 Rule Fuzzy

$e/\Delta e$	NB	NS	Z	PS	PB
NB	NB	NB	NB	NS	Z
NS	NB	NB	NS	Z	PS
Z	NB	NS	Z	PS	PB
PS	NS	Z	PS	PB	PB
PB	Z	PS	PB	PB	PB

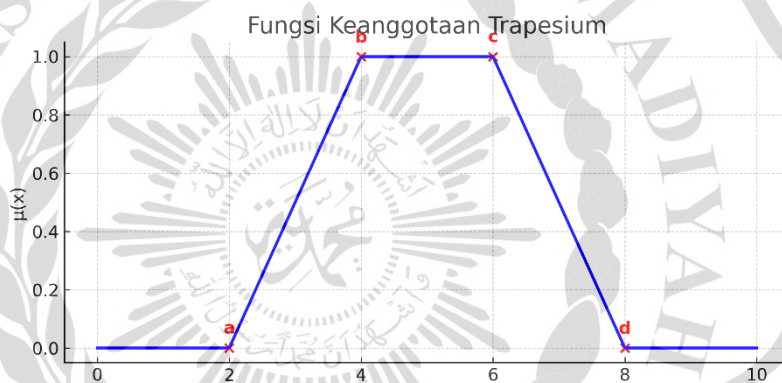
4. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan merupakan grafik yang mewakili besar dari derajat keanggotaan masing-masing variabel *input* yang berbeda dalam interval antara 0 dan 1. Fungsi keanggotaan menghubungkan bobot masing-masing *input* yang diproses, kemudian menggambarkan

tumpang tindih diantara *input*, kemudian akan menentukan respon *output* (Saputra, 2019).

a. Fungsi Keanggotaan Trapesium

Trapesium merupakan salah fungsi keanggotaan yang sering digunakan pada FLC, berikut merupakan bentuk dari kurva trapesium yang akan ditunjukkan pada Gambar 2. 1 Fungsi Keanggotaan Trapesium:



Gambar 2. 1 Fungsi Keanggotaan Trapesium

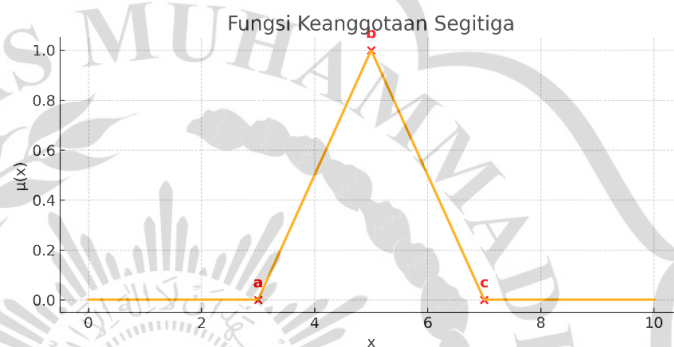
Fungsi keanggotaan trapesium memiliki rumus persamaan

(1) sebagai berikut:

$$\begin{cases} 0; & x \leq a \text{ or } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (1)$$

b. Fungsi Keanggotaan Segitiga

Selain trapesium FLC juga biasanya menggunakan fungsi keanggotaan segitiga, berikut merupakan bentuk dari kurva segitiga yang akan ditunjukkan oleh Gambar 2. 2 Fungsi Keanggotaan Segitiga:



Gambar 2. 2 Fungsi Keanggotaan Segitiga

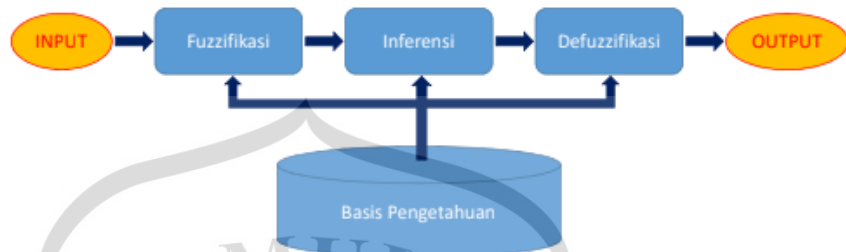
Fungsi keanggotaan segitiga memiliki rumus persamaan

(2) sebagai berikut :

$$\begin{cases} 0; & x \leq a \text{ or } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2)$$

5. Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi *fuzzy* adalah cara menentukan ruang input menuju ruang output menggunakan logika *fuzzy*. Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi bias diperoleh dari komposisi *rule fuzzy*. Dalam sistem Inferensi Fuzzy terdapat beberapa komponen yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 Inferensi Fuzzy:



Gambar 2. 3 Inferensi *Fuzzy*

a. Basis Pengetahuan

Dalam Basis pengetahuan akan berisi kumpulan aturan (*rule*) dalam bentuk pernyataan *If-then* yang dibuat oleh pakar yang merancang sistem.

b. *Fuzzyfikasi*

Merupakan proses mengubah input sistem yang mempunyai nilai tegas menjadi variable *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan yang disimpan pada basis pengetahuan.

c. Inferensi

Merupakan proses mengubah *input fuzzy* menjadi *output fuzzy* dengan cara mengikuti aturan-aturan (*If-then*) yang telah ditetapkan pada Basis Pengetahuan Fuzzy. Dalam logika fuzzy banyak metode inferensi diantaranya adalah Metode MOM (*Mean of Maximum*) dan COG (*Center of Gravity*).

Berikut merupakan rumus dari metode Maximum yang ditunjukkan pada persamaan (3):

$$z^* = \frac{a+b}{2} \quad (3)$$

Berikut merupakan rumus dari metode COG yang ditunjukkan pada persamaan (4):

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \cdot \mu_C(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu_C(z_j)} \quad (4)$$

d. Defuzzyfikasi

Input dari proses *defuzzyfikasi* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada setiap *variable linguistic* (Kusumadewi, 2002).

6. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan *software* yang berbasis *open source* yang digunakan untuk menulis, mengompilasi dan mengunggah kode ke papan mikrokontroler arduino. Bahasa yang digunakan pada Arduino IDE adalah C/C++ yang mirip dengan Bahasa manusia. Pada dasarnya Arduino menyederhanakannya dengan dua fungsi inti yaitu:

a. *setup* ()

Berisi kode yang dijalankan sekali saat Arduino dimulai.

b. *loop* ()

Berisi kode yang dijalankan berulang kali dimulai dari Arduino menyala hingga Arduino dimatikan setelah setup selesai.



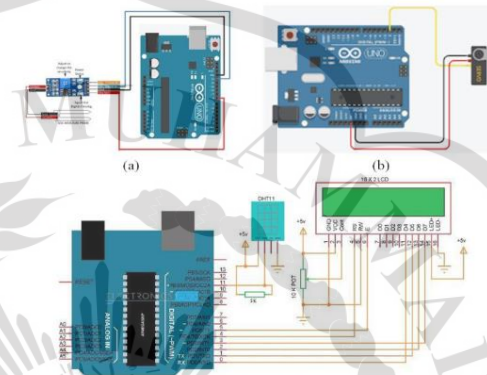
Gambar 2. 4 Arduino IDE

7. Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah papan mikrokontroler berbasis Atmega 328P yang sangat populer dikalangan pemula maupun *professional* di bidang elektronika dan program (Dika, 2022).

Pada Arduino Uno terdapat pin I/O yang mana ada 6 pin analog dan 14 pin digital mulai dari 0 hingga 14 dan 6 diantaranya merupakan pin PWM. Papan Arduino Uno ini digunakan untuk menerima data atau *sketch* dari Arduino IDE yang selanjutnya akan diterjemahkan kedalam bahasa mesin. Arduino Uno merupakan otak yang akan menjalankan suatu rangkaian atau sistem yang telah di rancang sebelumnya.

Arduino Uno sangatlah digemari karena merupakan papan yang tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil sehingga kebutuhan akan pin I/O tercukupi. Berikut adalah gambar *board arduino* yang ditunjukkan pada Gambar 2.5 *Board Arduino* (Gunawan et al., 2020).



Gambar 2.5 *Board Arduino*

8. DHT22

DHT22 merupakan sensor digital yang sudah terkalibrasi dirancang untuk mengukur suhu dan kelembaban lingkungan. Sensor DHT22 bekerja sebagai komposit, yaitu menggabungkan dua elemen pengindraaan. Pada pengukuran kelembaban sensor DHT22 menggunakan sensor kelembaban kapasitif yang mana ketika uap air diserap oleh substrat sensor, nilai kapasitansinya akan berubah. Perubahan kapasitansi inilah yang diukur untuk menentukan tingkat kelembaban. Pada pengukuran suhu sensor DHT22 menggunakan transmisor *NTC* (*Negative Temperature Coefficient*) yang berfungsi mengukur perubahan suhu.

Pengolahan data pada sensor DHT22 adalah ketika data analog yang didapatkan dari kedua elemen kelembaban dan suhu kemudian diolah mikrokontroler 8-bit yang sudah tertanam didalam DHT22. Hasilnya olahan tersebut diubah menjadi sinyal digital terkalibrasi yang siap dikirimkan pada pin data.

Sensor DHT22 sangat mudah dan banyak diaplikasikan pada mikrokontroler tipe Arduino karena memiliki tingkat stabilitas yang baik dan fitur kalibrasi yang memiliki hasil akurasi yang bagus (Puspasari et al., 2020). Berikut adalah Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor DHT22 (Nainggolan et al., 2024).

Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor DHT22

NO	Nama	Spesifikasi
1	Voltage	3,3-6V DC
2	Rentang Suhu	-40°C hingga +80°C
3	Akurasi Suhu	±0,5°C
4	Rentang kelembaban	0% hingga 100%
5	Akurasi Kelembaban	±2% RH

9. Kipas CPU

Kipas CPU atau Motor BLDC (*Brushless Direct Current*) merupakan pendingin yang dipasang pada prosesor biasanya dipasang pada *case* komputer. Motor BLDC ini merupakan motor

tanpa sikat yang sekarang sedang banyak digunakan. Tujuan dipasangnya kipas ini adalah sebagai pembuang hawa panas yang ada pada inkubator atau biasa disebut sebagai pendingin inkubator. Kipas ini akan bekerja ketika suhu yang ada pada inkubator melebihi batas target (*Setpoint*) dan akan mati ketika suhunya sudah rendah lagi (Dika, 2022).

Kipas ini bekerja pada tegangan 12V DC yang berasal dari *power supply*. Kipas ini memiliki dua input yaitu input 12V yang ditandai dengan kabel warna merah dan GND yang ditandai dengan kabel berwarna hitam. Berikut adalah Gambar 2.6 Kipas BLDC:

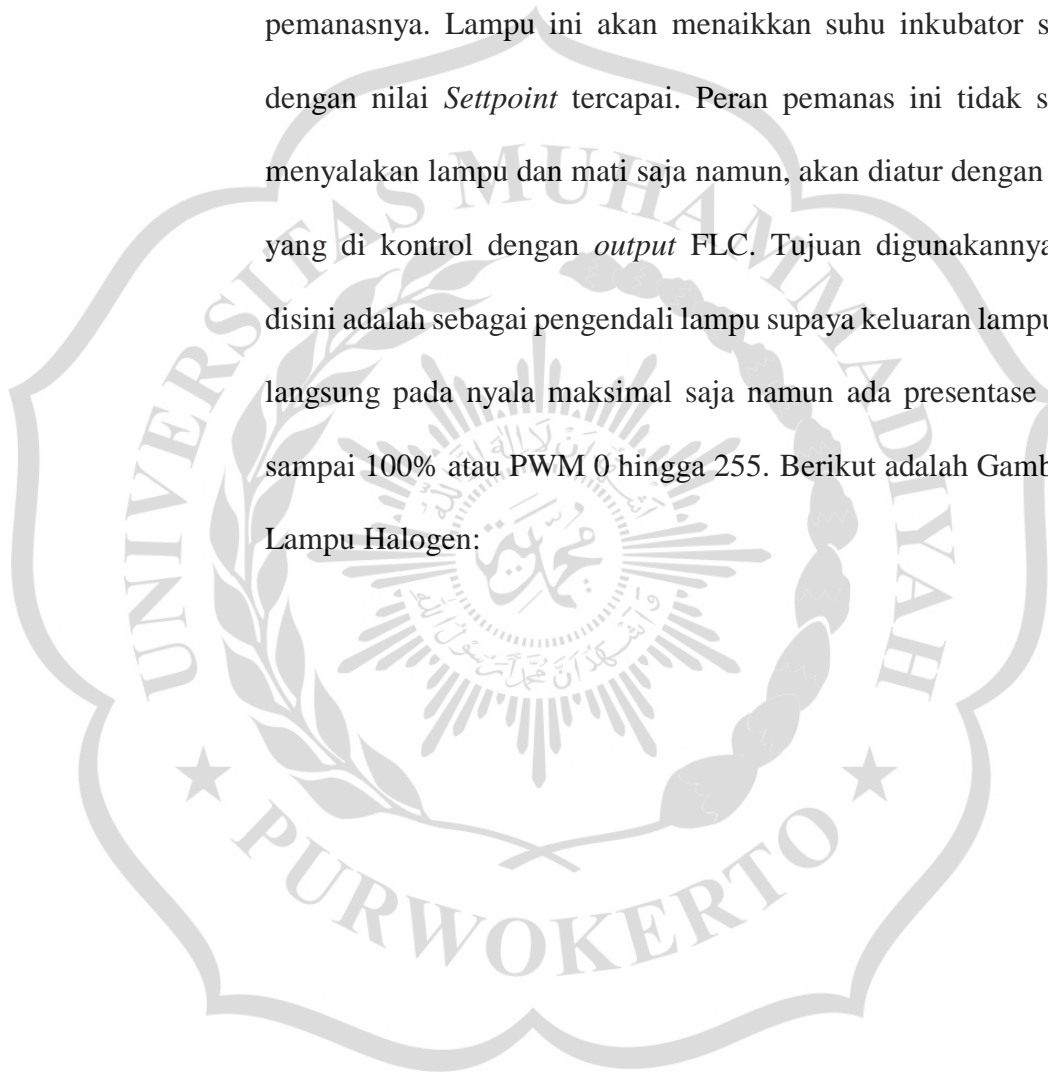


Gambar 2. 6 Kipas BLDC

10. Heater

Heater merupakan komponen utama dari inkubator. Pada penelitian ini menggunakan dua buah lampu halogen sebagai pemanasnya. Lampu ini akan menaikkan suhu inkubator sampai dengan nilai *Settpoint* tercapai. Peran pemanas ini tidak sebatas menyalakan lampu dan mati saja namun, akan diatur dengan PWM yang di kontrol dengan *output* FLC. Tujuan digunakannya FLC disini adalah sebagai pengendali lampu supaya keluaran lampu tidak langsung pada nyala maksimal saja namun ada presentase dari 0 sampai 100% atau PWM 0 hingga 255. Berikut adalah Gambar 2.7

Lampu Halogen:





Gambar 2. 7 Lampu Halogen

11. LCD I2C

LCD I2C (*Liquid Crystal Display*) merupakan modul penampil yang dilengkapi dengan converter/adaptor I2C di bagian belakangnya. Tujuannya adalah untuk mengurangi jumlah pinnya. Pada mulanya LCD tipe 16x2 memerlukan 6 hingga 11 pin digital sehingga I2C (*Inter-Integrated Circuit*) dipilih untuk mengurangi jumlah pinnya sehingga menjadi 4 pin saja. Berikut adalah Gambar

2.8 LCD I2C:



Gambar 2. 8 LCD I2C

Pin yang digunakan pada modul LCD I2C adalah 2 pin untuk daya yaitu VCC dan GND, kemudian ada 2 pin komunikasi I2C yaitu SDA dan SCL. *Serial Data* (SDA) merupakan jalur untuk mengirim dan menerima data sedangkan *Serial Clock* (SCL) merupakan jalur untuk mengirim *clock* transmisi data. Berikut adalah Tabel 2.3 Koneksi Pin I2C ke mikrokontroler Arduino (Mabruri et al., 2024):

Tabel 2. 3 Koneksi Pin I2C

No	Nama Pin	Keterangan
1	VCC	Terhubung dengan tegangan 5V
2	GND	<i>Ground</i> terhubung dengan Arduino
3	SDA	Terhubung dengan pin A4 Arduino
4	SCL	Terhubung dengan pin A5 Arduino

12. Power supply

Power supply merupakan perangkat catu daya yang berfungsi untuk mengubah sumber tegangan bolak-balik (AC) menjadi searah (DC). *Power supply* memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan *supply* tegangan terhadap beban, Tegangan keluaran yang stabil sangat diperlukan untuk memastikan kinerja perangkat elektronik tetap optimal serta mencegah kerusakan akibat fluktuasi tegangan. Oleh karena itu, *power supply* ini umumnya dilengkapi dengan rangkaian pengaturan tegangan dan sistem proteksi untuk melindungi beban dari kondisi arus lebih, tegangan lebih, dan hubung singkat.



Gambar 2. 9 *Power Supply*

Berikut adalah Tabel 2. 4 Spesifikasi *Power Supply* (Power, 2014):

Tabel 2. 4 Spesifikasi *Power Supply*

No	Nama	Spesifikasi
1	Tegangan <i>Output</i> (DC)	12 Volt
2	Arus <i>Output</i> Maksimal	20 Ampere
3	Daya Maksimal	240 Watt
4	Tegangan Input (AC)	110 - 220 Volt

