



IMPLEMENTASI KONTROL *FUZZY* UNTUK STABILISASI TEMPERATUR PENETASAN TELUR AYAM

Vanessa Ramadita Ishari^{1*}, Herwandi², Donny Radianto³

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo,
Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Indonesia.

vanessaramaditaishari150@gmail.com , herwandi@polinema.ac.id ,
donny.radianto@polinema.ac.id

ABSTRAK

Proses penetasan pada unggas jenis ayam terbagi menjadi dua proses yakni proses penetasan secara alami (dengan dierami indukan ayam) dan proses penetasan secara buatan (seperti dengan alat penetasan telur ayam). Suhu dan kelembapan merupakan parameter penting pada penetasan telur unggas jenis ayam. Suhu ideal yang dibutuhkan saat proses pengeraman telur ayam adalah $38,33^{\circ}\text{C}$ sampai $40,55^{\circ}\text{C}$ dan pada saat 3 hari terakhir saat penetasan (hari ke 19 sampai ke 21) mengalami kenaikan suhu sebesar $0,5^{\circ}\text{C}$ sampai 1°C , sedangkan untuk kelembapan pada kisaran antara 52 sampai 55 %. Suhu dan kelembapan ini dideteksi oleh sensor DHT22 yang nantinya akan membaca dan menyalurkan inputan kedalam sistem proses kerjanya. Setelah pembacaan sensor ini maka akan mengatur keluaran yakni dimmer. Rangkaian dimmer yang dapat digunakan adalah pengimplementasian piranti semikonduktor. Metode yang digunakan adalah dengan pengaturan sudut fasa penyalan gelombang AC dengan piranti semikonduktor sejenis TRIAC dan DIAC. Pada skripsi ini digunakan piranti Internally Triggered TRIAC sebagai inti rangkaian dimmer. Dimmer disini dihubungkan dengan heater yang nantinya akan mengatur terang redupnya sebuah heatlamp. Kipas disini digunakan untuk pengatur sirkulasi udara yang terdapat pada ruangan alat penetasan telur ini. Dan untuk pembalikan telur, menggunakan RTC sebagai pewaktu untuk menggerakkan dinamo rotary. Untuk pembalikan telur dilakukan setiap 3 jam sekali, dan pada hari ke 21 pembalikan telur dimatikan. Hasil Pengujian dari skripsi ini adalah, hasil tetas dari alat ini mencapai 80% keberhasilan, namun pada pemrograman fuzzy masih terdapat eror, dan beberapa masalah lainnya seperti lampu yang menyala kurang sempurna.

ABSTRACT

The hatching process for chicken birds is divided into two processes, namely the natural hatching process (by being incubated by a hen) and the artificial hatching process (such as using a chicken egg hatching tool). Temperature and humidity are important parameters in hatching chicken eggs. The ideal temperature required during the incubation process of chicken eggs is 38.33°C to 40.55°C and during the last 3 days of hatching (days 19 to 21) the temperature increases by 0.5°C to 1°C , while for humidity in the range of 52 to 55%. This temperature and humidity are detected by the DHT22 sensor which will later read and channel input into the work process system. After reading this sensor, it will regulate the output, namely the dimmer. The dimmer circuit that can be used is the implementation of a semiconductor device. The method used is to adjust the phase angle of the AC wave with semiconductor devices such as TRIAC and DIAC. In this thesis, an Internally Triggered TRIAC device is used as the core of the dimmer circuit. The dimmer here is connected to a heater which will later regulate the brightness and dimness of a heatlamp. The fan here is used to regulate air circulation in the egg incubator room. And for egg turning, using the



RTC as a timer to drive the rotary dynamo. Egg turning is done every 3 hours, and on the 21st day egg turning is turned off. The test results from this thesis are that the hatching results from this tool reached 80% success, but in fuzzy programming there were still errors, and several other problems such as the lights not turning on perfectly.

Kata kunci: Dimmer TRIAC, TYD49-R, Penstabilan suhu, Kontrol Fuzzy, Arduino Uno

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia sektor perternakan sangat berperan penting bagi pergerakan perekonomian masyarakat. Karena sektor perternakan ini dapat memenuhi salah satu kebutuhan protein hewani bagi manusia, seperti pada daging ayam dan telur ayam yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Sehingga permintaan pasar terhadap unggas jenis ayam ini semakin meningkat, namun terdapat beberapa faktor penyebab tidak tercukupinya permintaan pasar yang mungkin disebabkan gagalnya penetasan atau pembudidayaan unggas ayam ini. Ayam betina sendiri akan mulai bertelur pada usia 18 hingga 20 minggu dan akan bertelur satu butir tiap harinya[1]. Ayam betina akan terus bertelur hingga beberapa butir disarangnya dan jika sudah mencapai batas ayam betina ini akan menjadi ayam pengeram yang duduk diatas telur – telur itu hingga menetas.

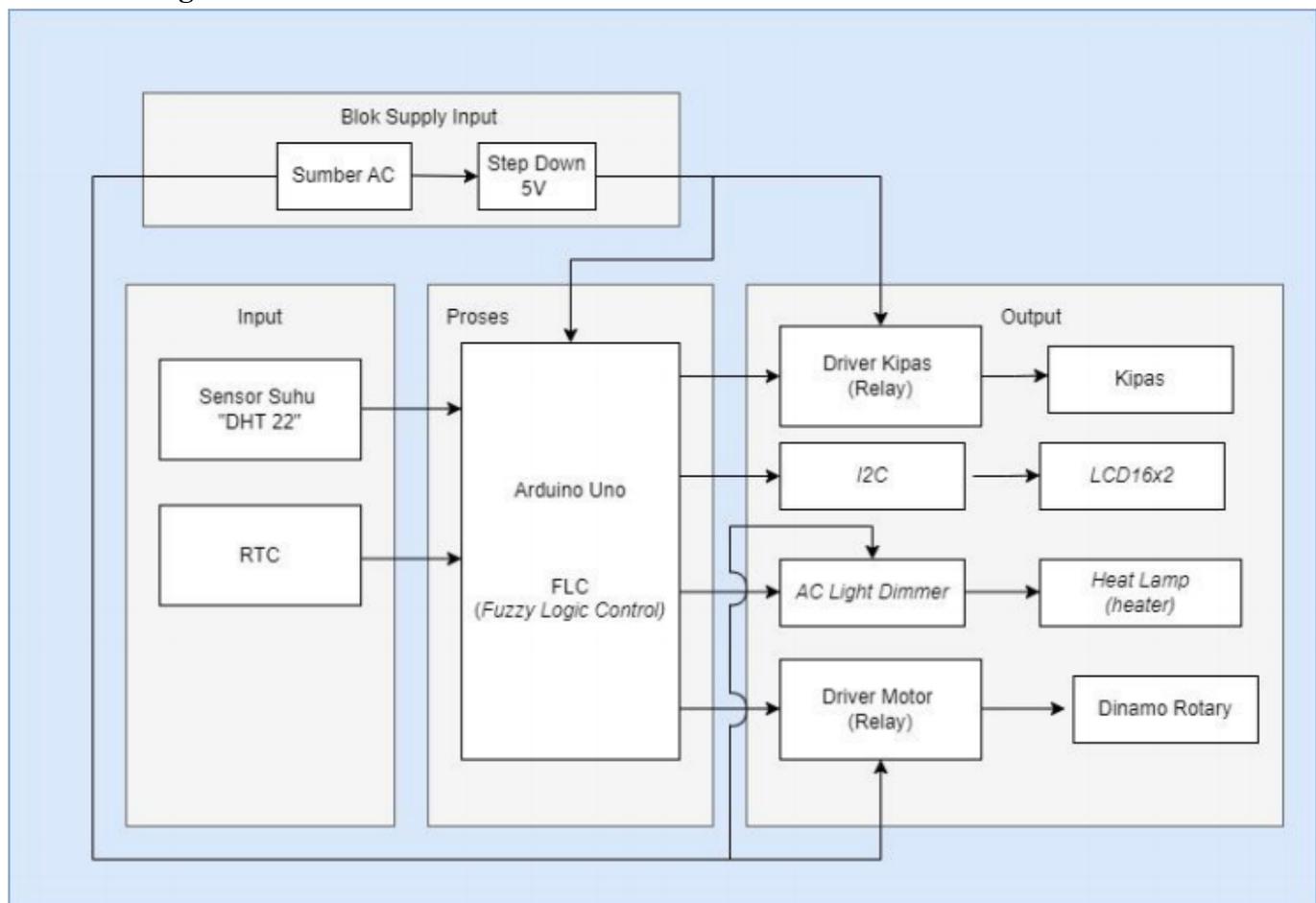
Parameter suhu dan kelembapan ini sangat berpengaruh pada saat penetasan telur ayam. Suhu yang dibutuhkan adalah 38,33°C sampai 40,55 °C dan pada 3 hari terakhir suhu dinaikkan sebesar 0,5 °C sampai 1 °C[2]. Untuk kelembapan yang dibutuhkan pada kisaran 52% sampai 55% untuk minggu pertama dan 65% sampai 70% untuk minggu berikutnya[2]. Dan pada proses pembalikan telur ini juga berpengaruh pada proses penetasan telur ini yang dilakukan 3 jam sekali. Umumnya pada alat penetasan telur ayam masih menggunakan sistem ON/OFF pada lampu saja tidak menstabilkan suhu dirange yang diminta sesuai dengan kebutuhan pada saat proses pengeraman. Pada penelitian sebelumnya juga membahas tentang pembuatan alat penetas telur namun secara otomatis pada penstabilan suhunya dan mayoritas masih manual pada saat pemutaran telur. Pada pembuatan alat penetas kali ini saya (penulis) menggunakan sistem lampu terang redup agar calon ayam (telur ayam) nyaman dengan proses penetasan. Karena jika menggunakan sistem lampu ON/OFF mengakibatkan telur kurang nyaman dengan lingkungan sekitar, seperti contoh saat kita tertidur lalu tiba-tiba lampu dinyalakan itu membuat kurang nyaman dan mengalami sakit mata. Lalu untuk ventilasi disini kita mengimplementasikan proses terjadinya hujan seperti penguapan air untuk menghasilkan kelembapan juga karena kalor akan bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke suhu yang rendah.

Pada alat penetas ini menggunakan sensor DHT22 sebagai pendeteksi suhu dan kelembapan yang digunakan sebagai input pengatur PWM pada dimmer yang digunakan untuk mengatur terang redup pada lampu. Dimmer disini diprogram menggunakan mikrokontroller Arduino Uno. Untuk proses pembalikan telur secara 3 jam sekali menggunakan modul timer XYJ-02 dan *dinamo rotary* TYD49-R. Tujuan dari penggunaan modul timer ini agar user atau pengguna dapat mudah mengatur saat ingin mengganti lama waktu yang digunakan. Dan TYD49-R memiliki output kecepatan putaran motor yang sinkron dengan frekuensi listrik yang akan masuk ke statornya dan *dinamo rotary* memiliki RPM yang sangat rendah sekitar 2,5 RPM sampai 3 RPM[3]. Dan untuk penampilan suhu dan kelembapan akan ditampilkan pada LCD 16x2 yang dideteksi dari DHT22 dan diprogram dari Arduino Uno.

Pada rangkaian *dimmer* ini mengaplikasikan rangkaian SSR (*Solid State Relay*) yang digunakan untuk driver tegangan AC yakni pada lampu. Driver ini dapat menghubungkan tegangan AC dengan Arduino Uno sehingga tegangan keluar pada dimmer ini dapat dikontrol. Driver ini menggunakan *Zero Crossing Detector* yang berfungsi sebagai pendeteksi gelombang sinus AC 220V negatif menuju ke posistif. Pada driver ini pula menggunakan komponen TRIAC yang berfungsi sebagai pengendali arus listrik dan MOC300XX sebagai driver TRIAC sebagai menjembatani sinyal *triger* yang berasal dari mikrokontroller Arduino Uno yang memiliki inputan level tegangan dan arus kecil yang nantinya akan disalurkan pada beban yang memiliki tegangan dan arus yang relatif tinggi[4].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Blok Diagram Sistem



Gambar 1 Blok Diagram Sistem

Blok diagram sistem yang meliputi input, proses, dan output akan dijelaskan pada gambar 1 atas ini. Input pada blok diagram diatas berasal dari sensor suhu (DHT22) yang digunakan untuk membaca suhu dan kelembapan yang ada pada alat penetas telur ini. Hasil dari sensor DHT22 ini akan diproses menggunakan mikrokontroller Arduino Uno. Outputan dari Arduino Uno akan menghasilkan outputan LCD 16x2 sebagai hasil pembacaan sensor DHT22 dan dimmer TRIAC yang digunakan untuk mengontrol terang redup pada *heat lamp*



(lampu). Pada proses pembalikan telur menggunakan modul timer untuk menggerakkan dinamo rotary. Berikut adalah penjelasan dari Gambar 1 secara terperinci :

- Input

Pada Gambar 1 blok diagram bagian input terdapat sensor DHT22 yang memiliki fungsi sebagai pendeteksi temperatur yang dapat diproses dan akan menghasilkan outputan yang dihubungkan pada mikrokontroller di pin 3. Dan pada blok diagram bagian input ini juga terdapat sensor waktu yakni RTC yang menggunakan I2C yang dihubungkan dengan kaki mikrokonroller SDA dan SCL

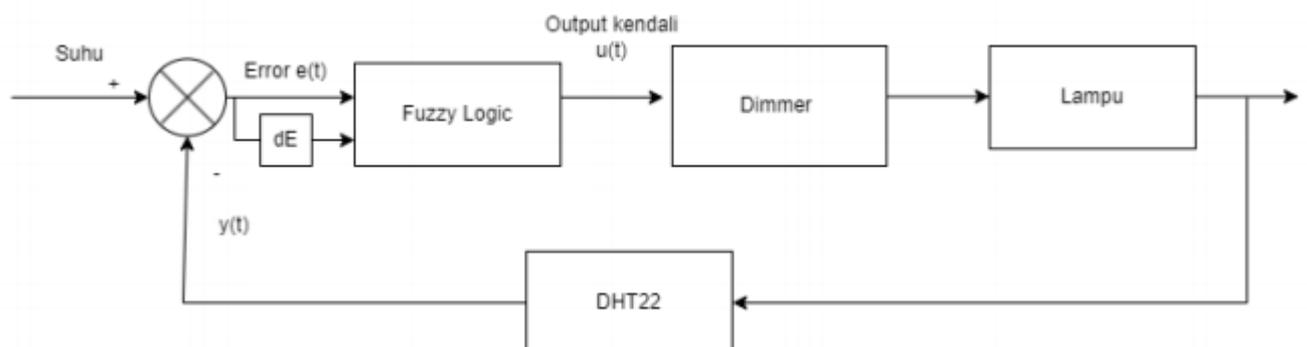
- Proses

Pada Gambar 1 blok diagram bagian proses menggunakan mikrokontroller Arduino Uno untuk mengontrol atau mengolah data yang diterima dari inputan (DHT2 dan RTC) yang nantinya akan diteruskan ke output.

- Output

Pada Gambar 3.5 blok diagram bagian output terdapat beberapa outputan yang digunakan, diantara lain : LCD 16x2 yang emnggunakan I2C yang dihubungkan pada SDA dan SCL pada pin mikrokontroller yang berfungsi 31 untuk menampilkan suhu dan kelembaban yang dideteksi oleh sensor DHT22 ; Dimmer TRIAC berfungsi untuk mengatur terang redupnya lampu; Heatlamp sebagai penghasil suhu panas yang dapat diatur terang redupnya menggunakan dimmer TRIAC, pada modul dimmer ini dihubungkan pada kaki mikrokontroller untuk pin Zero Crossinng duhubungkan pada pin 2 dan untuk sinyal PWM dihubungkan pada pin 9;Rangkaian Driver Relay digunakan untuk ON/OFF pada kipas yang dihubungkan pada pin 7; Kipas untuk membantu sirkulasi udara yang ada pada alat penetas telur ayam ini; dan Dinamo Rotary sebagai motor dengan RPM kecil yang digunakna untuk melakukan pembalikan telur ayam pada alat penetas telur ayam ini yang dihubungkan dengan mikrokontroller pin 5.

2.2 Blok Diagram Kontrol



Gambar 2 Blok Diagram Kontrol

Pada gambar 2 diatas menjelaskan tentang blok diagram *fuzzy* yang akan digunakan pada pembuatan alat penetasan telur ini. Kontrol *fuzzy* digunakan untuk mengontrol tegangan yang masuk pada rangkaian *dimmer* untuk mengontrol lampu yang dibaca oleh sensor DHT22 sebagai feedback juga. Jadi pada proses fuzzy ini akan *looping* .



mikrokontroler eksternal dan resistor pembatas arus integral (R1). Karena triac menggabungkan jaringan snubber (rangkaiannya pengamanan), dimmer juga dapat digunakan untuk mengontrol beban induktif. Optocoupler berikutnya (OC2) berfungsi untuk mendeteksi zero-crossing induk.

Zero-crossing digunakan untuk menyinkronkan dimmer optoisolator terhubung langsung ke suplai listrik karena transformator menyebabkan pergeseran fasa kecil yang tidak diinginkan yang dapat menyebabkan anomali kinerja. Pulsa sinkronisasi disangga oleh transistor sinyal kecil (T1) dan dialihkan ke header output sinyal (H1).

Seperti yang dapat kita lihat pada Gambar 3.12 diatas, rangkaian ini memiliki dua koneksi input dan output. Satu dipasang di sisi tegangan rendah (H1) dan satunya lagi dipasang disisi tegangan tinggi (J1 dan J2). Rangkain ini dapat mengumpulkan output “sinyal kontrol peredupan” (SW) dari port I/O mikrokontroler ke headher input H1, dan output “sinyal zerocrossing (ZC)” yang tersedia pada modul (melalui pin H1) ke port I/O dari mikrokontroler yang sama. Dan sambungkan daya utilitas pada konektor AC-IN (J1) dan perangkat kontrol yang dimasukkan ke konektor AC-OUT (J2). Terdapat indikator (LED1) disediakan onboard untuk menguji sistem pemacu triac. Indikator ini akan terang penuh saat LOAD dalam keadaan 100% ON. Triac dalam modul ini adalah BT136 yang mendukung 4A Max, yakni 920W @230VAC. Jika dibutuhkan arus yang lebih tinggi, kita dapat mengganti tipe triac sesuai dengan kebutuhan. Heatsink diperlukan untuk menangani arus yang lebih tinggi dengan aman. Jaringan C3-R5 adalah untuk pengamanan triac (TR1), dan C2-R3 untuk pengamanan coupler (OC1).

Pada Gambar 4 diatas saya menggunakan modul AC Light Dimmer yang dapat dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Uno. Dibawah ini dijelaskan penggunaan menggunakan komponen yang sebagian digunakan.

- Penggunaan kapasitor dan resistor untuk mengasilkan frekuensi

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Dimana,

f_c = frekuensi cut-off (frekuensi batas bawah penyaringan, dalam hertz,

R = adalah nilai resistor (dalam Ohm)

C = nilai kapasitor (dalam farad)

Disini kita menggunakan resistor dengan nilai 10K dan kapasitor 100n maka akan mengasilkan nilai frekuensi dibawah ini.

$$f_c = \frac{1}{2\pi(10,000\Omega)(0,1\mu F)}$$

$$f_c \approx 159.2 \text{ Hz}$$

Penggunaan Resistor 55K Ω

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{220V}{0,005A}$$

$$R = 44000 \Omega$$

- Penggunaan resistor yang dipasang secara seri

$$R = \frac{V_{in} - V_f}{I_g}$$



$$R = \frac{220 - 1,5}{0,3}$$
$$R = 728,33\Omega$$

Dimana ;

R = nilai resistor yang dicari

V_{in} = tegangan operasional dari sumber daya AC (220V)

V_f = tegangan drop forward di MOC3021 (sesuai data sheet)

I_g = arus gate yang direkomendasikan

- Penggunaan Triac BT136

Pada modul AC light dimmer ini menggunakan komponen BT136 adalah thyristor yang sering digunakan dalam rangkaian pengendali daya AC, termasuk pada modul ini [6]. Karena komponen ini mampu mengendalikan daya AC, komponen ini memiliki kemampuan operasi yang stabil dalam rentang suhu yang luas dan dalam kondisi lingkungan yang berbeda, dan komponen ini relatif mudah digunakan dalam rangkaian pengendali daya. Rumus dibawah ini dapat digunakan untuk menentukan nilai resistor dan kapasitor yang digunakan.

$$R = \frac{V_{peak}}{I_{snuber}}$$
$$C = \frac{I_{snuber}}{2\pi f V_{LED}}$$

Dimana :

R = nilai resistor dalam Ohm

C = kapasitor dalam Farad

V_{peak} = tegangan puncak pada rangkaian (biasanya setengah dari tegangan AC maksimum)

I_{snuber} = arus yang mengalir melalui resistor (biasanya sekitar 0,1 hingga 0,5 A)

- Penggunaan MOC3021

Pada rangkaian komponen modul AC light dimmer ini menggunakan komponen MOC3021 yang digunakan untuk memisahkan sinyal kontrol yang datang dari mikrokontroler atau perangkat elektronik lainnya dari sirkuit daya utama yang mengendalikan lampu atau beban AC. Ini memberikan keamanan ekstra dan isolasi galvanik yang penting dalam aplikasi pengendali daya. Komponen ini adalah opto-isolator yang dapat mengendalikan beban AC melalui penggunaan fototriac pada keluarannya. Ini memungkinkan pada penggunaan pengaturan intensitas cahaya. Rumus yang dapat digunakan untuk menghitung nilai resistor pembatas arus pada MOC3021 adalah berikut :

$$R = \frac{V_{in} - V_f}{I_{LED}}$$

Dimana,

R = nilai resistor pembatas arus (ohm)

V_{in} = tegangan input

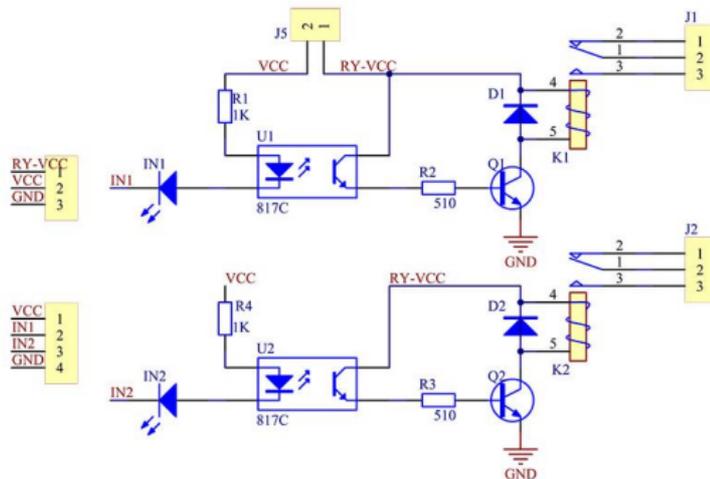
V_f = tegangan drop forward diode LED IR di MOC3021 (biasanya sekitar 1,2V)

I_{LED} = arus yang diinginkan untuk mengaktifkan LED IR



2.5 Perancangan Rangkaian Relay

Dibawah ini adalah gambar rangkaian komponen modul relay 5V yang dapat dilihat pada Gambar 5. Pada gambar tersebut membutuhkan arus driver 15 – 20mA. Rangkaian ini dapat digunakan untuk mengontrol berbagai peralatan arus besar. Rangkaian ini dilengkapi dengan relay arus tinggi yang bekerja dibawah AC250V 10A atau DC30V 10A. Yang dapat dikontrol langsung melalui mikrokontroler. Modul ini diisolasi secara optik dari sisi tegangan tinggi untuk persyaratan keselamatan dan juga mencegah ground loop saat dihubungkan ke mikrokontroler.



Gambar 5 Rangkaian Modul Relay

Pada Gambar 3.13 diatas saya menggunakan modul relay yang dapat dihubungkan dengan mikrokontroller Arduino Uno. Dibawah ini dijelaskan penggunaan menggunakan komponen yang sebagian digunakan.

- Penggunaan resistor 1K Ohm

Pada penggunaan resistor 1K Ohm ini dengan perhitungan rumus dibawah ini :

$$R = \frac{V_{in}}{I_{in}}$$

$$R = \frac{5V}{0,005A}$$

$$R = 1000 \Omega$$

- Penggunaan resistor 510 Ohm

Pada penggunaan resistor 510 Ohm ini dapat diperhitungkan dengan rumus dibawah ini :

$$R_{resistor} = \frac{V_{supply} - V_{diode}}{I_{base}}$$

$$R_{resistor} = \frac{5V - 0,06V}{0,01A}$$

$$R_{resistor} = 440 \Omega$$

Dimana kita memilih menggunakan optocoupler 817C dengan arus keluaran sekitar 10mA (0,01A), yang ingin mengaktifkan transistor NPN dengan arus basis

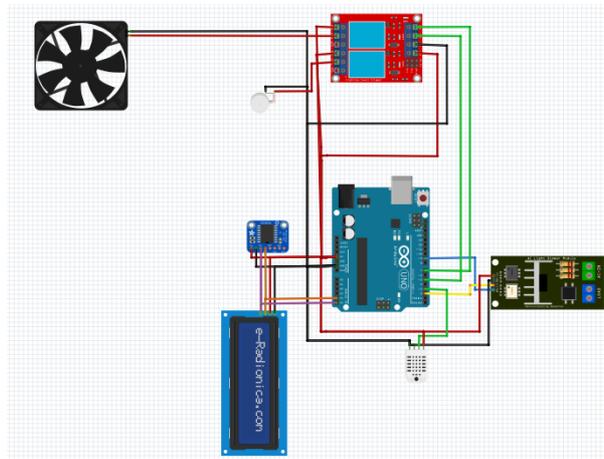


sekitar 10 mA (0,01A) menggunakan tegangan suply 5V dan dioda dengan tegangan jatuh sekitar 0,6V maka dihasilkan nilai resistor 440 Ω namun kita bisa menggunakan juga nilai resistor yang mendekati hasil yang tertera.

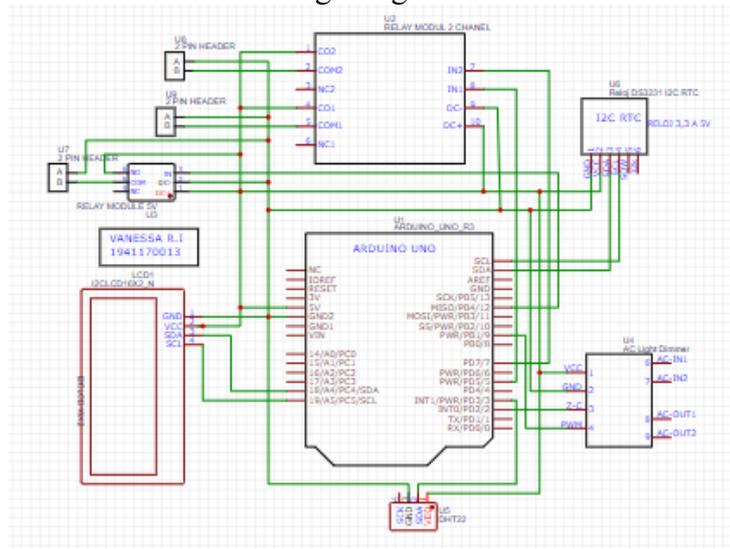
- Penggunaan dioda

Pada modul relay ini terdapat dioda yang dipasang secara paralel dengan coil. Dari pemasangan tersebut juga memiliki fungsi yakni, untuk perlindungan terhadap spike Tegangan (Back EMF), menghindari guncangan elektromagnetik (EMF), dan sebagai pemulihan cepat relay.

2.6 Perancangan Elektrik Keseluruhan



Gambar 6 Wiring Rangkaian Keseluruhan

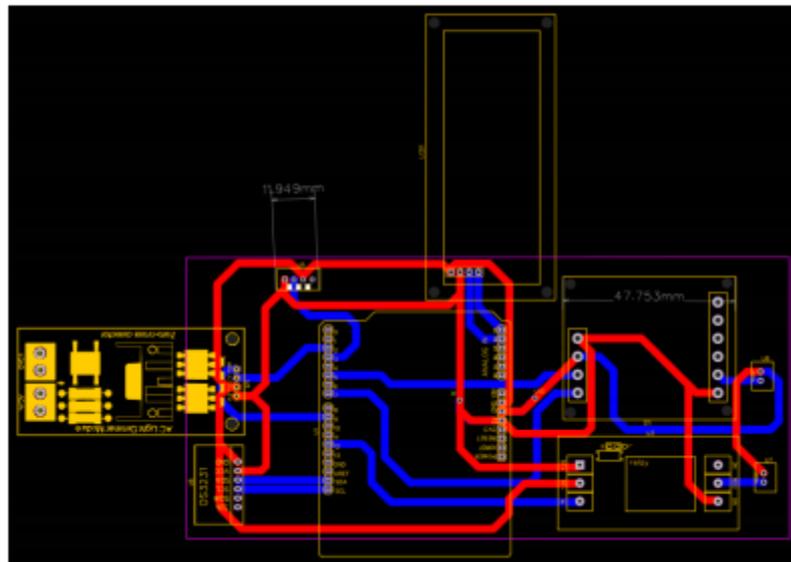


Gambar 7 Perancangan Elektrik Keseluruhan

Pada gambar 6 adalah gambar wiring keseluruhan bentuk 3D dari penggunaan komponen yang digunakan. Untuk gambar 7 adalah gambar perancangan elektrik keseluruhan dari gambar 3D yang ditunjukkan pada gambar 5. Disini menggunakan mikrokontroler arduino uno yang dihubungkan ke beberapa komponen lainnya, seperti modul DHT22, relay, AC

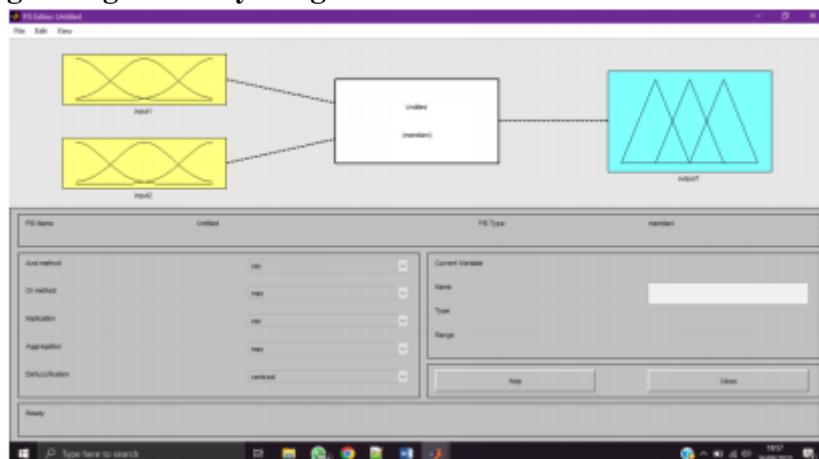


Light Dimmer, RTC DS3231, LCD 16x2 dengan I2C, Kipas, dan motor TYD49-R. Cara kerja dari rangkaian diatas adalah sensor DHT22 akan membaca suhu dan kelembaban yang akan ditampilkan di LCD 16x2, lalu lampu akan menyala sesuai dengan program yang tertera di mikrokontroller menggunakan metode fuzzy untuk mengatur terang redupnya lampu. Jika suhu terlalu panas maka kipas akan menyala untuk menurunkan suhu. RTC digunakan untuk inialisasi tanggal dan hari yang tertera. Untuk motor akan berjalan setiap 3 jam sekali. Pada Gambar 8 dibawah adalah gambar dari hasil layout PCB perancangan elektrik keseluruhan.



Gambar 8 Layout PCB Elektrik Keseluruhan

2.7 Perancangan Logika Fuzzy dengan Matlab



Gambar 9 Tampilan Fuzzy Pada MATLAB R2013a

Pada proses perancangan fuzzy logic menggunakan metode algoritma. Sistem logika fuzzy Mamdani adalah sistem kendali atau keputusan yang menggunakan prinsip teori fuzzy untuk menghasilkan keluaran dari masukan yang dinyatakan dalam bahasa. Di MATLAB R2013a, Anda dapat menggunakan Fuzzy Logic Toolbox untuk mengimplementasikan sistem logika fuzzy Mamdani. Pada Gambar 9 diatas ini menggunakan 2 variabel input dari sensor DHT22 yakni suhu dan kelembaban yang dibaca dari sensor tersebut. Yang nantinya akan menghasilkan 1 output untuk mengaturkeluaran dari modul *AC Light Dimmer*. Dibawah ini



adalah tahapan dalam perancangan *fuzzy logic control* menggunakan software MATLAB R2013a :

1) Fuzzyfikasi

Fuzzifikasi adalah suatu proses mengubah nilai numerik atau nilai crisp menjadi nilai keanggotaan dalam himpunan fuzzy. Dalam metode mamdani ini, fuzzifikasi melibatkan pengubahan nilai masukan crisp menjadi nilai keanggotaan pada himpunan fuzzy yang relevan. Proses ini sangat penting dalam pembuatan fuzzy untuk memproses informasi yang lebih fleksibel dan lebih mendekati cara manusia berfikir. Di bawah ini akan dijelaskan proses fuzzifikasi menggunakan aplikasi MATLAB R2013a dengan penggunaan rumus untuk linear trapesium pada rumus 3.1 dan untuk rumus linear segetiga pada 3.2 seperti dibawah.

Linear trapesium $0, \text{if } d \leq x \leq a$ $\frac{x-a}{b-a}, \text{if } a \leq x \leq b$ $1, \text{if } b \leq x \leq c$ $\frac{d-x}{d-c}, \text{if } c \leq x \leq$	(3.1)
Linear segetiga $0, \text{if } d \leq x \leq a$ $\frac{x-a}{b-a}, \text{if } a \leq x \leq b$ $\frac{c-x}{c-b}, \text{if } b \leq x \leq c$	(3.2)

• **Input Suhu DHT22**

Tabel 2 Variabel Linguistik Suhu DHT22

Suhu	Variabel Linguistik Suhu DHT22
20°C – 39°C	Dingin
37.5°C – 39.5°C	Ideal
39°C - 43°C	Panas

Domain : [20 43]
 Parameter Dingin : [17.7 19.9 37.46 38.3]
 Parameter Ideal : [37.52 38.28 39.52]
 Parameter Panas : [38.6 39.3 44.5 47.6]

- **Dingin**

Dengan rumus (3.1).

$$0, \text{if } 38.3 \leq x \leq 17.7$$

$$\frac{x-17.7}{19.9-17.7}, \text{if } 17.7 \leq x \leq 19.9$$

$$1, \text{if } 19.9 \leq x \leq 37.46$$

$$\frac{38.3-x}{38.3-37.46}, \text{if } 37.46 \leq x \leq 38.3$$

- **Ideal**

Dengan rumus (3.2).

$$0, \text{if } 39.52 \leq x \leq 37.52$$



$$\frac{x - 37.52}{38.28 - 37.52}, \text{ if } 37.52 \leq x \leq 38.28$$

$$\frac{39.52 - x}{39.52 - 38.28}, \text{ if } 38.28 \leq x \leq 39.52$$

- **Panas**

Dengan rumus (3.1).

$$0, \text{ if } 47.6 \leq x \leq 38.6$$

$$\frac{x - 38.6}{39.3 - 38.6}, \text{ if } 38.6 \leq x \leq 39.3$$

$$1, \text{ if } 39.3 \leq x \leq 44.5$$

$$\frac{44.6 - x}{44.6 - 47.6}, \text{ if } 44.6 \leq x \leq 47.6$$

• **Input Kelembaban DHT22**

Tabel 3 Variabel Linguistik Kelembaban DHT22

Kelembaban	Variabel Linguistik Kelembaban DHT22
30% - 51%	Kering
49% - 55%	Ideal2
53% - 90%	Lembab

Domain : [30 90]
 Parameter Dingin : [16.1 22.6 51.16 54]
 Parameter Ideal : [51.8 53.5 56.16 57.8]
 Parameter Panas : [55.9 58.33 95.5 101]

- **Kering**

Dengan rumus (3.1).

$$0, \text{ if } 54 \leq x \leq 16.1$$

$$\frac{x - 16.1}{22.6 - 16.1}, \text{ if } 16.1 \leq x \leq 22.6$$

$$1, \text{ if } 22.6 \leq x \leq 51.16$$

$$\frac{54 - x}{54 - 51.16}, \text{ if } 51.16 \leq x \leq 54$$

- **Ideal2**

Dengan rumus (3.2).

$$0, \text{ if } 57.8 \leq x \leq 51.8$$

$$\frac{x - 51.8}{53.5 - 51.8}, \text{ if } 51.8 \leq x \leq 53.5$$

$$1, \text{ if } 53.5 \leq x \leq 56.16$$

$$\frac{57.8 - x}{57.8 - 56.16}, \text{ if } 56.16 \leq x \leq 57.8$$

- **Lembab**

Dengan rumus (3.1).

$$0, \text{ if } 101 \leq x \leq 55.9$$

$$\frac{x - 59.9}{58.33 - 59.9}, \text{ if } 59.9 \leq x \leq 58.33$$

$$1, \text{ if } 59.9 \leq x \leq 95.5$$



$$\frac{101 - x}{101 - 95.5}, \text{if } 95.5 \leq x \leq 101$$

• **Output**

Tabel 4 Variabel Linguistik Output

Output	Variabel Linguistik Output
180 – 210	Redup
200 – 235	Ideal3
225 - 255	Terang

Domain : [180 255]
 Parameter Dingin : [160 170 200.3 210]
 Parameter Ideal : [200 212 222 235]
 Parameter Panas : [225 232 260 280]

- **Redup**

Dengan rumus (3.1).

$$0, \text{if } 210 \leq x \leq 160$$

$$\frac{x - 160}{170 - 160}, \text{if } 160 \leq x \leq 170$$

$$1, \text{if } 170 \leq x \leq 200.3$$

$$\frac{210 - x}{210 - 200.3}, \text{if } 200.3 \leq x \leq 210$$

- **Ideal3**

Dengan rumus (3.2).

$$0, \text{if } 235 \leq x \leq 200$$

$$\frac{x - 200}{212 - 200}, \text{if } 200 \leq x \leq 212$$

$$1, \text{if } 212 \leq x \leq 222$$

$$\frac{235 - x}{235 - 222}, \text{if } 222 \leq x \leq 235$$

- **Terang**

Dengan rumus (3.1).

$$0, \text{if } 280 \leq x \leq 225$$

$$\frac{x - 225}{232 - 225}, \text{if } 225 \leq x \leq 232$$

$$1, \text{if } 232 \leq x \leq 260$$

$$\frac{280 - x}{280 - 260}, \text{if } 260 \leq x \leq 280$$

2) Inferensi Fuzzy

Inferensi fuzzy adalah proses pengambilan keputusan atau penarikan kesimpulan berdasarkan aturan linguistik yang telah ditentukan dalam sistem logika fuzzy [7]. Pada proses ini melibatkan pemrosan informasi fuzzy (tidak pasti) untuk menghasilkan keluaran yang tidak berstruktur dan bermakna. Pada proses inferensi ini juga melibatkan kombinasi linguistik IF-THEN yang menghubungkan himpunan fuzzy masukan dengan himpunan fuzzy keluaran akhir berdasarkan nilai keanggotaan pada himpunan fuzzy masukan.

Tabel 5 Aturan Dasar Fuzzy

Input Suhu	Input Kelembaban	Output
------------	------------------	--------



Dingin	Kering	Ideal3
Dingin	Ideal2	Terang
Dingin	Lembab	Terang
Ideal	Kering	Redup
Ideal	Ideal2	Ideal3
Ideal	Lembab	Terang
Panas	Kering	Redup
Panas	Ideal2	Redup
Panas	Lembab	Ideal3

Dari Tabel 5 diatas fuzzy rule untuk mengontrol output terang redup lampu sebagai berikut :

- a. If (Suhu is Dingin) and (Kelembaban is Kering) then (Output is Ideal3)
- b. If (Suhu is Dingin) and (Kelembaban is Ideal2) then (Output is Terang)
- c. If (Suhu is Dingin) and (Kelembaban is Lembab) then (Output is Terang)
- d. If (Suhu is Ideal) and (Kelembaban is Kering) then (Output is Redup)
- e. If (Suhu is Ideal) and (Kelembaban is Ideal2) then (Output is Ideal3)
- f. If (Suhu is Ideal) and (Kelembaban is Lembab) then (Output is Terang)
- g. If (Suhu is Panas) and (Kelembaban is Kering) then (Output is Redup)
- h. If (Suhu is Panas) and (Kelembaban is Ideal2) then (Output is Redup)
- i. If (Suhu is Panas) and (Kelembaban is Lembab) then (Output is Ideal3)

3) Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah sebuah proses kebalikan dari proses fuzzifikasi. Dengan cara mengubah himpunan fuzzy menjadi keluaran crisp (tegas) [8]. Proses ini merupakan gabungan dari beberapa proses himpunan fuzzy set yang diperoleh dari data nilai maksimum dari setiap linguistik keluarannya. Setelah itu data diolah menggunakan metode Weight Average. Metode ini diambil dari rata-rata dengan menggunakan nilai derajat keanggotaan dari proses komposisi fuzzy set menggunakan model Mamdani.

2.8 Perancangan Fuzzy Mamdani Metode Centroid Secara Manual

Sistem inferensi *fuzzy* Metode Mamdani dikenal juga dengan nama metode Min-Max, yaitu dengan mencari nilai minimum dari setiap aturan dan nilai maksimum dari gabungan konsekuensi setiap aturan tersebut [9]. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim H. Mamdani pada tahun 1975. Dalam penggunaan Sistem Inferensi *fuzzy* Metode Mamdani lebih banyak digunakan karena memiliki keunggulan intuitif, sudah digunakan secara luas dalam berbagai bidang keilmuan, sesuai untuk melakukan analisis lingkungan, output yang dihasilkan dinamis dan sesuai untuk sistem dengan human input. Penerapan metode mamdani dilakukan dengan empat langkah, yaitu fuzzyfikasi, Inferensi, komposisi aturan dan defuzzyfikasi. Pada fuzzyfikasi, data akan didefinisikan ke dalam variabel fuzzy sehingga diperoleh fungsi keanggotaan tiap himpunan fuzzy dalam variabel suhu, kelembaban, dan output. Pada tahap fuzzyfikasi diperoleh fungsi keanggotaan himpunan fuzzy dari setiap variabel. Fungsi keanggotaan dapat dilihat sebagai berikut :

- Variabel Suhu

Dari variabel suhu memiliki fungsi keanggotaan himpunan fuzzy variabel suhu sebagai berikut :

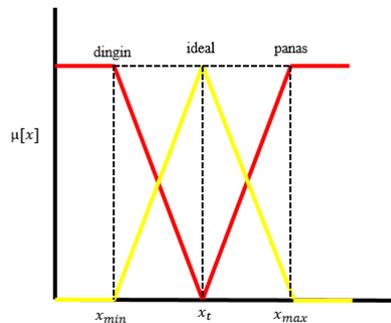


$$\mu_{suhudingin} |x| = \begin{cases} 1, & \text{if } x \leq x_{min} \\ \frac{x_t - x}{x_t - x_{min}}, & \text{if } x_{min} \leq x \leq x_t \\ 0, & \text{if } x \geq x_t \end{cases}$$

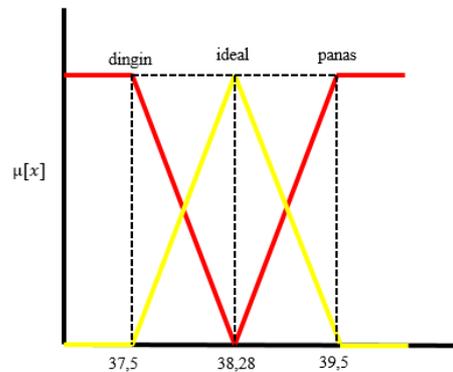
$$\mu_{suhuideal} |x| = \begin{cases} 1, & \text{if } x = x_{min} \\ \frac{x - x_{min}}{x_t - x_{min}}, & \text{if } x_{min} \leq x \leq x_t \\ \frac{x_{max} - x}{x_{max} - x_t}, & \text{if } x_t \leq x \leq x_{max} \\ 0, & \text{if } x \leq x_{min} \text{ atau } x \geq x_{max} \end{cases}$$

$$\mu_{suhupanas} |x| = \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq x_t \\ \frac{x - x_t}{x_{max} - x_t}, & \text{if } x_t \leq x \leq x_{max} \\ 0, & \text{if } x \geq x_{max} \end{cases}$$

Sehingga fungsi keanggotaan himpunan fuzzy variabel suhu dapat dipresentasikan pada Gambar 10 dan pada Gambar 11 adalah gambar fungsi keanggotaan himpunan fuzzy dari variabel suhu yang sudah ada nilainya.



Gambar 10 Fungsi Keanggotaan Himpunan *Fuzzy* dari Variabel Suhu



Gambar 11 Variabel Suhu

Dari himpunan fuzzy untuk variabel suhu dan data suhu sebagai contoh pada suhu 39°C diperoleh :

$$\mu_{suhudingin} [39] = 0$$

$$\mu_{suhuideal} [39] = 0,409$$

$$\mu_{suhupanas} [39] = 0,590$$

- Variabel Kelembaban
 Dari variabel kelembaban memiliki fungsi keanggotaan himpunan fuzzy variabel permintaan sebagai berikut :

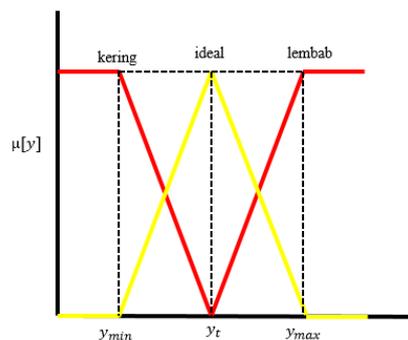


$$\mu_{\text{KelembabanKering}} |y| = \begin{cases} 1, & \text{if } y \leq y_{\min} \\ \frac{y_t - y}{y_t - y_{\min}}, & \text{if } y_{\min} \leq y \leq y_t \\ 0, & \text{if } y \geq y_t \end{cases}$$

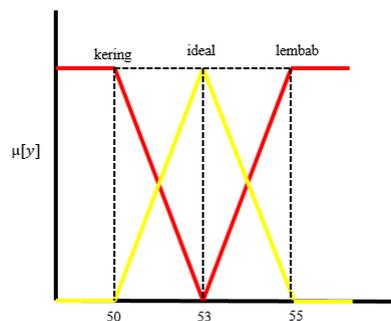
$$\mu_{\text{KelembabanIdeal}} |y| = \begin{cases} 1, & \text{if } y = y_{\min} \\ \frac{y - y_{\min}}{y_t - y_{\min}}, & \text{if } y_{\min} \leq y \leq y_t \\ \frac{y_{\max} - y}{y_{\max} - y_t}, & \text{if } y_t \leq y \leq y_{\max} \\ 0, & \text{if } y \leq y_{\min} \text{ atau } x \geq y_{\max} \end{cases}$$

$$\mu_{\text{KelembabanLembab}} |y| = \begin{cases} 0, & \text{if } y \leq y_t \\ \frac{y - y_t}{y_{\max} - y_t}, & \text{if } y_t \leq y \leq y_{\max} \\ 0, & \text{if } y \geq y_{\max} \end{cases}$$

Sehingga fungsi keanggotaan himpunan fuzzy variabel kelembaban dapat dipresentasikan pada Gambar 12 dan pada Gambar 13 adalah gambar fungsi keanggotaan himpunan fuzzy dari variabel kelembaban yang sudah ada nilainya.



Gambar 12 Fungsi Keanggotaan Himpunan dari Variabel Kelembaban



Gambar 13 Variabel Kelembaban

Dari himpunan fuzzy untuk variabel kelembaban dan data kelembaban sebagai contoh pada kelembaban 52% diperoleh :

$$\mu_{\text{KelembabanKering}} [52] = 0,33$$

$$\mu_{\text{KelembabanIdeal}} [52] = 0,66$$

$$\mu_{\text{KelembabanLembab}} [52] = 0$$

- Variabel Output



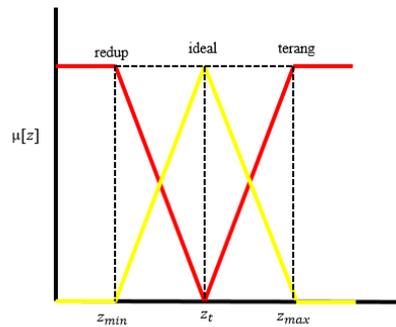
Dari variabel output memiliki fungsi keanggotaan himpunan fuzzy variabel permintaan sebagai berikut :

$$\mu_{\text{LampuRedup}} |z| = \begin{cases} 1, & \text{if } z \leq z_{\min} \\ \frac{z_t - z}{z_t - z_{\min}}, & \text{if } z_{\min} \leq z \leq z_t \\ 0, & \text{if } z \geq z_t \end{cases}$$

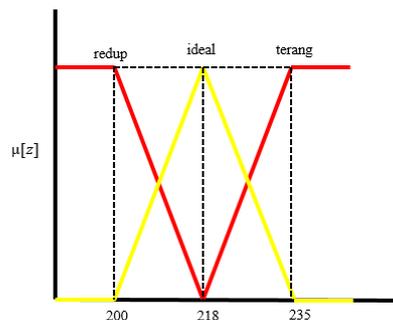
$$\mu_{\text{outputideal}} |z| = \begin{cases} 1, & \text{if } z = z_{\min} \\ \frac{z - z_{\min}}{z_t - z_{\min}}, & \text{if } z_{\min} \leq z \leq z_t \\ \frac{z_{\max} - z}{z_{\max} - z_t}, & \text{if } z_t \leq z \leq z_{\max} \\ 0, & \text{if } z \leq z_{\min} \text{ atau } z \geq z_{\max} \end{cases}$$

$$\mu_{\text{outputterang}} |z| = \begin{cases} 0, & \text{if } z \leq z_t \\ \frac{z - z_t}{z_{\max} - z_t}, & \text{if } z_t \leq z \leq z_{\max} \\ 0, & \text{if } z \geq z_{\max} \end{cases}$$

Sehingga fungsi keanggotaan himpunan fuzzy variabel output dapat dipresentasikan pada Gambar 14 dan pada Gambar 15 adalah gambar fungsi keanggotaan himpunan fuzzy dari variabel kelembaban yang sudah ada nilainya.



Gambar 14 Fungsi Keanggotaan Himpunan *fuzzy* dari variabel output



Gambar 15 Variabel Output

Inferensi fuzzy adalah tahap penggabungan banyak aturan fuzzy berdasarkan data yang tersedia. Dengan mengkombinasikan himpunan fuzzy menggunakan metode mamdani diperoleh 9 aturan fuzzy sebagai berikut :

[R1] If suhudingin And kelembabankering Then lampuideal

$$\alpha_1 = \mu_{\text{suhudingin}} \cap \mu_{\text{kelembabankering}}$$

$$\alpha_1 = \min(\mu_{\text{suhudingin}} [39], \mu_{\text{kelembabankering}} [52])$$

$$\alpha_1 = \min(0; 0,33) = 0$$

[R2] If suhudingin And kelembabanideal Then lampuiterang



$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \mu_{\text{suhudingin}} \cap \mu_{\text{kelembabanideal}} \\ \alpha_1 &= \min(\mu_{\text{suhudingin}} [39], \mu_{\text{kelembabanideal}} [52]) \\ \alpha_1 &= \min(0; 0,66) = 0 \\ \text{[R3] If suhudingin And kelembabanlembab Then lamputerang} \\ \alpha_1 &= \mu_{\text{suhudingin}} \cap \mu_{\text{kelembabanlembab}} \\ \alpha_1 &= \min(\mu_{\text{suhudingin}} [39], \mu_{\text{kelembabanlembab}} [52]) \\ \alpha_1 &= \min(0; 0) = 0 \\ \text{[R4] If suhuideal And kelembabankering Then lampuredup} \\ \alpha_1 &= \mu_{\text{suhuideal}} \cap \mu_{\text{kelembabankering}} \\ \alpha_1 &= \min(\mu_{\text{suhuideal}} [39], \mu_{\text{kelembabankering}} [52]) \\ \alpha_1 &= \min(0,409; 0,33) = 0,33 \\ \text{[R5] If suhuideal And kelembabanideal Then lampuideal} \\ \alpha_1 &= \mu_{\text{suhuideal}} \cap \mu_{\text{kelembabanideal}} \\ \alpha_1 &= \min(\mu_{\text{suhuideal}} [39], \mu_{\text{kelembabanideal}} [52]) \\ \alpha_1 &= \min(0,409; 0,66) = 0,409 \\ \text{[R6] If suhuideal And kelembabanlembab Then lamputerang} \\ \alpha_1 &= \mu_{\text{suhuideal}} \cap \mu_{\text{kelembabanlembab}} \\ \alpha_1 &= \min(\mu_{\text{suhuideal}} [39], \mu_{\text{kelembabanlembab}} [52]) \\ \alpha_1 &= \min(0,409; 0) = 0 \\ \text{[R7] If suhupanas And kelembabankering Then lampuredup} \\ \alpha_1 &= \mu_{\text{suhupanas}} \cap \mu_{\text{kelembabankering}} \\ \alpha_1 &= \min(\mu_{\text{suhupanas}} [39], \mu_{\text{kelembabankering}} [52]) \\ \alpha_1 &= \min(0,509; 0,33) = 0,33 \\ \text{[R8] If suhupanas And kelembabanideal Then lampuredup} \\ \alpha_1 &= \mu_{\text{suhupanas}} \cap \mu_{\text{kelembabanideal}} \\ \alpha_1 &= \min(\mu_{\text{suhupanas}} [39], \mu_{\text{kelembabanideal}} [52]) \\ \alpha_1 &= \min(0,509; 0,66) = 0,509 \\ \text{[R9] If suhupanas And kelembabanlembab Then lampuideal} \\ \alpha_1 &= \mu_{\text{suhupanas}} \cap \mu_{\text{kelembabanlembab}} \\ \alpha_1 &= \min(\mu_{\text{suhupanas}} [39], \mu_{\text{kelembabanlembab}} [52]) \\ \alpha_1 &= \min(0,509; 0) = 0 \end{aligned}$$

Hasil aplikasi fungsi implikasi tiap aturan fuzzy, digunakna metode MAX untuk melakukan komposisi aturan. Aturan yang digunakna adalah aturan yang menghasilkan nilai α – predikat $\neq 0$ sehingga doiperoleh :

$$\begin{aligned} \text{[R4] If suhuideal And kelembabankering Then lampuredup} \\ \alpha_1 &= \mu_{\text{suhuideal}} \cap \mu_{\text{kelembabankering}} \\ \alpha_1 &= \min(\mu_{\text{suhuideal}} [39], \mu_{\text{kelembabankering}} [52]) \\ \alpha_1 &= \min(0,409; 0,33) = 0,33 \\ \text{[R5] If suhuideal And kelembabanideal Then lampuideal} \\ \alpha_1 &= \mu_{\text{suhuideal}} \cap \mu_{\text{kelembabanideal}} \\ \alpha_1 &= \min(\mu_{\text{suhuideal}} [39], \mu_{\text{kelembabanideal}} [52]) \\ \alpha_1 &= \min(0,409; 0,66) = 0,409 \\ \text{[R7] If suhupanas And kelembabankering Then lampuredup} \\ \alpha_1 &= \mu_{\text{suhupanas}} \cap \mu_{\text{kelembabankering}} \\ \alpha_1 &= \min(\mu_{\text{suhupanas}} [39], \mu_{\text{kelembabankering}} [52]) \end{aligned}$$



$$\alpha_1 = \min(0,509; 0,33) = 0,33$$

[R8] If suhupanas And kelembabanideal Then lampuredup

$$\alpha_1 = \mu_{suhupanas} \cap \mu_{kelembabanideal}$$

$$\alpha_1 = \min(\mu_{suhupanas} [39], \mu_{kelembabanideal} [52])$$

$$\alpha_1 = \min(0,509; 0,66) = 0,509$$

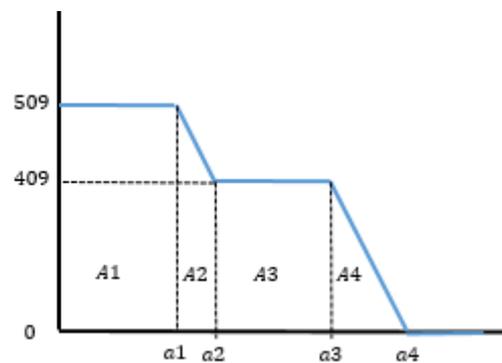
Dari 4 aturan fuzzy diperoleh batas komposisi aturan fuzzy sebagai berikut :

$$\mu_{sf}(x_{bredup}) = \max(0,33 : 0,509) = 0,509$$

$$\mu_{sf}(x_{ideal}) = \max(0,409) = 0,409$$

$$\mu_{sf}(x_{terang}) = 0$$

Sehingga dari komposisi aturan dapat diperoleh solusi daerah hasil fuzzy seperti gambar 16 dibawah ini.



Gambar 16 Solusi daerah hasil fuzzy

Pada solusi daerah hasil fuzzy yang diperoleh dibagi menjadi lima daerah, yaitu

A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 . Dicari nilai a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 .

$$\frac{a_1 - 200}{218 - 200} = 0,509 \rightarrow a_1 = (0,509 \times 18) + 200 = 209,162$$

$$\frac{218 - 200}{235 - a_2} = 0,409 \rightarrow a_2 = (0,409 \times 18) + 200 = 207,362$$

$$\frac{218 - 200}{235 - a_3} = 0,409 \rightarrow a_3 = 235 - (0,409 \times 17) = 228,047$$

$$\frac{235 - 218}{235 - a_4} = 0 \rightarrow a_4 = 235 - (0 \times 17) = 235$$

Dengan demikian diperoleh fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi sebagai berikut :

$$\mu|z| = \begin{cases} 0,509, & \text{if } z \leq 209,162 \\ \frac{z - 200}{18}, & \text{if } 209,162 \leq z \leq 207,362 \\ 0,409, & \text{if } 207,362 \leq z \leq 228,047 \\ \frac{235 - z}{17}, & \text{if } 228,047 \leq z \leq 235 \end{cases}$$

Pada proses defuzzyfikasi untuk menentukan output lampu pada metode mamdani dapat menggunakan metode *centroid* atau metode terpusat [10]. Dengan jumlah suhu sebesar 39° dan kelembaban sebesar 52% maka diperoleh :

$$\begin{aligned} M_1 &= \int_0^{209,162} 0,509 z \, dz \\ &= 11134,0549 \\ M_2 &= \int_{207,362}^{209,162} \frac{z - 200}{18} z \, dz \\ &= 172,09309 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 M_2 &= \int_{207,362}^{228,047} 0,409 \ x \ dz \\
 &= 1841,815999 \\
 M_4 &= \int_{228,047}^{235} \frac{235 - z}{17} \ z \ dz \\
 &= 327,55287 \\
 A_1 &= \int_0^{209,162} 0,509 \ dz \\
 &= 106,463458 \\
 A_2 &= \int_{207,362}^{209,162} \frac{z - 200}{18} \ dz \\
 &= 0,8262 \\
 A_3 &= \int_{207,362}^{228,047} 0,409 \ dz \\
 &= 8,460165 \\
 A_4 &= \int_{228,047}^{235} \frac{235 - z}{17} \ dz \\
 &= 1,42189
 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh hasil momen dan luas tiap daerah hasil, dicari nilai dari centroid, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Z^* &= \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{\sum_{j=1}^n M_j} \\
 Z^* &= \frac{M_1 + M_2 + M_3 + M_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} \\
 Z^* &= \frac{11134,0549 + 172,09309 + 1841,815999 + 327,55287}{106,463458 + 0,8262 + 8,460165 + 1,42189} \\
 Z^* &= \frac{13475,516859}{117,171713} \\
 Z^* &= 215,00
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan menggunakan metode mamdani, berdasarkan suhu 39°C dan kelembaban sebesar 52% maka akan menghasilkan output 215,00. Terdapat 4 langkah untuk menentukan fuzzy metode Mamdani berdasarkan suhu dan kelembaban, yaitu : mendefinisikan variabel (Fuzzyfikasi), inferensi fuzzy, komposisi aturan dan defuzzifikasi. Dalam mendefinisikan variabel fuzzy, nilai keanggotaan himpunan suhu dan kelembaban dicari menggunakan fungsi himpunan fuzzy dengan memperhatikan nilai maksimum dan minimum data satu periode terakhir dari tiap variabel. Nilai keanggotaan himpunan fuzzy dari tiap variabel digunakan pada tahap selanjutnya, yaitu tahap inferensi fuzzy [10]. Dengan mengkokmbinasikan himpunan-himpunan fuzzy tersebut maka diperoleh 9 aturan fuzzy yang selanjtnya menentukan komposisi aturan menggunakan fungsi max dan mencari output crisp (Defuzzifikasi). Dalam proses defuzzifikasi digunakan metode Centroid seeptri yang telah saya jelaskan diatas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Sensor DHT22

Pengujian sensor DHT22 ini bertujuan untuk mengecek apakah sensor dapat membaca suhu dan kelembaban yang akan ditampilkan pada LCD 16 x2 itu sudah berjalan dengan baik.

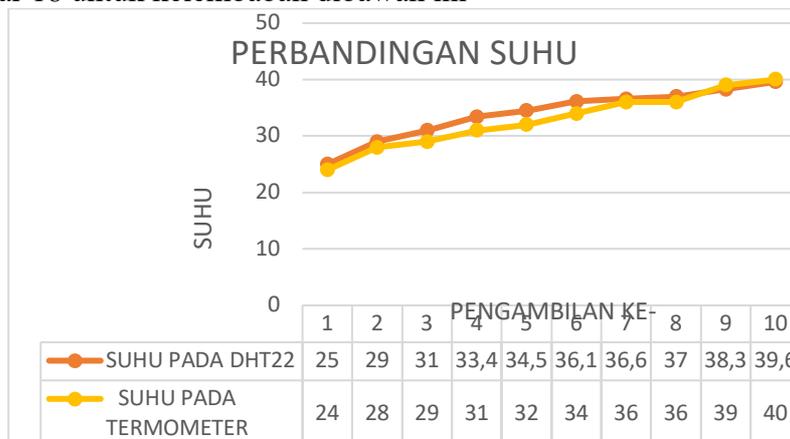


Untuk pengujian kali ini saya menggunakan pembanding yakni termometer sebagai pembanding suhu dan higrometer sebagai pembanding kelembaban. Hasil dari pengujian ini ditampilkan pada tabel 6 dibawah ini.

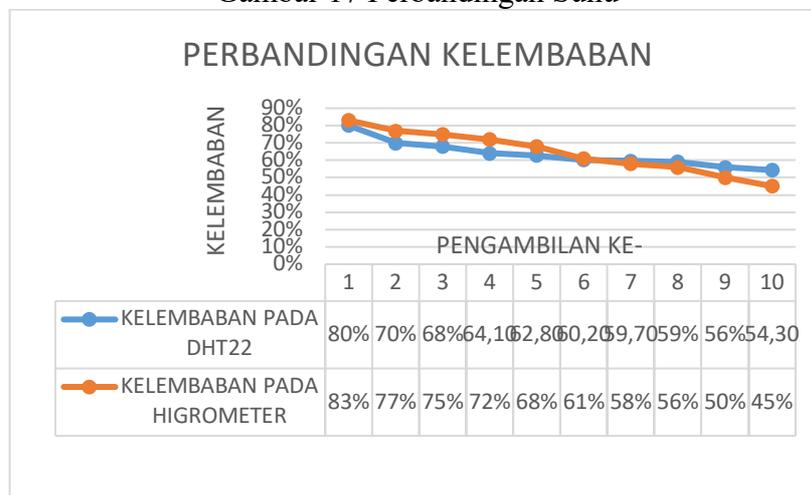
Tabel 6 Hasil Data Pengujian Sensor DHT22 dan LCD 16x2

Suhu Pada DHT22	Suhu Pada Termometer	<i>Error</i> (%)	Kelembaban Pada DHT22	Kelembaban Pada Higrometer	<i>Error</i> (%)
25.00°C	24.00°C	0.1%	80.00%	83.00%	0,3%
29.00°C	28.00°C	0.1%	70.00%	77.00%	0.7%
31.00°C	29.00°C	0.2%	68.00%	75.00%	0.7%
33.40°C	31.00°C	0.24%	64.10%	72.00%	0.79%
34.50°C	32.00°C	0.25%	62.80%	68.00%	0.52%
36.10°C	34.00°C	0.21%	60.20%	61.00%	0.08%
36.60°C	36.00°C	0.06%	59.70%	58.00%	0.17%
37.00°C	36.00°C	0.1%	59.00%	56.00%	0.3%
38.30°C	39.00°C	0.07%	56.00%	50.00%	0.6%
39.60°C	40.00°C	0.04%	54.30%	45.00%	0.93%
Rata – rata <i>error</i>		0.137%	Rata – rata <i>error</i>		0.509%

Dari Tabel 6 diatas menghasilkan gambar grafik yang ditunjukkan pada Gambar 17 untuk suhu dan Gambar 18 untuk kelembaban dibawah ini



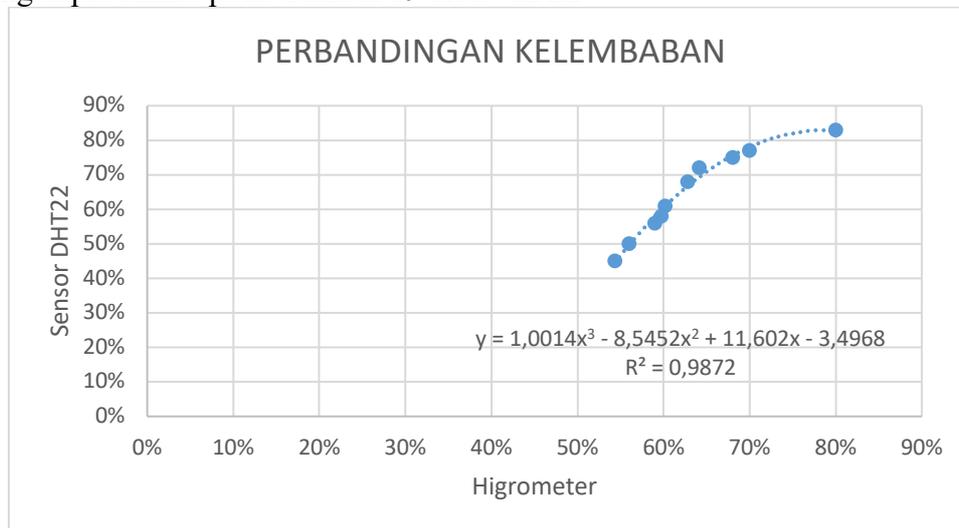
Gambar 17 Perbandingan Suhu



Gambar 18 Perbandingan Kelembaban



Pada hasil pengujian kelembaban terdapat perbandingan yang cukup jauh antara kelembaban yang dihasilkan dari sensor DHT22 dengan alat ukur kelembaban (higrometer). Jadi untuk percobaan pada higrometer dilakukan polinomial regrestion sehingga menghasilkan rumus yang dapat dilihat pada Gambar 19 dibawah ini



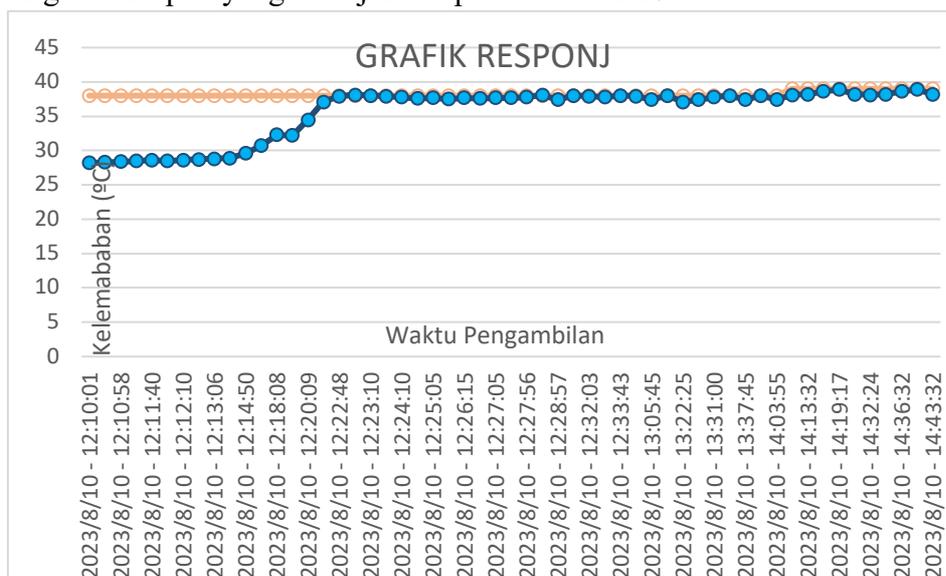
Gambar 19 PolinomialRegrestion Kelembaban

Pada Gambar 4.9 diatas adalah gambar dari hasil polinomial regrestion yang menghasilkan rumus seperti dibawah ini.

$$y = 1,0014x^3 - 8,5452x^2 + 11,602x - 3,4968$$
$$R^2 = 0,9872$$

3.2 Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan ini bertujuan untuk memastikan apakah program yang saya buat sudah sesuai dengan apa yang saya harapkan saat disimulasikan secara langsung. Dibawah ini adalah gambar grafik respon yang ditunjukkan pada Gambar 20.



Gambar 20 Gambar Grafik Respon



dikelolah menggunakan kontrol fuzzy metode mamdani. Output dari alat ini adalah lampu pijar sebagai *heater* yang diatur dutycyclenya menggunakan *AC light dimmer*. Kipas disini digunakan sebagai penurun suhu yang ada didalam alat penetas telur ayam ini. Untuk pengaturan waktu menggunakan RTCDS3231. Untuk menampilkan suhu, kelembaban dan waktu yang tertera pada LCD 16x2.

2. Pengontrolan suhu dapat bekerja sesuai set point yang diinginkan
3. Sensor DHT22 mampu melakukan pembacaan suhu dengan toleransi eror maksimal 0.25% dan untu kelembaban dengan toleransi maksimal 0.93%.
4. Alat ini sudah teruji untuk menetas telur ayam dengan presentasi 80% keberhasilannya. Dengan beberapa kali percobaan hasilnya cukup memuaskan karena presenasi keberhasilan yang cukup besar. Seperti contoh untuk menetas 10 telur vertil, yang berhasil menetas adalah 8 telur. Untuk 2 telur mengalami kegagalan menetas.

5. SARAN

Dalam pengembangan sistem ini ada beberapa hal yang belum dapat dirancang, diantaranya :

1. Untuk pengisian bak air kelembaban masih belum menggunakan sistem otomatis pengisian, jadi pada sistem ini dilakukan pengisian bak air secara manual. Mungkin untuk kedepannya bisa dikembangkan dengan pengisian bak air secara otomatis.
2. Masih terdapat beberapa eror pada program fuzzy yang ada pada arduino
3. Perlu ditambahkan fitur kamera sebagai sistem monitoring tanpa membuka alat penetas sama sekali saat proses penetasaan.
4. Perlu ditambahkan sistem monitoring jarak jauh yang bisa dikontrol melalui HP.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. N. D. Abdurohman, *Dunia Burung dan Serangga: Mengenal Fakta Sains dan Keunikannya*. Zikrul Hakim Bestari, 2014.
- [2] *BALAI BESAR PENGKAJIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PERTANIAN BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN KEMENTERIAN PERTANIAN*.
- [3] "Karomi, D. P. (2020)".
- [4] T. B. Pratomo, A. Dharmawan, A. Syoufian, dan T. W. Supardi, "Purwarupa Sistem Kendali Suhu dengan Pengendali PID pada Sistem Pemanas dalam Proses Refluks/Distilasi," *IJEIS*, vol. 3, no. 1, hlm. 23–34, 2013.
- [5] Ramdani, R., & Carudin, C. (2021). Implementasi Kendali Intensitas Cahaya Lampu dengan Internet Of Things Berbasis Arduino Uno menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 7(1), 51-58.
- [6] Krisnaningsih, A. N. (2023). *SISTEM KENDALI PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK BERBASIS LOGIKA FUZZY PADA BANGUNAN GEDUNG* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).
- [7] APRILIA, L. (2016). *Penerapan Algoritma Logika Fuzzy Sebagai Kontrol Gerak Pada Mobile Robot Untuk Menghindari Rintangan* (Doctoral dissertation, POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA).



- [8] Arisandi, D., & Puspitasari, I. PERANCANGAN BASIS PENGETAHUAN DENGAN LOGIKA FUZZY UNTUK DIAGNOSA GANGGUAN PERKEMBANGAN ANAK. [9] Munawaroh, S. (2010). *Menetaskan Telur Unggas*. Gorontalo : Balai Pengkajian Treknologi Pertanian Gorontalo
- [9] Munir, R. (2012). Sistem inferensi fuzzy. *Teknik Informatika STEI ITB*.
- [10] Purwandito, R., Suyitno, H., & Alamsyah, A. (2019). Penerapan Sistem Inferensi Fuzzy Metode Mamdani untuk Penentuan Jumlah Produksi Eggroll. *Unnes Journal of Mathematics*, 8(1), 107-116