

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan

Beberapa tahapan yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu analisis data, representasi data, hasil analisis data, dan perancangan sebagai berikut.

4.1.1 Analisis Data

Analisis data yang diperlukan untuk pembuatan perangkat kontrol suhu dan kelembaban otomatis menggunakan logika *fuzzy* berbasis IoT seperti analisis sistem *fuzzy*, analisis sensor suhu dan kelembaban, analisis perangkat lunak, dan analisis perangkat keras.

1. Analisis Sistem *Fuzzy*

Sistem *fuzzy* pada penelitian ini yaitu keluaran pompa air. Sistem ini berfungsi untuk mengeluarkan air pada pompa berdasarkan berapa suhu dan kelembaban yang terdeteksi oleh sensor DHT11.

2. Analisis Perangkat Lunak

Sebelum program *fuzzy* dibangun ke dalam mikrokontroler, pemilihan komponen perangkat keras memiliki dampak yang signifikan terhadap keluaran data jarak yang diterima. Hal ini dilakukan untuk mengurangi tingkat *error*. Selain itu, proses pemrograman compiler Arduino IDE melibatkan perhitungan manual untuk mencapai keakuratan dan ketepatan data.

3. Analisis Perangkat Keras

Komponen perangkat keras terdiri dari dua buah sensor DHT11 yang digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembaban ruangan, ESP8266 sebagai modul Wifi untuk transmisi data, satu buah Arduino Atmega328 sebagai tempat untuk memproses *fuzzy*, Pompa Air DC 12v untuk keluaran air dan relay untuk menghidupkan dan mematikan pompa air.

4.1.2 Representasi Data

1. Masukan Nilai *Crisp*

Jamur hidup dengan cara mengambil hasil lain dari organisme yang sudah mati dan biasanya jamur hanya tumbuh pada tempat-tempat yang lembab. Diketahui lingkungan hidup jamur dapat tumbuh dengan baik pada suhu 16°C - 30°C dengan kelembaban 80 - 95% Maka masukan yang berupa kadar suhu dan kelembaban yang berasal dari sensor DHT11 yang meliputi suhu dingin, suhu normal, suhu panas dan kelembaban kering, lembab dan basah berdasarkan sumber adalah sebagai berikut.

Suhu dingin : $0^{\circ}\text{C} < \text{kadar suhu} \leq 22^{\circ}\text{C}$

Suhu normal : $23^{\circ}\text{C} < \text{kadar suhu} \leq 28^{\circ}\text{C}$

Suhu panas : $29^{\circ}\text{C} < \text{kadar suhu} \leq 40^{\circ}\text{C}$

Kelembaban kering : $0\% < \text{kadar kelembaban} \leq 35\%$

Kelembaban lembab : $36\% < \text{kadar kelembaban} \leq 79\%$

Kelembaban basah : $80\% < \text{kadar kelembaban} \leq 100\%$

2. *Fuzzifikasi*

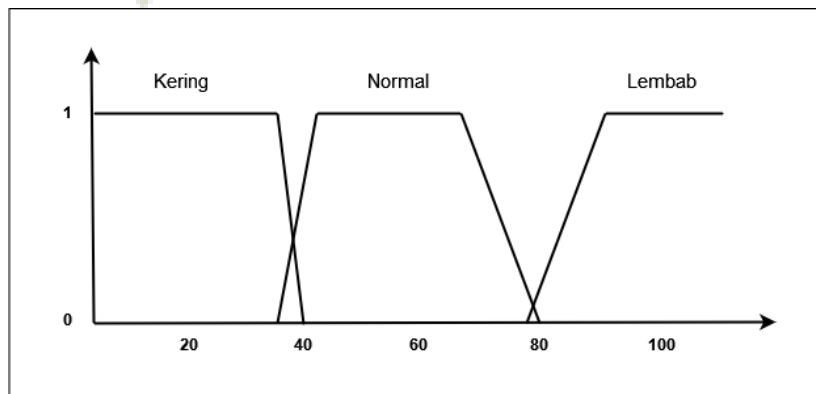
Setelah mendapatkan nilai masukan dari sensor, kemudian dilakukan proses *fuzzifikasi* untuk mendapatkan nilai derajat keanggotaan. Untuk itu, diperlukan fungsi keanggotaan masukan. Pada penelitian ini, memiliki dua fungsi keanggotaan yaitu fungsi keanggotaan masukan sensor, dan fungsi keanggotaan keluaran pompa air. Fungsi keanggotaan masukan sensor memiliki masukan yaitu suhu dan kelembaban, yang dimana suhu memiliki tiga himpunan *fuzzy* yaitu dingin, normal dan panas sedangkan kelembaban memiliki tiga himpunan *fuzzy* yaitu kering, lembab dan basah. Fungsi keanggotaan keluaran pompa air memiliki tiga himpunan *fuzzy* yaitu mati, sedang, lama. Himpunan *fuzzy* masing-masing variable dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut

4. 1 Himpunan *Fuzzy*

Fungsi	Variabel	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Domain
Input	Kadar suhu	Dingin	[0, 0, 22, 24]
		Normal	[22, 24, 28, 40]
		Panas	[28, 40, 60, 60]
	Kadar kelembaban	Kering	[0, 0, 35, 40]
		Normal	[35, 40, 65, 80]
		Lembab	[77, 90, 100, 100]
Output	Pompa Air	Mati	[0]
		Cepat	[0, 160000]
		Lama	[160000, 320000]

Pada fungsi keanggotaan masukan sensor ini menggunakan bentuk kurva segitiga karena perumusan matematika yang sederhana.

a. Himpunan Kelembaban



4. 1 Fungsi Keanggotaan Kelembaban Sensor DHT11

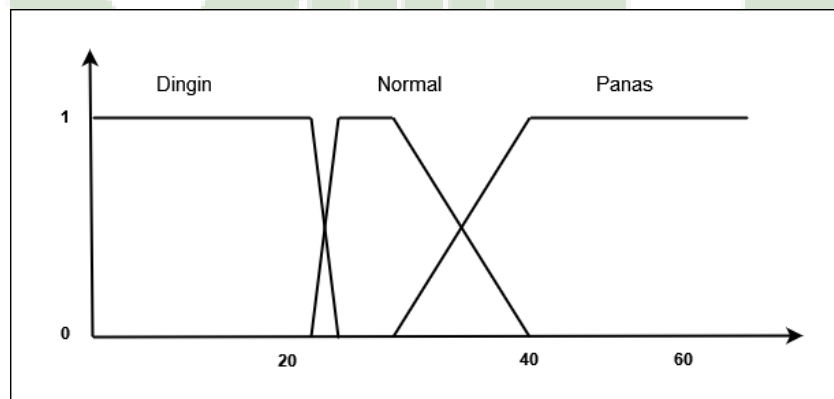
Dalam grafik fungsi keanggotaan kelembaban terdapat 3 bagian yaitu, kering, lembab dan basah. Untuk bagian kering berada pada rentang 0 sampai 35%, kemudian bagian normal berada pada rentang 36-79% dan bagian lembab berada di rentang 80-100% dan ketiganya menggunakan fungsi keanggotaan representasi kurva segitiga sebagai berikut.

$$\mu_{Kering} \begin{cases} 1; & x \leq 35 \\ \frac{40 - x}{40 - 35}; & 35 \leq x \leq 40 \\ 0; & x \geq 40 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal} \begin{cases} 0; & x \leq 35 \text{ atau } x \geq 80 \\ \frac{x - 35}{40 - 35}; & 35 \leq x \leq 40 \\ 1; & 40 \leq x \leq 65 \\ \frac{80 - x}{80 - 65}; & 65 \leq x \leq 80 \end{cases}$$

$$\mu_{Lembab} \begin{cases} 0; & x \leq 77 \\ \frac{x - 90}{90 - 77}; & 77 \leq x \leq 90 \\ 1; & x \geq 90 \end{cases}$$

b. Himpunan Suhu



4. 2 Fungsi Keanggotaan Suhu Sensor DHT11

Dalam grafik fungsi keanggotaan suhu terdapat 3 bagian yaitu, kering, lembab dan basah. Untuk bagian dingin berada pada rentang 0 – 21°C, kemudian

bagian normal berada pada rentang 22 – 28°C dan bagian panas berada di rentang 29 – 40°C dan ketiganya menggunakan fungsi keanggotaan representasi kurva segitiga sebagai berikut.

$$\mu_{Dingin} \begin{cases} 1; & x \leq 22 \\ \frac{24-x}{24-22}; & 22 \leq x \leq 24 \\ 0; & x \geq 24 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal} \begin{cases} 0; & x \leq 22 \text{ atau } \geq 40 \\ \frac{x-22}{24-22}; & 22 \leq x \leq 24 \\ 1; & 24 \leq x \leq 28 \\ \frac{40-x}{40-28}; & 28 \leq x \leq 40 \end{cases}$$

$$\mu_{Panas} \begin{cases} 0; & x \leq 28 \\ \frac{x-28}{40-28}; & 28 \leq x \leq 40 \\ 1; & x \geq 40 \end{cases}$$

3. Contoh Kasus Perhitungan Pada *Fuzzy*

Pada kasus ini diberikan nilai suhu sebesar 23°C dan diberikan juga nilai kelembaban sebesar 76%. Dengan menggunakan fungsi di atas maka untuk mendapat nilai *fuzzifikasi* dengan cara :

a. Fungsi keanggotaan Suhu

$$\text{Himpunan } \textit{fuzzy} \text{ dingin, } \mu_{Dingin} [23] = \frac{24-x}{24-22} = \frac{24-23}{24-22} = \frac{1}{4} = 0,25$$

$$\text{Himpunan } \textit{fuzzy} \text{ normal, } \mu_{Normal} [23] = \frac{x-22}{24-22} = \frac{23-22}{24-22} = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$\text{Himpunan } \textit{fuzzy} \text{ panas, } \mu_{Panas} [23] = 0$$

b. Fungsi keanggotaan Kelembaban

$$\text{Himpunan } \textit{fuzzy} \text{ kering, Kering [76] = 0}$$

$$\text{Himpunan } \textit{fuzzy} \text{ normal, Normal [76] = } \frac{80-x}{80-65} = \frac{80-76}{80-65} = \frac{5}{15} = 0,26$$

Himpunan fuzzy kering, Lembab [76] = 0

4. Evaluasi Aturan (*Rule evaluation*)

Terdapat 9 aturan *fuzzy* pada alat pengatur suhu dan kelembaban kumbung jamur, berikut aturan-aturannya :

[Aturan ke-1] If (kelembaban is Kering) and (suhu is Dingin) then (pompaAir is Lama)

[Aturan ke-2] If (kelembaban is Kering) and (suhu is Normal) then (pompaAir is Lama)

[Aturan ke-3] If (kelembaban is Kering) and (suhu is Panas) then (pompaAir is Lama)

[Aturan ke-4] If (kelembaban is Normal) and (suhu is Normal) then (pompaAir is Cepat)

[Aturan ke-5] If (kelembaban is Normal) and (suhu is Panas) then (pompaAir is Cepat)

[Aturan ke-6] If (kelembaban is Normal) and (suhu is Dingin) then (pompaAir is Mati)

[Aturan ke-7] If (kelembaban is Lembab) and (suhu is Dingin) then (pompaAir is Mati)

[Aturan ke-8] If (kelembaban is Lembab) and (suhu is Normal) then (pompaAir is Mati)

[Aturan ke-9] If (kelembaban is Lembab) and (suhu is panas) then (pompaAir is Cepat)

5. Komposisi Aturan

Komposisi aturan untuk alat pengatur suhu dan kelembaban kumbung jamur otomatis ini menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α -predikat setiap rule. Kemudian masing-masing nilai α -predikat ini digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas (*crisp*) pada masing-masing rule ($z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$). Pada contoh 1 diatas maka di dapat komposisi aturan sebagai berikut:

[Aturan ke-1] If (kelembaban is Kering) and (suhu is Dingin) then (pompaAir is 160000)

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat1} &= \mu_{\text{Kering}} \cap \mu_{\text{Dingin}} \\ &= \min(\mu_{\text{Kering}}[76], \mu_{\text{Dingin}}[23]) \\ &= \min(0; 0,25) \end{aligned}$$

$$= 0$$

[Aturan ke-2] If (kelembaban is Kering) and (suhu is Normal) then (pompaAir is 320000)

$$\begin{aligned}\alpha - predikat1 &= \mu_{Kering} \cap \mu_{Normal} \\ &= \min(\mu_{Kering}[76], \mu_{Normal}[23]) \\ &= \min(0; 0,5) \\ &= 0\end{aligned}$$

[Aturan ke-3] If (kelembaban is Kering) and (suhu is Panas) then (pompaAir is 320000)

$$\begin{aligned}\alpha - predikat1 &= \mu_{Kering} \cap \mu_{Panas} \\ &= \min(\mu_{Kering}[76], \mu_{Panas}[23]) \\ &= \min(0; 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

[Aturan ke-4] If (kelembaban is Normal) and (suhu is Normal) then (pompaAir is 160000)

$$\begin{aligned}\alpha - predikat1 &= \mu_{Normal} \cap \mu_{Normal} \\ &= \min(\mu_{Normal}[76], \mu_{Normal}[23]) \\ &= \min(0,26; 0,5) \\ &= 0,26\end{aligned}$$

[Aturan ke-5] If (kelembaban is Normal) and (suhu is Panas) then (pompaAir is 320000)

$$\begin{aligned}\alpha - predikat1 &= \mu_{Normal} \cap \mu_{Panas} \\ &= \min(\mu_{Normal}[76], \mu_{Panas}[23]) \\ &= \min(0,26; 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

[Aturan ke-6] If (kelembaban is Normal) and (suhu is Dingin) then (pompaAir is 0)

$$\begin{aligned}\alpha - predikat1 &= \mu_{Normal} \cap \mu_{Dingin} \\ &= \min(\mu_{Normal}[76], \mu_{Dingin}[23]) \\ &= \min(0,26; 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

[Aturan ke-7] If (kelembaban is Lembab) and (suhu is Dingin) then (pompaAir is 0)

$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{predikat1} &= \mu_{\text{Lembab}} \cap \mu_{\text{Dingin}} \\
 &= \min(\mu_{\text{Lembab}}[76], \mu_{\text{Dingin}}[23]) \\
 &= \min(0; 0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

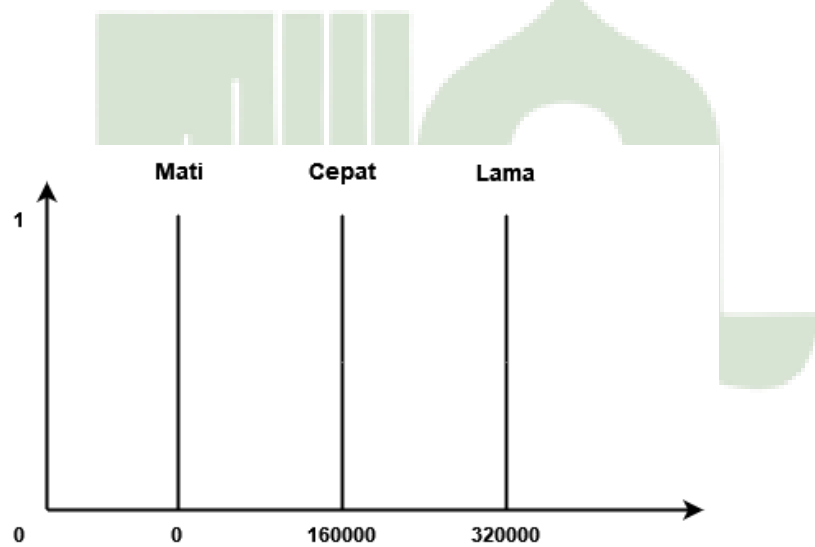
[Aturan ke-8] If (kelembaban is Lembab) and (suhu is Normal) then (pompaAir is 0)

$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{predikat1} &= \mu_{\text{Lembab}} \cap \mu_{\text{Normal}} \\
 &= \min(\mu_{\text{Lembab}}[76], \mu_{\text{Normal}}[23]) \\
 &= \min(0; 0,25) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

[Aturan ke-9] If (kelembaban is Basah) and (suhu is panas) then (pompaAir is 160000)

$$\begin{aligned}
 \alpha - \text{predikat1} &= \mu_{\text{Lembab}} \cap \mu_{\text{Panas}} \\
 &= \min(\mu_{\text{Lembab}}[76], \mu_{\text{Panas}}[23]) \\
 &= \min(0; 0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

6. Defuzifikasi



4. 3 Fungsi Keanggotaan Keluaran *Fuzzy*

Terlihat gambar dibawah ini merupakan fungsi keanggotaan dari keluaran *fuzzy*.

Pada proses *defuzzifikasi fuzzy* Sugeno ini digunakan metode rata-rata (*average*).

Dari contoh kasus 1 maka di dapat hasil *defuzzifikasi* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
& \frac{\alpha_{pred_1} * z_1 + \alpha_{pred_2} * z_2 + \alpha_{pred_3} * z_3 + \alpha_{pred_4} * z_4 + \alpha_{pred_5} * z_5 + \alpha_{pred_6} * z_6 + \alpha_{pred_7} * z_7 + \alpha_{pred_8} * z_8 + \alpha_{pred_9} * z_9}{\alpha_{pred_1} + \alpha_{pred_2} + \alpha_{pred_3} + \alpha_{pred_4} + \alpha_{pred_5} + \alpha_{pred_6} + \alpha_{pred_7} + \alpha_{pred_8} + \alpha_{pred_9}} \\
& = \frac{0 * 160000 + 0 * 320000 + 0 * 320000 + 0,2 * 160000 + 0 * 160000 + 0 * 0 + 0 * 0 + 0 * 0 + 0 * 160000}{0 + 0 + 0 + 0,26 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0} \\
& = \frac{32000}{0,2} \\
& = 160000
\end{aligned}$$

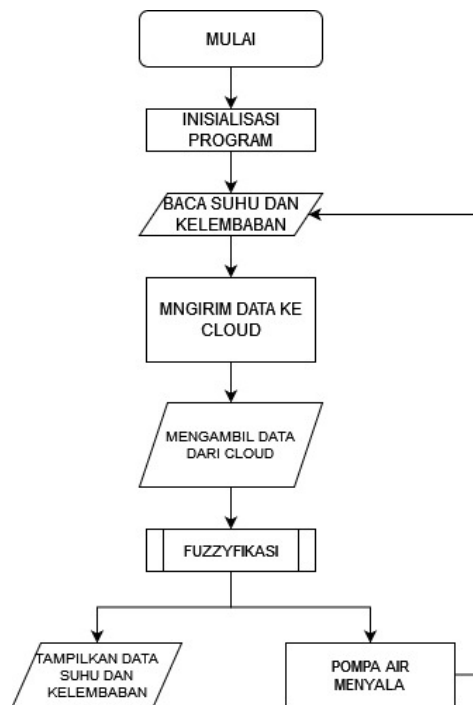
4.1.3 Hasil Analisis Data

Setelah menganalisis data diatas, maka didapatkan hasil analisis data yang meliputi sensor sebagai masukan, serta faktor-faktor yang lain. Selain itu, analisis rangkaian *hardware* dari setiap komponen yang rentan terhadap air yang dapat menyebabkan menurunnya kinerja dari rangkaian komponen pada sistem.

4.1.4 Perancangan

1. Flowchart

Pada tahap ini, dilakukan penjelasan alur flow diagram kerja sistem yang dibuat dalam bentuk *flowchart* guna untuk menggambarkan urutan proses kerja dalam sebuah program. Berikut *flowchart* program yang dibuat untuk alat pengatur suhu dan kelembaban kumbung jamur tiram pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. 4 Flowchart Cara Kerja Alat

2. Perancangan Alat

Dari beberapa tahapan proses kerja, telah dibuat prototipe dari penerapan Internet of things pada perancangan alat monitoring suhu dan kelembaban kumbung jamur otomatis ini. Alat ini mampu menjalankan sistem dengan keluaran pompa air tergantung dari suhu dan kelembaban yang telah ditentukan pada listing program dengan menggunakan logika *fuzzy*. Alat ini terdiri dari perangkat hardware yang berupa Arduino UNO, sensor DHT11, ESP8266, Relay, Pompa Air DC, dan Kabel Jumper.

3. Program Fuzzy

Pada pembuatan sistem ini menggunakan aplikasi Arduino IDE. Program ditulis menggunakan bahasa pemrograman C pada sketch aplikasi arduino. Proses dalam algoritma *fuzzy* disini terdiri dari tahap *Fuzzifikasi* dan *Rule Evaluation*:

```
float suhu, lembab, out;  
float panas, normal, dingin;  
float kering, Inormal, lembab1;  
float mati, cepat, lama;  
float rule1, rule2, rule3, rule4, rule5, rule6, rule7, rule8, rule9;  
float mrule1, mrule2, mrule3, mrule4, mrule5, mrule6, mrule7,  
mrule8, mrule9;
```

```
unsigned char suhuDingin(){  
    if (suhu <= 22){  
        dingin = 1;  
    }  
    else if (suhu >= 22 && suhu <= 24){  
        dingin = (24 - suhu)/2;  
    }  
    else if (suhu >= 22){  
        dingin = 0;  
    }  
    return dingin;  
}
```

```
unsigned char suhuNormal(){  
    if (suhu <=22 || suhu >=40) {  
        normal = 0;  
    }  
    else if (suhu >= 22 && suhu <= 24){  
        normal = (suhu - 22)/2;  
    }  
    else if (suhu >= 24 && suhu <= 28){
```

```
    normal = 1;
}else if (suhu >= 28 && suhu <=40){
    normal = (40 - suhu)/12;
}
return normal;
}
```

```
unsigned char suhuPanas(){
    if (suhu >= 40 ){
        panas = 1;
    }
    else if (suhu >= 28 && suhu <= 40){
        panas = (suhu - 28)/11;
    }
    else if ( suhu <= 28){
        panas = 0;
    }
    return panas;
}
```

```
unsigned char lembabKering(){
    if (lembab <= 35){
        kering = 1;
    }
    else if (lembab >=36 && lembab <=40){
        kering = (40 - lembab)/4;
    }
    else if (lembab >=40){
        kering = 0;
    }
}
```

```
    }  
  }  
  unsigned char lembabNormal(){  
    if (lembab <= 35 || lembab >= 79){  
      Inormal = 0;  
    }  
    else if (lembab >=36 && lembab <=40){  
      Inormal = (lembab - 36)/4;  
    }  
    else if (lembab >= 40 && lembab <= 65){  
      Inormal = 1;  
    }  
    else if (lembab >= 65 && lembab <= 79){  
      Inormal = (79 - lembab)/14;  
    }  
    return Inormal;  
  }  
  unsigned char lembabLembab(){  
    if (lembab >= 90){  
      lembab1 = 1;  
    }  
    else if (lembab >=77 && lembab <=90){  
      lembab1 = (lembab - 77)/13;  
    }  
    else if (lembab <= 77){  
      lembab1 = 0;  
    }  
    return lembab1;  
  }
```

```
}  
  
void fuzzyfikasi(){  
    suhuDingin();  
    suhuNormal();  
    suhuPanas();  
    lembabKering();  
    lembabNormal();  
    lembabLembab();  
}  
  
void rule(){  
    fuzzyfikasi();  
    //jika lembab dan dingin maka cepat  
    mrule1 = min(kering, dingin);  
    rule1 = 160000;  
  
    //jika kering dan normal maka lama  
    mrule2 = min(kering, normal);  
    rule2 = 320000;  
  
    // jika kering dan panas maka lama  
    mrule3 = min (kering, panas);  
    rule3 = 320000;  
  
    //jika normal dan normal maka cepat  
    mrule4 = min (lnormal, normal);  
    rule4 = 160000;
```

```

//jika normal dan panas maka cepat
mrule5 = min (lnormal, panas);
rule5 = 160000;

//jika normal dan dingin maka cepat
mrule6 = min (lnormal, dingin);
rule6 = 160000;

//jika lembab dan dingin maka mati
mrule7 = min (lembab1, dingin);
rule7 = 0;

//jika lembab dan normal maka mati
mrule8 = min (lembab1, normal);
rule8 = 0;

mrule9 = min (lembab1, panas);
rule9 = 160000;
}
void defuzifikasi(){
    rule ();
// out = (dingin * rule1) + (hangat * rule2b) + (panas * rule3)/(dingin
+ hangat + panas);
    float jumlah, jumlah1;

    jumlah = (mrule1 * rule1) + (mrule2 * rule2) + (mrule3 * rule3)+
(mrule4 * rule4)+ (mrule5 * rule5)+ (mrule6 * rule6) + (mrule7 *
rule7) + (mrule8 * rule8)+ (mrule9 * rule9);

```

```
jumlah1 = (mrule1 + mrule2 + mrule3 + mrule4 + mrule5 + mrule6  
+ mrule7 + mrule8 + mrule9);  
out = jumlah/jumlah1;  
}
```

4.2 Hasil Penelitian

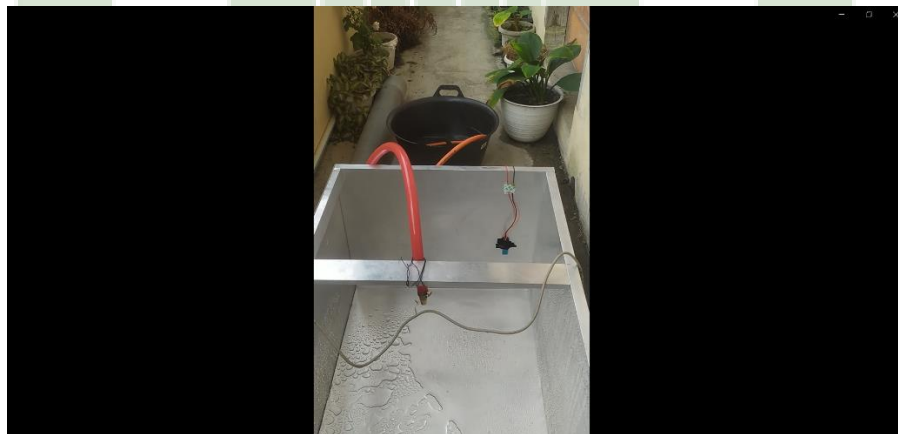
4.2.1 Pengujian

Tahap pengujian alat ini dilakukan setelah semua komponen dirakit dan siap. Pengujian alat dilakukan untuk memastikan alat bekerja sesuai dengan program dan memungkinkan untuk mengevaluasi kelebihan dan kekurangan alat yang dibuat.

Sebelum pengujian perlu dilakukan pengecekan pada pemasangan kabel *jumper* yang menghubungkan semua komponen pada Arduino UNO. Proses ini meliputi pengujian komponen-komponen yang digunakan, seperti sensor DHT11 akan diuji sesuai kebutuhan program yang penulis rancang yaitu jika suhu dan kelembaban tidak memenuhi kriteria di rentang 22 - 28°C dan kelembaban 80 - 90% maka pompa air akan menyiram sampai suhu dan kelembaban sesuai dengan yang di program. Kemudian menguji komponen ESP8266 agar dapat mengirim informasi suhu dan kelembaban menuju *Realtime Database* agar dapat menampilkan informasi pada aplikasi Android. Berdasarkan hasil pengujian alat pengukuran melalui metode *fuzzy* yang tertanam pada sistem ini sudah bekerja dengan baik.

Tabel 4. 2 Tabel Pengujian

Pengujian ke-	Waktu Pengujian	Cuaca	Suhu	Kelembaban	Pompa Air
1	13.20	Panas	31.5°C	76%	2 Menit 25 detik
2	14.30	Cerah	30.0°C	75.5%	2 Menit 21 detik
3	17.38	Mendung	29.5°C	86%	1 Menit 25 detik
4	14.10	Cerah	31.0°C	75%	2 Menit 16 detik
5	13.04	Panas	32.5	73%	2 Menit 43 detik
6	15.00	Mendung	29°C	85%	1 Menit 16 detik
7	17.59	Gerimis	28°C	86%	Mati



4. 5 Pengujian Alat Pertama



4. 6 Pengujian Alat Kedua

4.2.2 Penerapan

Penerapan alat pengatur suhu dan kelembaban kumbung jamur otomatis ini menggunakan mikrokontroller Atmega328 dan sensor DHT11 untuk membaca suhu dan kelembaban suatu area. Alat ini nantinya akan diterapkan pada setiap petani jamur tiram untuk memudahkan proses melembabkan kumbung jamur.

