

BAB V. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

5.1 Implementasi Sistem

Pada implementasi sistem dimulai dari pembuatan database, dilanjutkan dengan implementasi frontend sesuai rencana desain interface menggunakan HTML5 dan terakhir implementasi backend web serta backend menggunakan PHP Native. Setelah itu dilakukan debugging untuk memastikan apakah semua fitur dapat berjalan sesuai rencana.

5.2 Implementasi Prototype

Implementasi prototype yang digunakan untuk simulasi lahan adalah mini *greenhouse* berukuran 40x25x28cm yang terbuat dari kaca akrilik pada bagian atas dan tertutupi plastik mikron. Model dan bentuk dibuat semirip mungkin dengan desain yang telah direncanakan sebelumnya. Implementasi prototype dengan aquarium ditunjukkan pada gambar 5.1 dan 5.2.



Gambar 5.2.1 Tampak Depan Prototype



Gambar 5.2.2 Tampak Belakang Prototype

Peletakan komponen box input (sensor), output dan kontrol aktuator disesuaikan berdasarkan desain sehingga semua perangkat bisa tersambung dan berkomunikasi dengan baik.

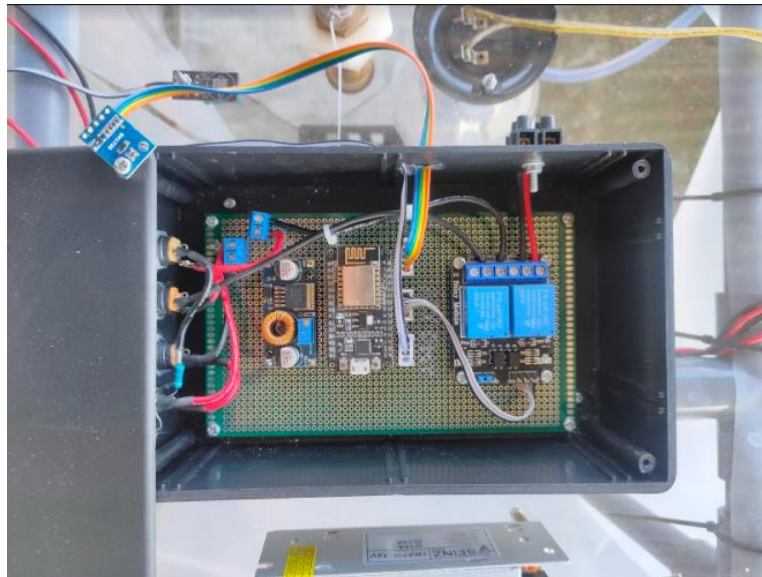
5.3 Implementasi Perancangan Hardware

Implementasi pada perancangan hardware meliputi rangkaian-rangkaian microcontroller, sensor, relay dan perangkat lainnya yang saling terhubung sehingga dapat berjalan sesuai rencana. Rangkaian perangkat menjadi satu box yang berisi NodeMCU Sensor dan Aktuator. Sensor sebagai input data untuk sistem, kemudian nodemcu dengan relay yang berfungsi untuk menyalakan matikan pompa air dan lampu led sebagai aktuator dan power supply 12v 5A untuk memberi tegangan pada pompa air dan NodeMCU. dan untuk lampu led langsung terhubung pada listrik 220v. Kemudian untuk penyiraman pomba dihubungkan dengan dua selang bagian kanan dan kiri yang terhubung pada water tank dan selang untuk menyiram tanaman tillandsia.

5.3.1 Rangkaian Input NodeMCU dengan Sensor dan Aktuator

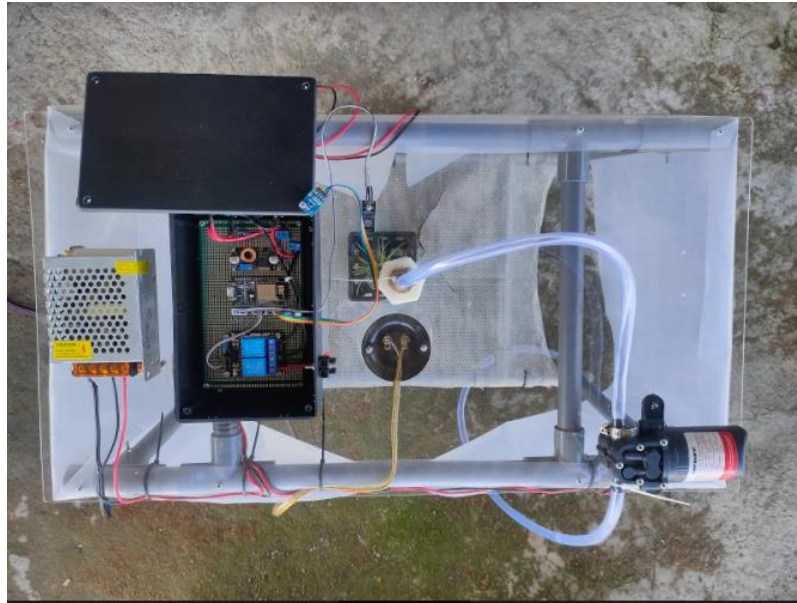
Sistem yang dibuat menggunakan mikrokontroler NodeMCU. NodeMCU berfungsi untuk membaca data dari sensor temperatur, kelembapan dan intensitas cahaya.

Rangkaian NodeMCU yang terhubung dengan sensor temperatur kelembapan DHT11 dan sensor BH1750 pada sebuah PCB (*Printed Circuit Board*). NodeMCU membutuhkan daya sebesar 5V untuk berjalan secara optimal menggunakan step down XL4015 karena daya diambil dari Power Supply 12V 5A. Sensor DHT11 terhubung dengan pin GPIO 14, pin ground dan pin daya 3.3V di nodemcu, sedangkan sensor BH1750 terhubung dengan pin GPIO 4 dan GPIO 5, pin ground dan pin daya yang bertegangan 3.3V.



Gambar 5.3.1

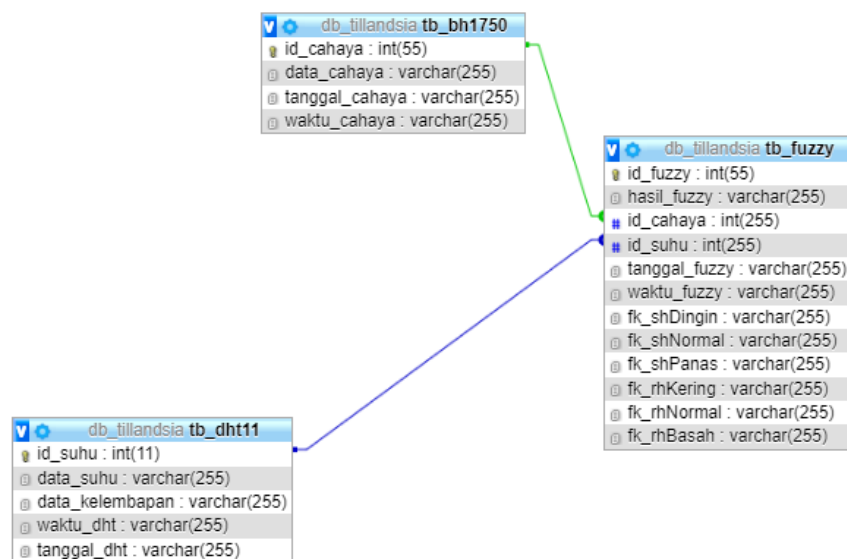
Rangkaian NodeMCU terhubung dengan relay digunakan untuk melakukan kontroling pompa air dan lampu led. Relay dual channel 5V memiliki 4 pin yaitu pin ground, pin vcc, pin IN1 dan pin IN2. Relay terhubung ke NodeMCU dengan pin ground ke ground, pin vcc ke vin, IN1 ke GPIO 0 dan IN2 ke GPIO 2. Dua slot relay terhubung dengan dua pompa air 12V yang mendapat daya dari power supply.



Gambar 5.3.2

5.3.2 Implementasi Database

Pada database yang sudah dirancang sebelumnya maka dibuat database dengan nama 'skripsi' dan memiliki dua tabel, tabel 'monitoring' dan table 'user'. Database ini dibuat untuk menyimpan data hasil pembacaan sensor, status actuator dan waktu dibuat. Pada implementasi ini menggunakan MySQL sebagai database dan PhpMyAdmin sebagai aplikasi untuk mengelola database MySQL dalam localserver.



Gambar 5.3.3 Database

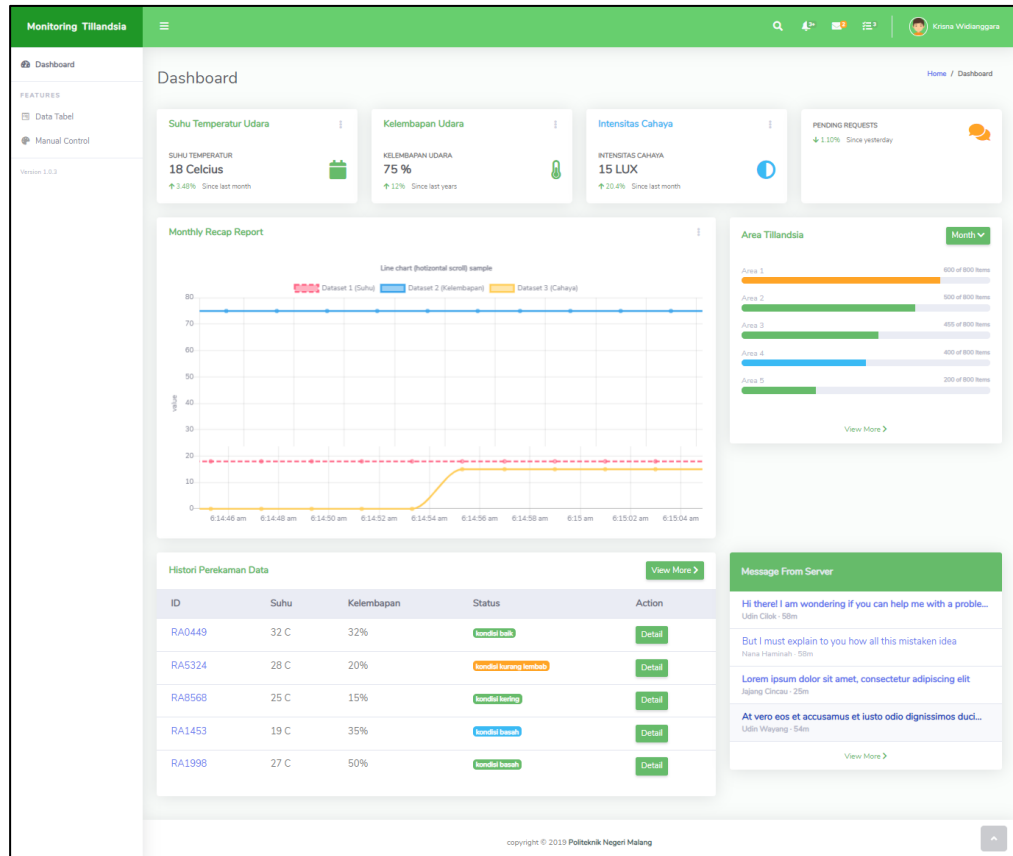
Hasil implementasi database terdapat pada Lampiran. Struktur dari setiap tabel tidak berbeda jauh dari yang telah direncanakan, database dibuat dengan menggunakan MySQL mempunyai tiga tabel yaitu tabel_fuzzy tabel_sensor_suhu tabel_sensor_cahaya. Terdapat perubahan tipe data pada atribut tanggal pada tabel fuzzy yang seharusnya menggunakan DATE namun menggunakan VARCHAR dikarenakan pada transmisi data MQTT data yang di publish berupa data bertipe CHAR, untuk menerima data berupa CHAR maka dilakukan convert tipe data menjadi String yang nantinya akan dimasukkan pada database dengan atribut tanggal bertipe VARCHAR. Selain perubahan tipe data pada atribut tanggal, juga terdapat perubahan Length dari beberapa kolom yang berjenis VARCHAR untuk meminimalisir terjadinya error jika teks terlalu Panjang.

5.3.3 Implementasi User Interface

Implementasi dari tampilan antar muka atau user interface menggunakan bahasa pemrograman PHP Native dan dikombinasikan dengan HTML, CSS, Javascript dan Bootstrap 4 untuk mendukung tampilan dari antar muka. Antar muka website monitoring dapat diakses melalui web browser.

5.3.3.1 Halaman Dashboard

Pada menu home/dashboard terdapat beberapa informasi yang tersedia. Informasi dari sensor temperatur suhu dan kelembapan udara yang berbentuk chart yang menampilkan 10 data terakhir. Output dari aktuator yang diolah dengan metode fuzzy sugeno. Terdapat juga riwayat output penyiraman terbaru dengan hasil defuzzyfikasi penyiraman.



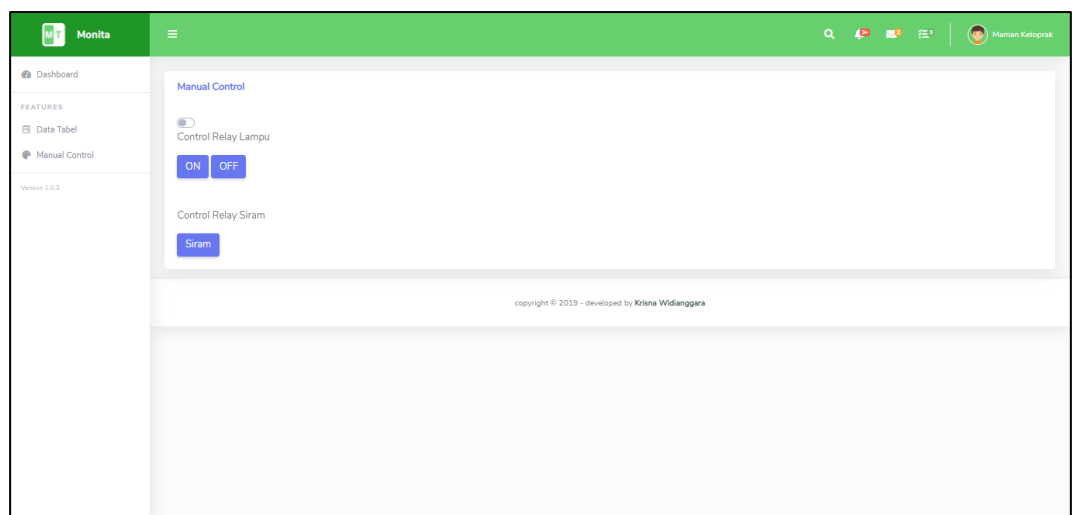
Gambar 5.3.4 Halaman Dashboard

5.3.3.2 Halaman Data Tabel

| Id Fuzzy | Data Suhu | Data Kelembapan | Tanggal Fuzzy | Waktu Fuzzy | Hasil Fuzzy Penyiraman | Aksi |
|----------|-----------|-----------------|---------------|-------------|------------------------|-------------------------|
| 3 | 38.00 | 100 | 2021-6-13 | 15:38:59 | 1.00 | Go Here |
| 4 | 27.00 | 70 | 2021-6-13 | 15:39:0 | 1.00 | Go Here |
| 64 | 25.00 | 77 | 2021-6-18 | 20:3:30 | 1.00 | Go Here |
| 65 | 26.00 | 77 | 2021-6-18 | 20:5:30 | 1.00 | Go Here |
| 66 | 26.00 | 76 | 2021-6-21 | 18:24:30 | 1.00 | Go Here |
| 67 | 27.00 | 80 | 2021-6-21 | 18:25:30 | 1.00 | Go Here |
| 68 | 27.00 | 79 | 2021-6-21 | 18:26:30 | 1.00 | Go Here |
| 69 | 26.00 | 78 | 2021-6-21 | 18:28:30 | 1.00 | Go Here |
| 70 | 26.00 | 76 | 2021-6-21 | 18:29:30 | 1.00 | Go Here |
| 71 | 28.00 | 82 | 2021-6-21 | 18:30:30 | 1.00 | Go Here |

Pada menu data tabel terdapat tabel yang berisi data suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya, dan hasil perhitungan fuzzy untuk output pompa air dan waktu data sensor. Terdapat fitur tersebut digunakan untuk visualisasi data sensor suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya untuk data laporan pada website.

5.3.3.3 Halaman Manual Controlling



Gambar 5.3.5 Halaman Manual Control

Pada menu manual control berisi kontrol manual dari masing-masing aktuator yaitu pompa air dan sebuah lampu led. Dalam Implementasi pada website

terdapat sebuah slider yang berfungsi mematikan sebuah proses fuzzy. Pemberhentian proses fuzzy dilakukan untuk menghindari tabrakan data yang terjadi jika manual kontrol dan proses fuzzy berjalan bersamaan. Kemudian terdapat dua kontrol yaitu kontrol pompa dan kontrol led sebagai pembuktian dan percobaan sebagai komunikasi antara embeded system dan sebuah server. Kontrol pompa air hanya berjalan selama 1 detik, dikarenakan pompa air mempunyai tekanan air yang tinggi. Kemudian untuk kontrol lampu terdapat tombol ON dan OFF untuk memberi sebuah perintah dari *website* melalui broker MQTT dan diterima oleh *embeded system* untuk kontroling OFF dan ON pada aktuator lampu.

5.3.4 Implementasi Kode

Pada bagian implementasi kode program berisi sourcecode dari beberapa perangkat sensor, relay, dan proses pengolahan data sehingga hasil pembacaan dapat di analisa.

Pada bagian ini terangkanlah bagaimana Anda melakukan proses pembuatan sistem. Mulai dari pembuatan database berikut tabel-tabel di dalamnya, serta hasil jadi sistem Anda seperti apa. Jelaskan juga mengenai cara Anda melakukan pengujian terhadap sistem dan/atau hipotesis Anda.

5.3.4.1 Kode Program Pembacaan Sensor

Kode program pada sensor berisi fungsi untuk pembacaan sensor suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya. Sensor suhu menggunakan library dari dht.h, dan untuk sensor cahaya menggunakan library dari BH1750 yang merupakan standart library dari sensor cahaya.

Tabel 5.3.1 Kode Program Pembacaan Sensor

```
//librari sensor suhu dan kelembapan
#include <dht.h>
//librari sensor cahaya
#include <BH1750.h>
//inisiat sda scl
#include <Wire.h>

dht DHT;
```



```

BH1750 lightMeter;

int sensorSuhu = 14;

DHT.read11(sensorSuhu);
int suhuSensor = DHT.temperature;
int kelembapan = DHT.humidity;
Serial.print("Kelembaban udara = ");
Serial.print(kelembapan);
Serial.print("% ");
Serial.print("Suhu = ");
Serial.print(suhuSensor);
Serial.println(" C ");

float lux = lightMeter.readLightLevel();
Serial.print("Light: ");
Serial.print(lux);
Serial.println(" lx");

```

Pada bagian implementasi kode program berisi sourcecode dari beberapa perangkat sensor, relay, dan proses pengolahan data sehingga hasil pembacaan dapat di analisa.

5.3.4.2 Kode Program Perhitungan Metode Fuzzy

Kode program perhitungan metode fuzzy sugeno berisi fungsi untuk pemrosesan atau perhitungan data menggunakan metode fuzzy sugeno untuk kontrol logika aktuator.

Tabel 5.3.2 Kode Program Perhitungan Fuzzy

```

void fuzzifikasi() {
    suhuDingin();
    suhuNormal();
    suhuPanas();
    kelKering();
}

```

```
kelNormal();
kelBasah();
caTerang();
caGelap();
}

void fuzzy_rule_penyiraman() {
    float jml_rule[8];
    float SumA = 0;
    fuzzifikasi();
    if (shDingin >= 0 && rhKering >= 0) {
        rule1 = min(shDingin, rhKering);
        jml_rule[0] = rule1;
    }
    if (shNormal >= 0 && rhKering >= 0) {
        rule2 = min(shNormal, rhKering);
        jml_rule[1] = rule2;
    }
    if (shPanas >= 0 && rhKering >= 0) {
        rule3 = min(shPanas, rhKering);
        jml_rule[2] = rule3;
    }
    if (shNormal >= 0 && rhNormal >= 0) {
        rule4 = min(shNormal, rhNormal);
        jml_rule[3] = rule4;
    }
    if (shPanas >= 0 && rhNormal >= 0) {
        rule5 = min(shPanas, rhNormal);
        jml_rule[4] = rule5;
    }
    if (shDingin >= 0 && rhNormal >= 0) {
        rule6 = min(shDingin, rhNormal);
```

```

    jml_rule[5] = rule6;
}
if (shDingin >= 0 && rhBasah >= 0) {
    rule7 = min(shDingin, rhBasah);
    jml_rule[6] = rule7;
}
if (shNormal >= 0 && rhBasah >= 0) {
    rule8 = min(shNormal, rhBasah);
    jml_rule[7] = rule8;
}
if (shPanas >= 0 && rhBasah >= 0) {
    rule9 = min(shPanas, rhBasah);
    jml_rule[8] = rule9;
}

//defuzifikasi
float weight = ((rule1 * lamapompa) + (rule2 * lamapompa) + (rule3 *
lamapompa) + (rule4 * normalpompa) + (rule5 * normalpompa) + (rule6 *
normalpompa) + (rule7 * sebentarpompa) + (rule8 * sebentarpompa) + (rule9 *
sebentarpompa));
float average = ((jml_rule[0] + jml_rule[1] + jml_rule[2] + jml_rule[3] +
jml_rule[4] + jml_rule[5] + jml_rule[6] + jml_rule[7] + jml_rule[8] ));
outSiram = (weight / average);
}

```

5.4.3 Implementasi Metode Fuzzy

Proses perhitungan menggunakan metode Fuzzy Sugeno dijalankan di NodeMCU kedua yang juga menjadi kontrol logika aktuator , berikut adalah contoh penguraian alur perhitungan menggunakan Metode Fuzzy Sugeno dengan asumsi data suhu yang diterima dari sensor temperatur adalah 29.4° C, data dari sensor kelembapan adalah 60%.

1. Proses Fuzzifikasi

Proses ini bertujuan untuk melakukan pengelompokan nilai Crisp kedalam sebuah derajat keanggotaan pada himpunan Fuzzy. Berikut adalah pengelompokan himpunan fuzzy dari variabel suhu dan kelembapan.

Proses ini bertujuan untuk melakukan pengelompokan nilai Crisp kedalam sebuah derajat keanggotaan pada himpunan Fuzzy. Berikut adalah pengelompokan himpunan fuzzy dari variabel suhu dan kelembapan.

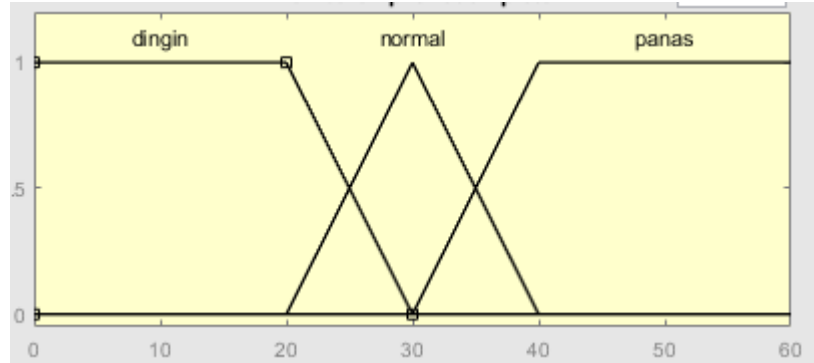
a. Himpunan keanggotaan suhu

Himpunan keanggotaan temperatur memiliki tiga himpunan yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.3.3 Tabel Himpunan keanggotaan suhu

| Himpunan Keanggotaan Fuzzy | Range Nilai |
|----------------------------|-------------|
| Dingin | 20-30 |
| Normal | 20-40 |
| Panas | 30-40 |

Representasi dari himpunan keanggotaan Fuzzy dengan variabel temperatur dapat dilihat pada gambar 5.16.



Gambar 5.3.6 Representasi himpunan keanggotaan Fuzzy

Diketahui bahwa nilai temperatur 29° C termasuk kedalam himpunan temperatur hangat sehingga diperoleh sebagai berikut :

$$\mu_{\text{Dingin}} = \begin{cases} 1 & x \leq 20 \\ \frac{30-x}{30-20} & 20 \leq x \leq 30 \\ 0 & X \geq 30 \end{cases}$$

$$- \mu_{\text{Normal}} = \begin{cases} 0 & x \leq 20 \text{ atau } x \geq 40 \\ \frac{x-20}{30-20} & 20 \leq x \leq 30 \\ \frac{40-x}{40-30} & 30 \leq x \leq 40 \end{cases}$$

$$- \mu_{\text{Panas}} = \begin{cases} 0 & x \leq 30 \\ \frac{x-30}{40-30} & 30 \leq x \leq 40 \\ 1 & x \geq 40 \end{cases}$$

Maka diperoleh hasil sebagai Fuzzifikasi Temperatur berikut :

- μ_{Dingin} [0,10]
- μ_{Normal} [0,90]
- μ_{Panas} [0,00]

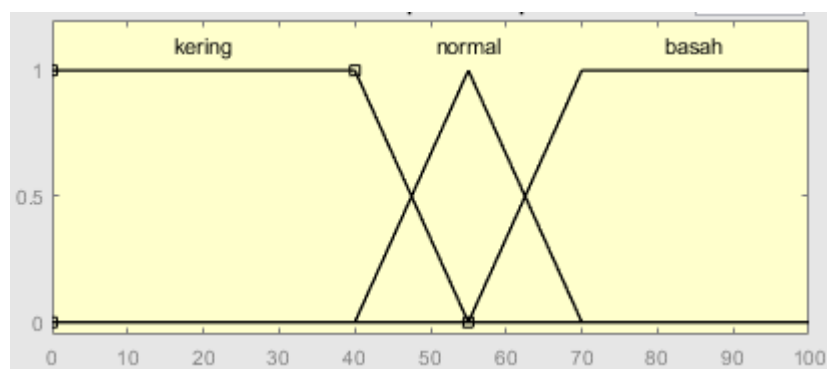
b. Himpunan keanggotaan kelembapan

Himpunan keanggotaan kelembapan memiliki tiga himpunan yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.3.4 Himpunan keanggotaan kelembapan

| Himpunan Keanggotaan Fuzzy | Range Nilai |
|----------------------------|-------------|
| Kering | 40-55 |
| Normal | 40-70 |
| Basah | 55-70 |

Representasi dari himpunan keanggotaan Fuzzy dengan variabel kelembapan dapat dilihat pada gambar 5.16.



Gambar 5.3.7 Representasi himpunan keanggotaan kelembapan

Diketahui bahwa nilai kelembapan 60% termasuk kedalam himpunan temperatur normal sehingga diperoleh sebagai berikut :

$$- \mu_{\text{Kering}} = \begin{cases} 1 & x \leq 40 \\ \frac{55-x}{55-40} & 40 \leq x \leq 55 \\ 0 & X \geq 55 \end{cases}$$

$$- \mu_{\text{Normal}} = \begin{cases} 0 & x \leq 40 \text{ atau } x \geq 55 \\ \frac{x-40}{55-40} & 40 \leq x \leq 55 \\ \frac{40-x}{70-55} & 55 \leq x \leq 70 \end{cases}$$

$$- \mu_{\text{Basah}} = \begin{cases} 0 & x \leq 55 \\ \frac{x-55}{70-55} & 55 \leq x \leq 70 \\ 1 & X \geq 70 \end{cases}$$

Maka diperoleh hasil sebagai Fuzzifikasi Temperatur berikut :

$$- \mu_{\text{Dingin}} \quad [0,00]$$

$$- \mu_{\text{Normal}} \quad [0,67]$$

$$\mu_{\text{Panas}} \quad [0,33]$$

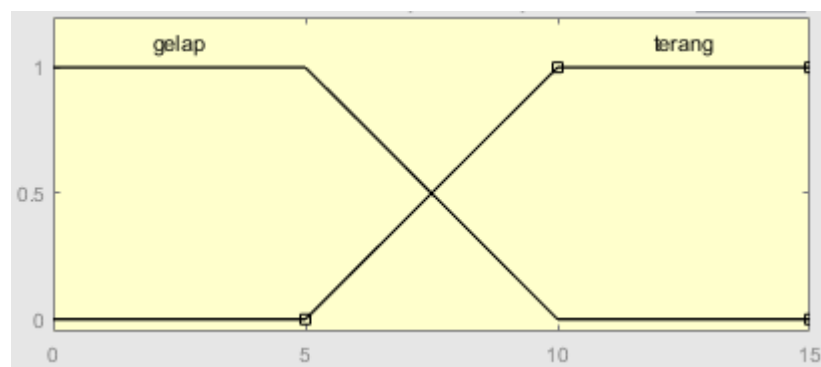
c. Himpunan keanggotaan intensitas cahaya

Himpunan keanggotaan intensitas cahaya memiliki dua himpunan yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.3.5 Himpunan keanggotaan intensitas cahaya

| Himpunan Keanggotaan Fuzzy | Range Nilai |
|----------------------------|-------------|
| Gelap | <5-10 |
| Terang | 5-10> |

Representasi dari himpunan keanggotaan Fuzzy dengan variabel intensitas cahaya dapat dilihat pada gambar 5.16.



Gambar 5.3.8 Representasi himpunan keanggotaan intensitas cahaya

Diketahui bahwa nilai kelembapan 7 LUX termasuk kedalam himpunan intensitas cahaya gelap sehingga diperoleh sebagai berikut :

$$- \mu_{\text{Gelap}} = \begin{cases} 1 & x \leq 5 \\ \frac{10-x}{10-5} & 5 \leq x \leq 10 \\ 0 & X \geq 10 \end{cases}$$

$$- \mu_{\text{Terang}} = \begin{cases} 0 & x \leq 5 \\ \frac{x-5}{10-5} & 5 \leq x \leq 10 \\ 1 & X \geq 10 \end{cases}$$

Maka diperoleh hasil sebagai Fuzzifikasi Temperatur berikut :

$$- \mu_{\text{Gelap}} \quad [0,6]$$

$$- \mu_{\text{Terang}} \quad [0,0]$$

2. Proses Implikasi Inferensi

Berdasarkan hasil variabel linguistik dalam penentuan himpunan Fuzzy, maka diperoleh aturan implikasi sebagai berikut.

| Rule | Suhu Udara | Kelembaban Udara | Intensitas Cahaya | Status Lampu | Lama Siram |
|------|------------|------------------|-------------------|--------------|------------|
| 1 | Dingin | Kering | gelap | Nyala | Sedang |
| 2 | Dingin | Kering | terang | Mati | Lama |
| 3 | Dingin | Normal | gelap | Nyala | Sedang |
| 4 | Dingin | Normal | terang | Mati | Sedang |
| 5 | Dingin | Basah | gelap | Nyala | Cepat |
| 6 | Dingin | Basah | terang | Mati | Cepat |
| 7 | Normal | Kering | gelap | Nyala | Sedang |
| 8 | Normal | Kering | terang | Mati | Lama |
| 9 | Normal | Normal | gelap | Nyala | Cepat |
| 10 | Normal | Normal | terang | Mati | Sedang |
| 11 | Normal | Basah | gelap | Nyala | Cepat |
| 12 | Normal | Basah | terang | Mati | Sedang |
| 13 | Panas | Kering | gelap | Nyala | Lama |
| 14 | Panas | Kering | terang | Nyala | Lama |
| 15 | Panas | Normal | gelap | Nyala | Lama |

| | | | | | |
|----|-------|--------|--------|-------|--------|
| 16 | Panas | Normal | terang | Nyala | Sedang |
| 17 | Panas | Basah | gelap | Nyala | Cepat |
| 18 | Panas | Basah | terang | Mati | Cepat |

Fungsi implikasi menggunakan perhitungan minimum (MIN), yaitu dengan mengambil nilai terkecil dari nilai variabel himpunan Fuzzy temperatur dan kelembapan sebagai outputnya.

$$a_i = \mu A1(X) \cap \mu B1(X) = \text{MIN} \{ \mu A1(X), \mu B1(X) \} \quad (5.1)$$

Dalam penentuan *output* status ini menggunakan Metode Fuzzy Sugeno Orde Nol:

$$IF (X1 \text{ is } A1).(X2 \text{ is } A2).(X3 \text{ is } A3).(X4 \text{ is } A4) \dots (Xn \text{ is } An) THEN z = k \quad (5.2)$$

Keterangan :

- Xn : adalah variabel input.
- An : adalah himpunan keanggotaan.

Variabel kondisi digunakan untuk menentukan nilai kondisi dari aturan implikasi yang terdiri dari Pompa air, dan Lampu. Range variabel kondisi dapat dilihat pada tabel berikut.

| Variable kondisi | Range Nilai |
|------------------|-------------|
| Nyala | 1 |
| Mati | 0 |

| Variable kondisi | Range Nilai |
|------------------|-------------|
| Cepat | 1 detik |
| Sedang | 2 detik |
| Lama | 3 detik |

Rentang nilai pada variabel Pompa Air Menyala dengan cepat dimulai dari nilai defuzzifikasi $0 \leq 1$, variabel Pompa Air Menyala dengan kondisi sedang dari nilai defuzzifikasi $> 1 \leq 2$, variabel Pompa Air Menyala dengan kondisi lama dari nilai defuzzifikasi $> 2 \leq 3$.

Berikut adalah rule base untuk menentukan output-nya.

[R1] IF Temperatur Dingin AND Kelembapan Kering AND Gelap

THEN Status Lampu Nyala AND Lama Siram Sedang

$\alpha - \text{predikat1} = \mu_{\text{Temperatur Dingin}} \cap \mu_{\text{Kelembapan Kering}} \cap \mu_{\text{Cahaya Gelap}}$

$= \text{MIN} (0.10; 0; 0.60)$

$= 0$

[R2] IF Temperatur Dingin AND Kelembapan Kering AND Terang

THEN Status Lampu Mati AND Lama Siram Lama

$\alpha - \text{predikat1} = \mu_{\text{Temperatur Dingin}} \cap \mu_{\text{Kelembapan Kering}} \cap \mu_{\text{Cahaya Terang}}$

$= \text{MIN} (0.10; 0; 0)$

$= 0$

[R3] IF Temperatur Dingin AND Kelembapan Normal AND Gelap

THEN Status Lampu Nyala AND Lama Siram Sedang

$\alpha - \text{predikat1} = \mu_{\text{Temperatur Dingin}} \cap \mu_{\text{Kelembapan Normal}} \cap \mu_{\text{Cahaya Gelap}}$

$= \text{MIN} (0.10; 0.67; 0.60)$

$= 0.10$

[R4] IF Temperatur Dingin AND Kelembapan Normal AND Terang

THEN Status Lampu Mati AND Lama Siram Sedang

$\alpha - \text{predikat1} = \mu_{\text{Temperatur Dingin}} \cap \mu_{\text{Kelembapan Normal}} \cap \mu_{\text{Cahaya Terang}}$

$= \text{MIN} (0.10; 0.67; 0)$

$= 0$

[R5] IF Temperatur Dingin AND Kelembapan Basah AND Gelap

THEN Status Lampu Nyala AND Lama Siram Cepat

$\alpha - \text{predikat1} = \mu_{\text{Temperatur Dingin}} \cap \mu_{\text{Kelembapan Basah}} \cap \mu_{\text{Cahaya Gelap}}$

$= \text{MIN} (0.10; 0.33; 0.60)$

$$= 0.10$$

[R6] IF Temperatur Dingin AND Kelembapan Basah AND Terang

THEN Status Lampu Mati AND Lama Siram Cepat

$$\alpha - \text{predikat1} = \mu_{\text{Temperatur Dingin}} \cap \mu_{\text{Kelembapan Basah}} \cap \mu_{\text{Cahaya Terang}}$$

$$= \text{MIN} (0.10; 0.33; 0)$$

$$= 0$$

[R7] IF Temperatur Normal AND Kelembapan Kering AND Gelap

THEN Status Lampu Nyala AND Lama Siram Sedang

$$\alpha - \text{predikat1} = \mu_{\text{Temperatur Normal}} \cap \mu_{\text{Kelembapan Kering}} \cap \mu_{\text{Cahaya Gelap}}$$

$$= \text{MIN} (0.90; 0; 0.60)$$

$$= 0$$

[R8] IF Temperatur Normal AND Kelembapan Kering AND Terang

THEN Status Lampu Mati AND Lama Siram Lama

$$\alpha - \text{predikat1} = \mu_{\text{Temperatur Normal}} \cap \mu_{\text{Kelembapan Kering}} \cap \mu_{\text{Cahaya Terang}}$$

$$= \text{MIN} (0.90; 0; 0)$$

$$= 0$$

[R9] IF Temperatur Normal AND Kelembapan Normal AND Gelap

THEN Status Lampu Nyala AND Lama Siram Cepat

$$\alpha - \text{predikat1} = \mu_{\text{Temperatur Normal}} \cap \mu_{\text{Kelembapan Normal}} \cap \mu_{\text{Cahaya Gelap}}$$

$$= \text{MIN} (0.90; 0.67; 0.60)$$

$$= 0.60$$

[R10] IF Temperatur Normal AND Kelembapan Normal AND Terang

THEN Status Lampu Mati AND Lama Siram Sedang

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat1} &= \mu_{\text{Temperatur Normal}} \cap \mu_{\text{Kelembapan Normal}} \cap \mu_{\text{Cahaya Terang}} \\ &= \text{MIN} (0.90; 0.67; 0) \\ &= 0 \end{aligned}$$

[R11] IF Temperatur Normal AND Kelembapan Basah AND Gelap
THEN Status Lampu Nyala AND Lama Siram Cepat

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat1} &= \mu_{\text{Temperatur Normal}} \cap \mu_{\text{Kelembapan Basah}} \cap \mu_{\text{Cahaya Gelap}} \\ &= \text{MIN} (0.90; 0.33; 0.60) \\ &= 0.33 \end{aligned}$$

[R12] IF Temperatur Normal AND Kelembapan Basah AND Terang
THEN Status Lampu Mati AND Lama Siram Sedang

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat1} &= \mu_{\text{Temperatur Normal}} \cap \mu_{\text{Kelembapan Basah}} \cap \mu_{\text{Cahaya Terang}} \\ &= \text{MIN} (0.90; 0.33; 0) \\ &= 0 \end{aligned}$$

[R13] IF Temperatur Panas AND Kelembapan Kering AND Gelap
THEN Status Lampu Nyala AND Lama Siram Lama

$$\begin{aligned} \alpha - \text{predikat1} &= \mu_{\text{Temperatur Panas}} \cap \mu_{\text{Kelembapan Kering}} \cap \mu_{\text{Cahaya Gelap}} \\ &= \text{MIN} (0; 0; 0.60) \\ &= 0 \end{aligned}$$

[R14] IF Temperatur Panas AND Kelembapan Kering AND Terang

$$\begin{aligned} &\text{THEN Status Lampu Nyala AND Lama Siram Lama} \\ \alpha - \text{predikat1} &= \mu_{\text{Temperatur Panas}} \cap \mu_{\text{Kelembapan Kering}} \cap \mu_{\text{Cahaya Terang}} \\ &= \text{MIN} (0; 0; 0) \\ &= 0 \end{aligned}$$

[R15] IF Temperatur Panas AND Kelembapan Normal AND Gelap

THEN Status Lampu Nyala AND Lama Siram Lama

α – predikat1 = μ Temperatur Panas \cap μ Kelembapan Normal \cap μ Cahaya

Gelap

= MIN (0; 0.67; 0.60)

= 0

[R16] IF Temperatur Panas AND Kelembapan Normal AND Terang

THEN Status Lampu Nyala AND Lama Siram Sedang

α – predikat1 = μ Temperatur Panas \cap μ Kelembapan Normal \cap μ Cahaya

Terang

= MIN (0.10; 0; 0)

= 0

[R17] IF Temperatur Panas AND Kelembapan Basah AND Gelap

THEN Status Lampu Nyala AND Lama Siram Cepat

α – predikat1 = μ Temperatur Panas \cap μ Kelembapan Basah \cap μ Cahaya

Gelap

= MIN (0; 0.33; 0.60)

= 0

[R18] IF Temperatur Panas AND Kelembapan Basah AND Terang

THEN Status Lampu Mati AND Lama Siram Cepat

α – predikat1 = μ Temperatur Panas \cap μ Kelembapan Basah \cap μ Cahaya

Terang

= MIN (0; 0.33; 0)

= 0

Berdasarkan 18 α – predikat yang sudah dibuat diatas, terdapat 4 α – predikat yang memiliki nilai bukan nol, yaitu : [R3], [R5], [R9], [R11].

3. Komposisi Aturan

Untuk memberikan kesimpulan secara keseluruhan dengan mengambil nilai keanggotaan menggunakan fungsi maksimum (MAX) dari tiap konsekuensi fungsi implikasi dan menggabungkan dari semua kesimpulan aturan sehingga menghasilkan nilai solusi.

$$U_{sf} [X_i] = \text{MAX} (U_{sf} [X_i], U_{kf} [X_i]) \quad (5.3)$$

Keterangan :

- $U_{sf} [X_i]$: nilai keanggotaan dari solusi fuzzy sampai urutan ke $-i$.
- $U_{kf} [X_i]$: nilai keanggotaan dari solusi fuzzy sampai urutan ke $-i$.

Sehingga diperoleh nilai komposisi maksimal sebagai berikut :

| | |
|--------|---------------------------------------|
| Cepat | = MAX (0.10, 0.60, 0.33) = 0.60 |
| Sedang | = MAX (0.10) = 0.10 |
| Lama | = MAX (0) = 0 |
| | |
| Nyala | = MAX (0.10, 0.10, 0.60, 0.33) = 0.60 |
| Mati | = MAX (0) = 0 |

4. Defuzzifikasi

Dalam melakukan penegasan untuk menghasilkan nilai tegas, digunakan rumus dengan cara mencari rata - rata terbobot (Weight Average) sebagai berikut :

$$WA = \frac{a_1 z_1 + a_2 z_2 + a_3 z_3 + \dots a_i z_i}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots a_i} \quad (5.4)$$

Keterangan :

a_i : adalah α – predikat ke $-i$.

z_i : adalah konsekuensi ke $-i$.

Sehingga hasil rata – ratanya adalah :

$$\begin{aligned} & WA_{pompa} \\ &= \frac{(0,10 \times 1) + (0,60 \times 1) + (0,33 \times 1) + (0,33 \times 1) + (0,10 \times 2) + (0 \times 3)}{(0,10 + 0,60 + 0,33 + 0,10 + 0)} \\ &= 1,09 \end{aligned}$$

$$WA_{Lampu} = \frac{(0,10 \times 1) + (0,60 \times 1) + (0,33 \times 1) + (0,33 \times 1) + (0,10 \times 1) + (0 \times 0)}{(0,10 + 0,60 + 0,33 + 0,10 + 0)} = 1$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Metode Fuzzy Sugeno dengan input temperatur yang diterima adalah 29° C dan Kelembapan 60% menghasilkan nilai tegas 1,09 atau nilai linguistik dengan 3 kondisi yang berarti Pompa Air Hidup selama 1,09 AND Lampu Hidup. Hasil perhitungan manual dalam bentuk excel adalah sebagai berikut :

| Input | | Fuzzifikasi Suhu Udara | | | Rule Fuzzy | | Output | | | |
|-------------------|----|-------------------------------|------------|-----------|------------|------|-----------------|--------------|-------|-----------|
| Suhu Udara | 29 | S. Dingin | S. Normal | S. Panas | R1 | 0,00 | Lama Penyiraman | Status Lampu | | |
| Kelembaban Udara | 60 | 0,10 | 0,90 | 0,00 | R2 | 0,00 | Bobot | Rata-rata | Bobot | Rata-rata |
| Intensitas Cahaya | 7 | Fuzzifikasi Kelembaban Udara | | | R3 | 0,10 | 1,23 | 1,13 | 1,13 | 1,13 |
| Output | | K.U Kering | K.U Normal | K.U Basah | R4 | 0,00 | Hasil | | | |
| Lama Penyiraman | | 0,00 | 0,67 | 0,33 | R5 | 0,10 | 1,09 Detik | 1 (Nyala) | | |
| Sebentar | 1 | Fuzzifikasi intensitas cahaya | | | R6 | 0,00 | | | | |
| Sedang | 2 | gelap | terang | | R7 | 0,00 | | | | |
| Lama | 3 | 0,6 | 0 | | R8 | 0,00 | | | | |
| Status Lampu | | | | | R9 | 0,60 | | | | |
| Nyala | 1 | | | | R10 | 0,00 | | | | |
| Mati | 0 | | | | R11 | 0,33 | | | | |
| | | | | | R12 | 0,00 | | | | |
| | | | | | R13 | 0,00 | | | | |
| | | | | | R14 | 0,00 | | | | |
| | | | | | R15 | 0,00 | | | | |
| | | | | | R16 | 0,00 | | | | |
| | | | | | R17 | 0,00 | | | | |
| | | | | | R18 | 0,00 | | | | |

Gambar 5.3.9 Implementasi Fuzzy Pada perhitungan Excel

5.5 Pengujian

Pada tahap pengujian bertujuan untuk mengetahui sistem sudah berjalan sesuai yang direncanakan atau masih belum tercapai. Pada pengujian terdapat dua tahap yaitu pengujian yang meliputi fungsi hardware dan software serta pengujian metode Fuzzy Sugeno. Pengujian sistem ini bertujuan mengetahui fungsi - fungsi utama dari hardware dan software, hal ini dilakukan dengan mencoba segala kemungkinan yang terjadi sehingga bisa mengetahui fungsi yang perlu diperbaiki dan dievaluasi.

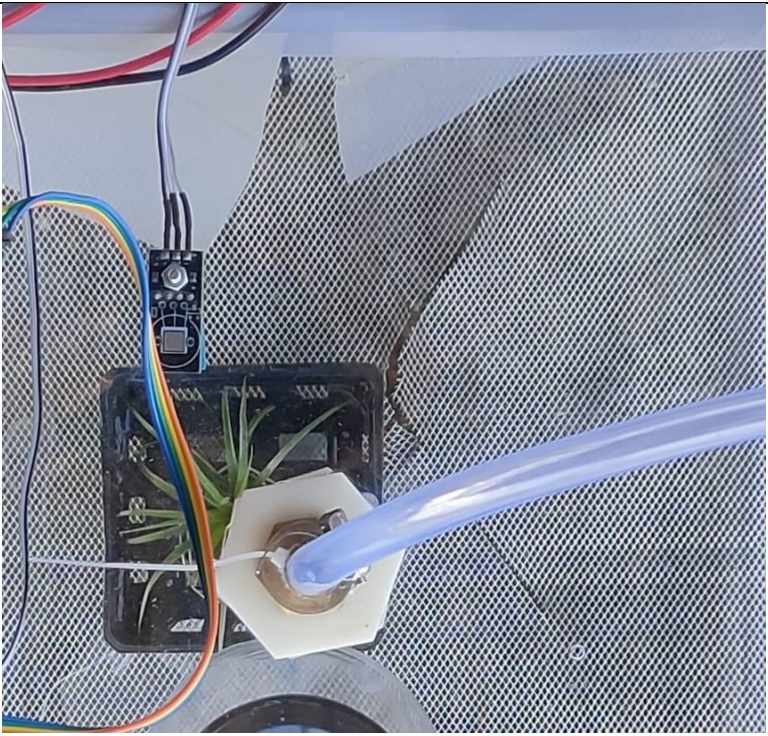
Sedangkan pengujian metode Fuzzy Sugeno bertujuan untuk mengetahui hasil perhitungan yang dilakukan secara manual ataupun perhitungan sistem sesuai dengan landasan teori metode Fuzzy Sugeno, kesesuaian hasil perhitungan sistem

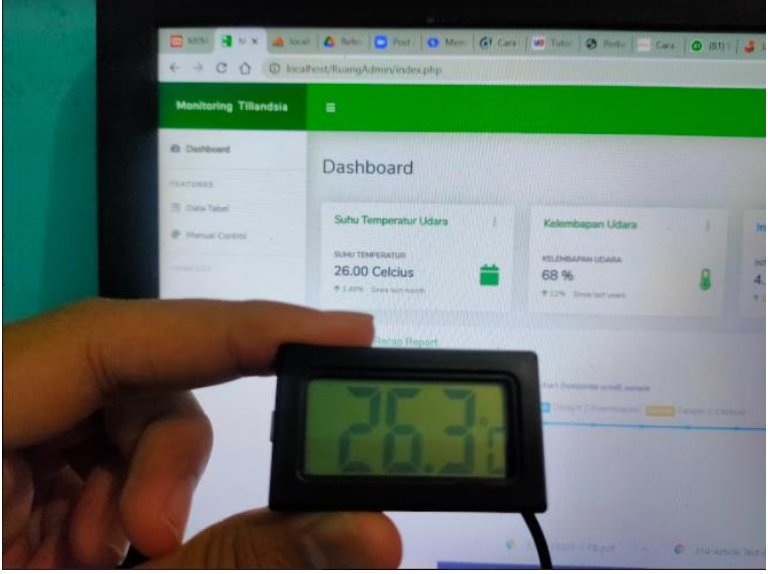
dan perhitungan manual sangat diperlukan sebagai tolok ukur berhasilnya implementasi metode Fuzzy Sugeno kedalam sistem

5.5.1 Pengujian Sensor Suhu dan Kelembapan

Pengujian sensor Suhu dan Kelembapan DHT11 melalui dua tahap yaitu pengujian fungsionalitas dan pengujian nilai temperatur. Pengujian fungsionalitas dapat dilihat pada skenario pengujian sebagai berikut :

Tabel 5.5.1 Skenario pengujian sensor suhu dan kelembapan

| Case | Pengujian Sensor Suhu dan Kelembapan DHT 11 |
|------------------------------|--|
| Skenario pengujian | Menjalankan rangkaian program sesuai rules yang ditentukan |
| Hasil yang diharapkan | Mampu menjalankan rangkaian program sesuai rules yang ditentukan |
| Hasil pengujian | Menjalankan rangkaian program sesuai rules yang ditentukan |
| Gambar |  |

| | | |
|-------------------|--|------------------|
| |  | |
| Keterangan | [✓] Sesuai | [] Tidak Sesuai |

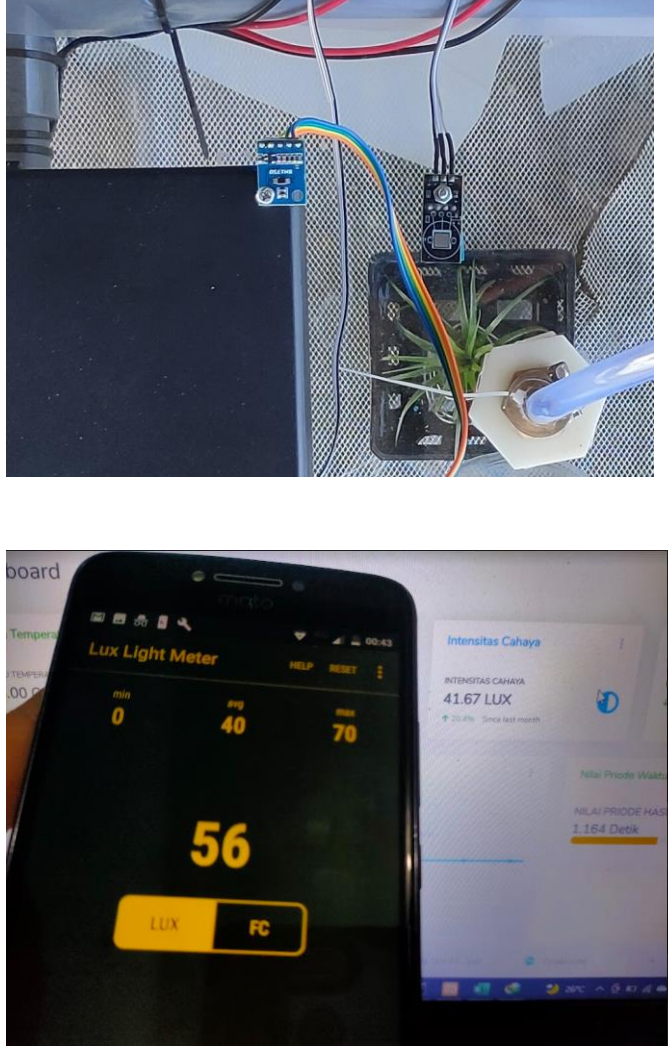
Pengujian input data ke dalam database dilakukan dalam microcontroller. Data yang dikirim adalah nilai dari sensor dan nilai dari hasil perhitungan metode.

5.5.2 Pengujian Sensor Cahaya BH1750

Pengujian fungsional sensor cahaya dilakukan agar perangkat dapat menangkap kondisi intensitas cahaya. Skenario pengujian sensor BH1750 adalah sebagai berikut :

Tabel 5.5.2 Skenario pengujian sensor cahaya

| Case | Pengujian Sensor Cahaya BH1750 |
|------------------------------|--|
| Skenario pengujian | Menjalankan rangkaian program sesuai rules yang ditentukan |
| Hasil yang diharapkan | Mampu menjalankan rangkaian program sesuai rules yang ditentukan |
| Hasil pengujian | Menjalankan rangkaian program sesuai rules yang ditentukan |

| | | |
|--------------------------|---|--|
| <p>Gambar</p> |  | |
| <p>Keterangan</p> | <p><input checked="" type="checkbox"/> Sesuai</p> | <p><input type="checkbox"/> Tidak Sesuai</p> |

5.5.3 Pengujian *Input Data*

Pengujian ini bertujuan untuk melakukan input data sensor ke database dari NodeMCU kedua dan juga data dari hasil perhitungan metode Fuzzy Sugeno. Hasil pengujian input dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.5.3 Skenario pengujian input data

| Case | Pengujian <i>Input Data</i> |
|----------------------------------|---|
| <p>Skenario pengujian</p> | <p>Menjalankan rangkaian program sesuai rules yang ditentukan</p> |

| Hasil yang diharapkan | Mampu menjalankan rangkaian program sesuai rules yang ditentukan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|--|-----------------|---------------|-----------------|------------------------|-------------|------------------------|----|-------|----|-----------|----------|------|----|-------|----|-----------|----------|------|----|-------|----|-----------|---------|------|----|-------|----|-----------|---------|------|----|-------|----|-----------|---------|------|----|-------|----|-----------|---------|------|----|-------|----|-----------|---------|------|----|-------|----|-----------|---------|------|----|-------|----|-----------|---------|------|
| Hasil pengujian | Menjalankan rangkaian program sesuai rules yang ditentukan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gambar | <pre> if (timeClient.getMinutes() == 0) { //proses pengiriman data ke server Serial.println("RECORD TO DATABASE"); String Link; HTTPClient http; Link = "http://" + hostToString + "/RuanganAdmin/databases/http_get.php?suhu=" + String(suhu) + "&kelembapan=" + String(kelembapan) + "&cabaya=" + String(lux) + "&fuzzy=" + String(outSiram) + "&waktu=" + String(timesInt) + "&tanggal=" + String(dateString) + "&shDingin=" + String(shDingin) + "&shNormal=" + String(shNormal) + "&shPanas=" + String(shPanas) + "&zhKering=" + String(zhKering) + "&zhNormal=" + String(zhNormal) + "&zhBasah=" + String(zhBasah); http.begin(Link); //mode http.GET(); http.end(); Serial.print("DATA MASUK WAKTU: "); Serial.print(Link); Serial.print(hourInt); Serial.print(":"); Serial.print(minuteInt); Serial.print(":"); Serial.println(secondInt); Serial.println("Sekarang Menit ke : " + 0); intervalMenit += 10; } else if (timeClient.getMinutes() == 0 && timeClient.getSeconds() == 1) { //do nothing; } </pre> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Id Fuzzy</th> <th>Data Suhu</th> <th>Data Kelembapan</th> <th>Tanggal Fuzzy</th> <th>Waktu Fuzzy</th> <th>Hasil Fuzzy Penyiraman</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>72</td><td>27.00</td><td>81</td><td>2021-6-21</td><td>18:31:30</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>73</td><td>26.00</td><td>81</td><td>2021-6-22</td><td>14:59:30</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>74</td><td>26.00</td><td>80</td><td>2021-6-22</td><td>15:0:30</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>75</td><td>26.00</td><td>80</td><td>2021-6-22</td><td>15:1:30</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>76</td><td>26.00</td><td>79</td><td>2021-6-22</td><td>15:2:30</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>77</td><td>26.00</td><td>79</td><td>2021-6-22</td><td>15:3:30</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>78</td><td>27.00</td><td>79</td><td>2021-6-22</td><td>15:4:30</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>79</td><td>26.00</td><td>78</td><td>2021-6-22</td><td>15:5:30</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>80</td><td>26.00</td><td>78</td><td>2021-6-22</td><td>15:6:30</td><td>1.00</td></tr> </tbody> </table> | Id Fuzzy | Data Suhu | Data Kelembapan | Tanggal Fuzzy | Waktu Fuzzy | Hasil Fuzzy Penyiraman | 72 | 27.00 | 81 | 2021-6-21 | 18:31:30 | 1.00 | 73 | 26.00 | 81 | 2021-6-22 | 14:59:30 | 1.00 | 74 | 26.00 | 80 | 2021-6-22 | 15:0:30 | 1.00 | 75 | 26.00 | 80 | 2021-6-22 | 15:1:30 | 1.00 | 76 | 26.00 | 79 | 2021-6-22 | 15:2:30 | 1.00 | 77 | 26.00 | 79 | 2021-6-22 | 15:3:30 | 1.00 | 78 | 27.00 | 79 | 2021-6-22 | 15:4:30 | 1.00 | 79 | 26.00 | 78 | 2021-6-22 | 15:5:30 | 1.00 | 80 | 26.00 | 78 | 2021-6-22 | 15:6:30 | 1.00 |
| Id Fuzzy | Data Suhu | Data Kelembapan | Tanggal Fuzzy | Waktu Fuzzy | Hasil Fuzzy Penyiraman | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 72 | 27.00 | 81 | 2021-6-21 | 18:31:30 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 73 | 26.00 | 81 | 2021-6-22 | 14:59:30 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 74 | 26.00 | 80 | 2021-6-22 | 15:0:30 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 75 | 26.00 | 80 | 2021-6-22 | 15:1:30 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 76 | 26.00 | 79 | 2021-6-22 | 15:2:30 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 77 | 26.00 | 79 | 2021-6-22 | 15:3:30 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 78 | 27.00 | 79 | 2021-6-22 | 15:4:30 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 79 | 26.00 | 78 | 2021-6-22 | 15:5:30 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | 26.00 | 78 | 2021-6-22 | 15:6:30 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Keterangan | <input checked="" type="checkbox"/> Sesuai <input type="checkbox"/> Tidak Sesuai | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

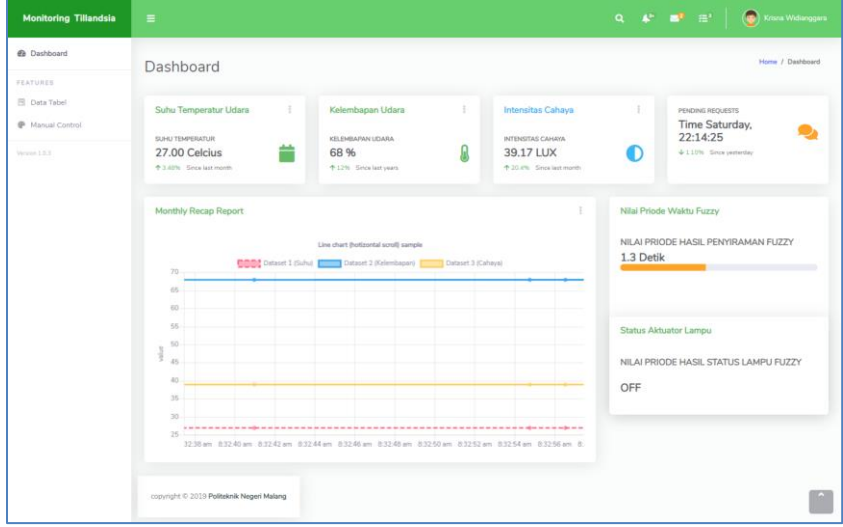
Pengujian input data ke dalam database dilakukan dalam microcontroller. Data yang dikirim adalah nilai dari sensor dan nilai dari hasil perhitungan metode fuzzy sugeno.

5.5.4 Pengujian Website Monitoring

Tahap ini bertujuan untuk mengujian fungsi website monitoring agar dapat melakukan penyajian data dan proses perhitungan Fuzzy Sugeno secara realtime. Skenario pengujian ini dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.5.4 Skenario Pengujian Website Monitoring

| Case | Pengujian Website Monitoring |
|---------------------------|---|
| Skenario pengujian | Website monitoring menyajikan informasi data sensor dan status aktuator secara realtime |

| | | |
|------------------------------|--|---------------------------------------|
| Hasil yang diharapkan | Website monitoring dapat menyajikan informasi dan status aktuator secara realtime | |
| Hasil pengujian | Website monitoring berhasil menyajikan informasi dan status aktuator secara realtime | |
| Gambar |  | |
| Keterangan | <input checked="" type="checkbox"/> Sesuai | <input type="checkbox"/> Tidak Sesuai |

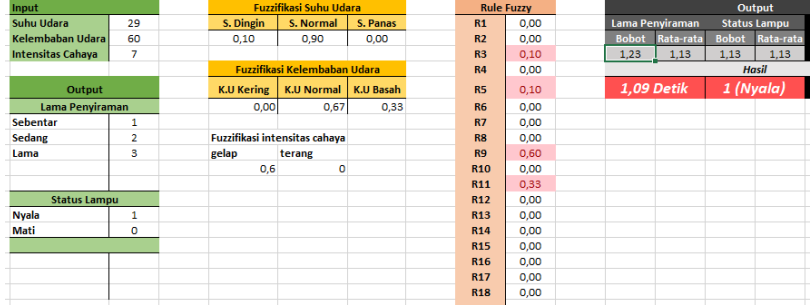
Pengujian website monitoring dilakukan dengan menampilkan nilai dari sensor dan aktuator. Kemudian dilakukan komparasi dengan nilai dari keluaran microcontroller

5.5.5 Pengujian Metode Fuzzy

Pada pengujian terhadap metode Fuzzy Sugeno dilakukan dengan cara perhitungan manual melalui excel dan perhitungan oleh sistem pada website monitoring yang sudah terimplementasi metode Fuzzy Sugeno. Pengujian ini bertujuan membandingkan hasil perhitungan manual dengan perhitungan sistem sehingga dapat dijadikan tolok ukur keberhasilan dalam implementasi metode Fuzzy Sugeno. Skenario pengujian metode Fuzzy Sugeno adalah sebagai berikut :

Tabel 5.5.5 Skenario Pengujian Metode Fuzzy

| Case | Pengujian Metode Fuzzy |
|---------------------------|---|
| Skenario pengujian | Melakukan perhitungan terhadap data sensor menggunakan metode Fuzzy Sugeno secara manual dan menggunakan sistem |

| | |
|------------------------------|---|
| Hasil yang diharapkan | Nilai perhitungan antara metode Fuzzy Sugeno secara manual dan menggunakan sistem adalah sama |
| Hasil pengujian | Nilai perhitungan menggunakan metode Fuzzy Sugeno secara manual dan menggunakan sistem menghasilkan nilai yang sama |
| Gambar |  |
| Keterangan | <input checked="" type="checkbox"/> Sesuai <input type="checkbox"/> Tidak Sesuai |

Pengujian metode fuzzy sugeno dilakukan dengan mengkomparasi hasil perhitungan secara manual menggunakan excel dengan hasil perhitungan dari sistem.

5.5.6 Pengujian Aktuator

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian dari sistem dari mulai sensor sampai aktuator yang ada mampu berjalan sesuai yang diharapkan. Rangkaian sangat berfungsi penting karena setiap data yang masuk ke database ataupun data yang dibaca dari database akan diolah pada rangkaian. Pengujian aktuator ini meliputi 2 output yang ada seperti pompa air dan lampu.

Tabel 5.5.6 Skenario Pengujian Aktuator

| Case | Pengujian Aktuator |
|------------------------------|---|
| Skenario pengujian | Menjalankan rangkaian program sesuai rules yang ditentukan. |
| Hasil yang diharapkan | Menjalankan rangkaian program sesuai rules yang ditentukan. |
| Hasil pengujian | Menjalankan rangkaian program sesuai rules yang ditentukan. |

| | | |
|--------------------------|--|--|
| <p>Gambar</p> |  <p>The first photograph shows the internal components of a microcontroller-based irrigation system housed in a black plastic enclosure. A green PCB is populated with a microcontroller, a DC-DC converter, and a relay module. A battery is connected to the system. The second photograph shows the complete system installed in a white plastic container. A black peristaltic pump is connected to a network of clear plastic tubing that leads to a water distribution point. A small black tray containing a green plant is positioned under the distribution point. The third photograph is a close-up of the water distribution mechanism, showing a brass nozzle and a clear plastic reservoir. A small black tray with a plant is placed directly under the nozzle to receive the water.</p> | |
| <p>Keterangan</p> | <p><input checked="" type="checkbox"/> Sesuai</p> | <p><input type="checkbox"/> Tidak Sesuai</p> |

Alur dari pengujian aktuator dimulai dari menghubungkan aktuator pada sumber tegangan pada sebuah *embeded system* yang sudah dijadikan satu dengan sebuah Project Box, dimana daya dan tegangan berasal dari *power supply* 5A 12V. Kemudian pembacaan suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya mulai dilakukan oleh sensor. Setelah itu data suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya akan diolah menggunakan metode Fuzzy Sugeno. Setelah hasil perhitungan sudah diketahui maka otomatis data akan dikirim ke *embeded system* dimana pompa air akan melakukan output sesuai hasil fuzzy yang telah dihasilkan. Apabila LED merah pada relay menyala maka berarti aktuator sedang dalam keadaan ON. Jika LED pada relay tidak menyala maka berarti aktuator dalam keadaan OFF dan memutus aliran tegangan listrik ke output.

5.5.7 Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional bertujuan untuk mengetahui sistem berjalan sesuai dengan tahap yang sudah direncanakan atau belum. Pengujian dilakukan menggunakan metode Black Box untuk mengetahui hasil dari pengujian sistem. Hasil pengujian fungsional dapat dilihat pada tabel berikut :

| No. | Pengujian Fungsional | Hasil Pengujian | |
|-----|--|-----------------|--------------|
| | | Sesuai | Tidak Sesuai |
| 1. | Menampilkan data sensor temperatur, kelembapan dan intensitas cahaya | ✓ | |
| 2. | Menampilkan data sensor temperatur, kelembapan dan intensitas cahaya pada website monitoring secara realtime | ✓ | |
| 3. | Melakukan insert data ke dalam database | ✓ | |
| 4. | Melakukan implementasi protokol mqtt | ✓ | |
| 5. | Menyalakan aktuator sesuai kondisi (otomasi) | ✓ | |
| 6. | Menampilkan kondisi status aktuator pada website monitoring secara realtime | ✓ | |

Pengujian fungsional dilakukan dengan mencoba satu persatu fitur dan fungsi dari sistem yang telah selesai dibuat. Adapun pengujian yang telah dilakukan adalah menampilkan data sensor, menampilkan data sensor pada website monitoring secara realtime, menampilkan status dari aktuator pada website monitoring, melakukan insert data ke dalam database.