

MANUAL BOOK
SISTEM
PERANCANGAN ALAT MONITORING
DAN GORONG-GORONG OTOMATIS
PADA KOLAM IKAN LELE PADA
PLATFORM IOT DENGAN METODE
FUZZY

BAB V. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

5.1 Implementasi

Implementasi bertujuan untuk melakukan realisasi penerapan terhadap perancangan yang sudah di rencanakan sebelumnya. Pada perangkat keras tahap implementasi berupa membuat rangkaian komponen-komponen sensor, prototype, dan modul lainnya yang saling terhubung sehingga dapat berjalan sebagaimana mestinya sedangkan pada perangkat lunak tahap implementasi berupa pengkodean website dashboard dan NodeMCU selain itu juga penerapan database dan data dari Protokol MQTT dan HTTP. Sedangkan pada perangkat lunak tahap implementasi berupa penerapan serangkaian program dan kode program sehingga dapat menjalankan perangkat keras yang telah dirangkai dan melakukan proses sesuai perencanaan.

5.1.1 Implementasi *Prototype*

Implementasi prototype yang digunakan untuk simulasi kolam adalah aquarium berukuran 60x40x30cm yang terbuat dari kaca akrilik. Model dan bentuk dibuat semirip mungkin dengan desain yang telah direncanakan sebelumnya. Implementasi prototype dengan aquarium ditunjukkan pada gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Prototype Monitoring Lele

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

5.1.2 Implementasi Perancangan Hardware

Implementasi pada perancangan hardware meliputi rangkaian-rangkaian microcontroller, sensor, relay, pipa solenoid, pompa dan perangkat lainnya yang saling terhubung sehingga dapat berjalan sesuai rencana. Rangkaian perangkat terbagi menjadi 1 box. Box berisi nodemcu dengan dua sensor sebagai input data untuk sistem, data sensor suhu dan sensor TDS, lalu ada relay untuk on/off actuator, untuk memberi tegangan pada sistem diberikan power supply 12volt untuk daya yang telah diturunkan tegangannya oleh stepdown 5a yang ada didalam box.

1. Rangkaian NodeMCU dengan sensor

Sistem yang dibuat menggunakan dua mikrokontroler NodeMCU. NodeMCU pertama berfungsi untuk membaca data dari sensor temperatur dan TDS yang kemudian nilai dari dua sensor tersebut dikirim ke cloud web untuk diolah dengan metode fuzzy sugeno dengan protokol MQTT lalu hasil dari pengolahan data akan dijadikan sebagai lama actuator dalam melakukan pembuangan air dan pengisian air. Implementasi Rangkaian NodeMCU dengan sensor ditunjukkan pada gambar 5.2.



Gambar 5. 2 Rangkaian Sensor dan NodeMCU ESP8266

Rangkaian NodeMCU yang pertama terhubung dengan sensor temperatur DS18B20 dan sensor TDS Meter menggunakan kabel engkel. NodeMCU membutuhkan daya sebesar 5V dari micro usb untuk berjalan secara optimal. Sensor DS18B20 terhubung dengan pin D5, pin ground dan pin daya 3.3V di nodemcu, sedangkan sensor TDS terhubung dengan pin A0 (analog), pin ground dan pin daya vin yang bertegangan 5V.

2. Rangkaian dengan Actuator Dan Power Supply

Rangkaian NodeMCU yang kedua terhubung dengan relay dengan Motor Driver. 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 D6 dan IN2 ke D7. Dua slot relay terhubung dengan pipa solenoid 12 volt dan pompa air 5V yang mendapat daya dari power supply 5A 12Volt.



Gambar 5. 3 Rangkaian Dengan Actuator dan PowerSupply



Gambar 5. 4 Actuator Pipa Solenoid

5.1.3 Implementasi Database

Pada database yang sudah dirancang sebelumnya maka dibuat database dengan nama 'kolam_lele' dan memiliki 4 tabel, tabel 'sensor', table 'kolam', table 'transaksi' dan table 'data_kolam'. 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.

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
<input type="checkbox"/>	1	id_kolam			No	None		AUTO_INCREMENT	Change Drop More
<input type="checkbox"/>	2	kode_type	varchar(120)	latin1_swedish_ci	No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	3	kolam	varchar(120)	latin1_swedish_ci	No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	4	no_kolam	varchar(20)	latin1_swedish_ci	No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	5	warna	varchar(20)	latin1_swedish_ci	No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	6	tahun	varchar(4)	latin1_swedish_ci	No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	7	status	varchar(50)	latin1_swedish_ci	No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	8	panjang	int(11)		No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	9	lebar	int(11)		No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	10	tinggi	int(11)		No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	11	luas	int(11)		No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	12	gambar	varchar(255)	latin1_swedish_ci	No	None			Change Drop More

Gambar 5. 5 Database Kolam

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
<input type="checkbox"/>	1	id_sensor			No	None		AUTO_INCREMENT	Change Drop More
<input type="checkbox"/>	2	suhu	decimal(11,2)		No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	3	kepadatan	decimal(65,2)		No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	4	fuzzy	decimal(11,2)		No	None			Change Drop More

Gambar 5. 6 Database Sensor

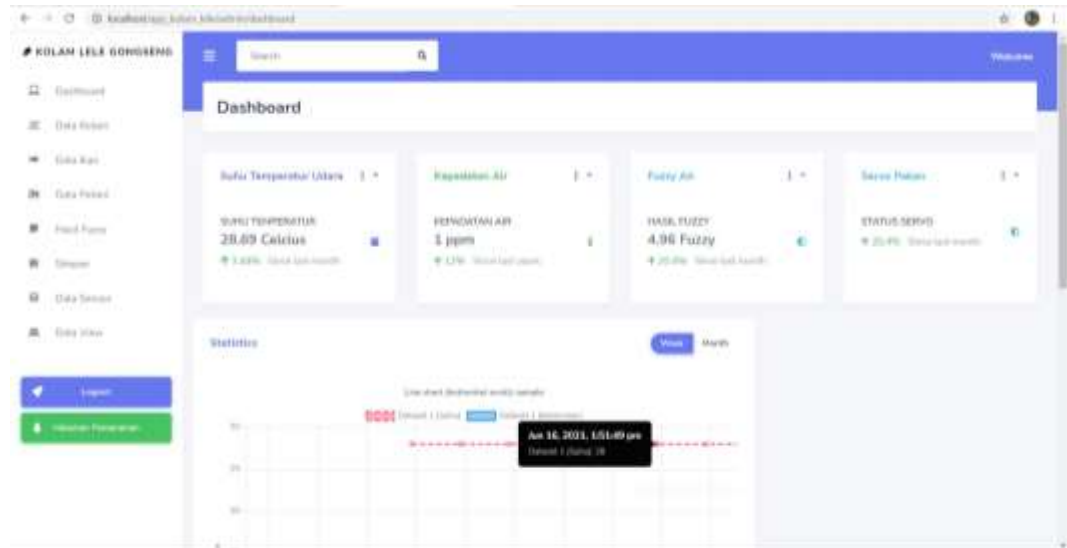
#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
<input type="checkbox"/>	1	id_panen			No	None		AUTO_INCREMENT	Change Drop More
<input type="checkbox"/>	2	id_customer	varchar(100)	latin1_swedish_ci	No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	3	id_kolam	int(11)		No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	4	tanggal_awal	date		No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	5	tanggal_panen	date		No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	6	tanggal_pemanenan	date		No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	7	berat_panen	varchar(100)	latin1_swedish_ci	No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	8	status_panen	varchar(50)	latin1_swedish_ci	No	None			Change Drop More

Gambar 5. 7 Database Pemanenan

5.1.4 Implementasi User Interface

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

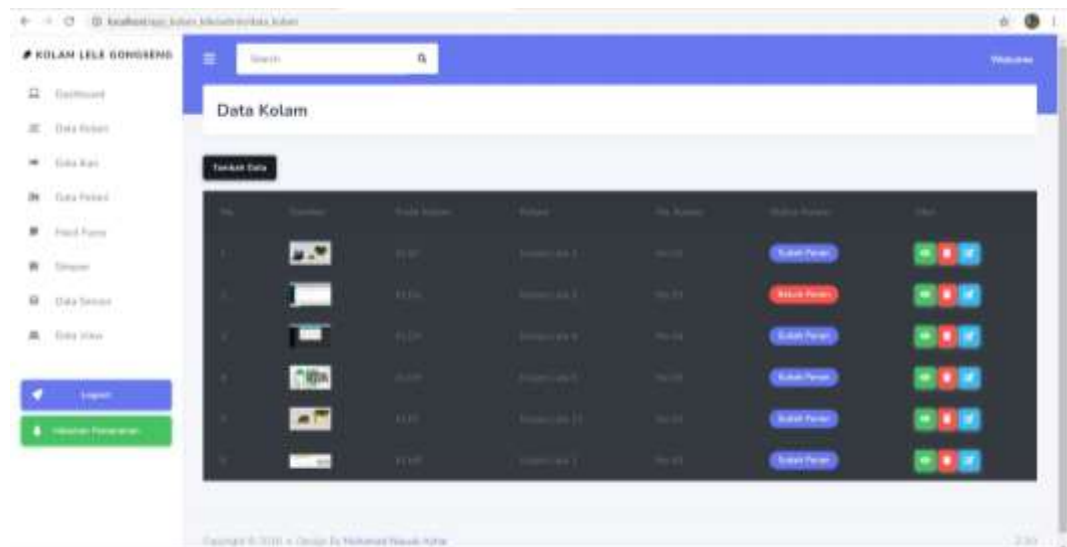
1. Menu Dashboard



Gambar 5. 8 Tampilan Dashboard

Pada menu home/dashboard terdapat beberapa informasi yang tersedia. Informasi dari sensor temperatur dan tds yang berbentuk card dan chart yang realtime dan juga terdapat hasil fuzzy realtime.

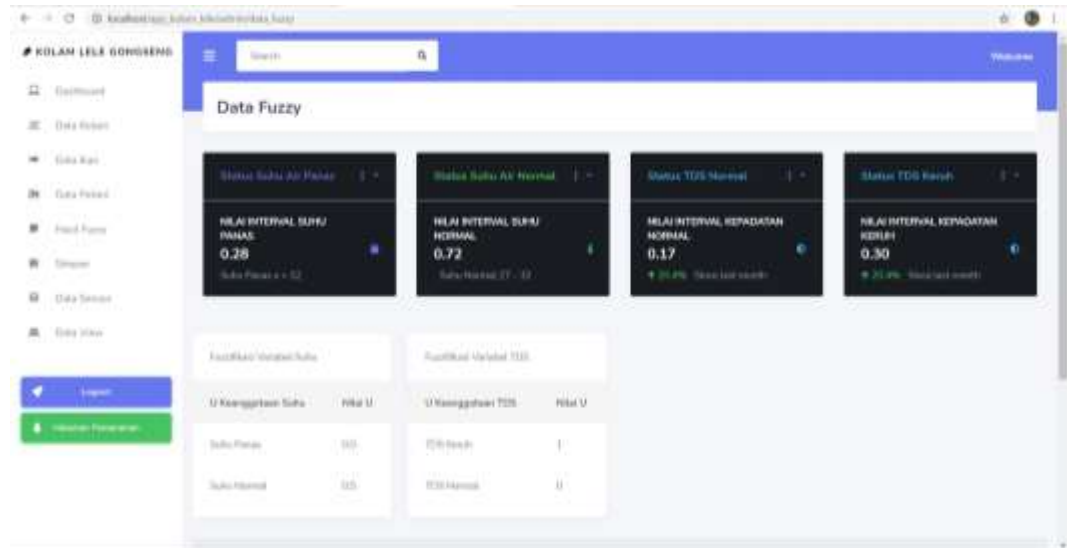
2. Menu Data kolam



Gambar 5. 9 Tampilan Data Kolam

Pada menu Data kolam terdapat beberapa informasi mengenai kolam ikan yang ada di petani Lele Gongseng, terdapat menu tambah kolam, merubah data kolam dan menghapus data kolam jika dibutuhkan.

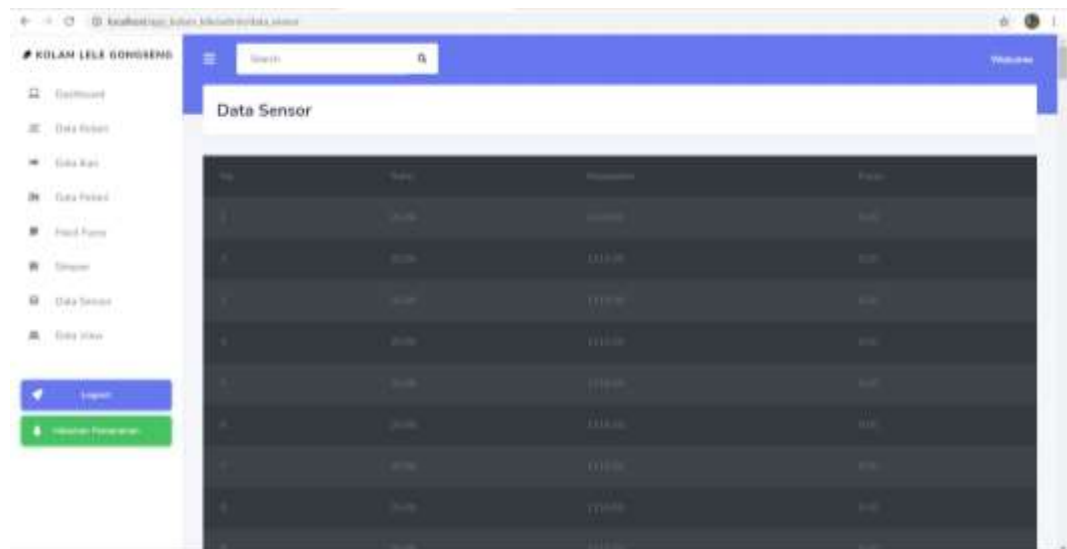
3. Menu Data Fuzzy



Gambar 5. 10 Tampilan Data Fuzzy

Pada halaman ini , menampilkan informasi mengenai hasil nilai interval status fuzzy suhu air dan tds Air , jadi bisa memonitoring kondisi setiap parameter kondisi air.

4. Menu Data Sensor

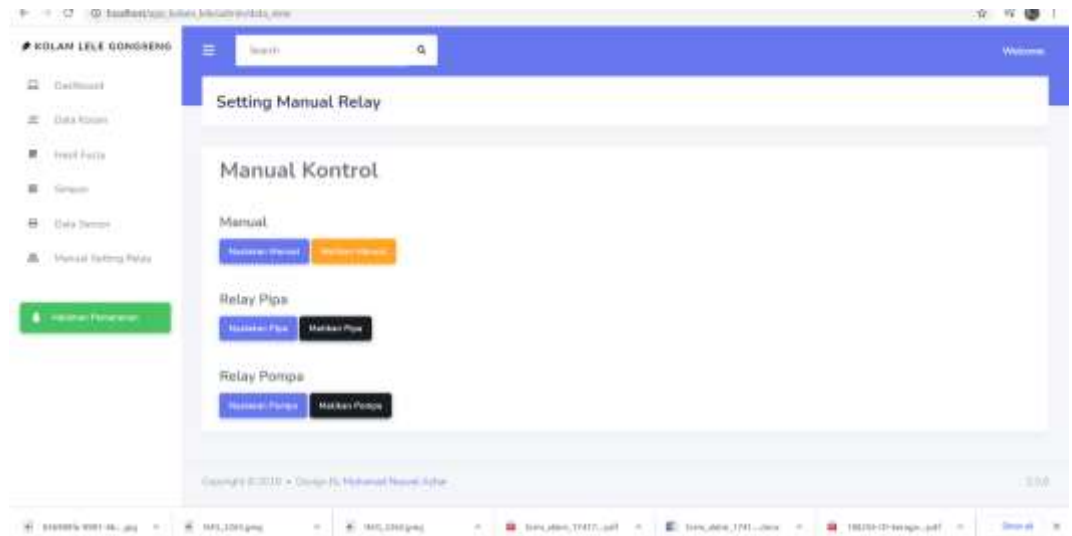


Gambar 5. 11 Tampilan Data sensor

Pada Halaman ini , menampilkan informasi data sensor yang terekam setiap jam nya , jadi data data monitoring bisa terekam di database dan ditampilkan di halaman ini.

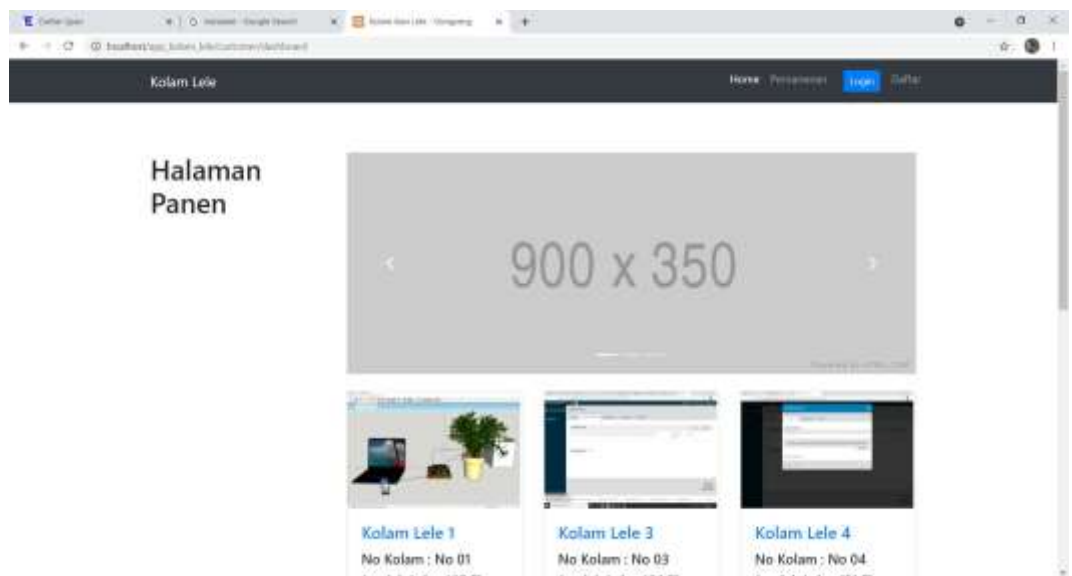
5. Menu Manual Setting

Pada Halaman ini adalah bagian untuk melakukan manual control untuk actuator yang ada yaitu Pompa dan Pipa



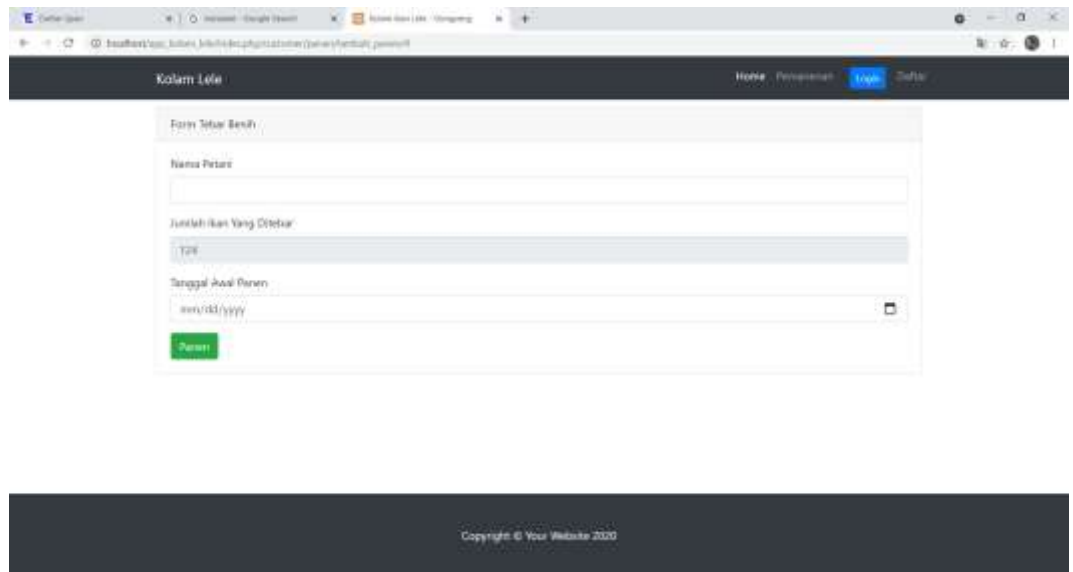
Gambar 5. 12 Halaman Manual Relay

6. Menu Panen



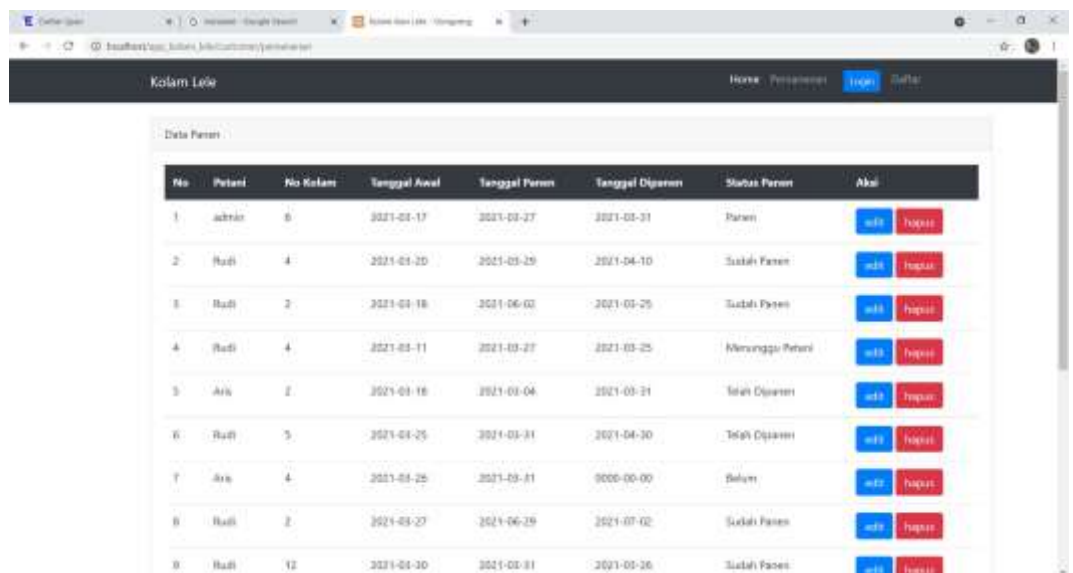
Gambar 5. 13 Tampilan Menu Panen

7. Menu Set Waktu Panen



Gambar 5. 14 Tampilan Set Waktu

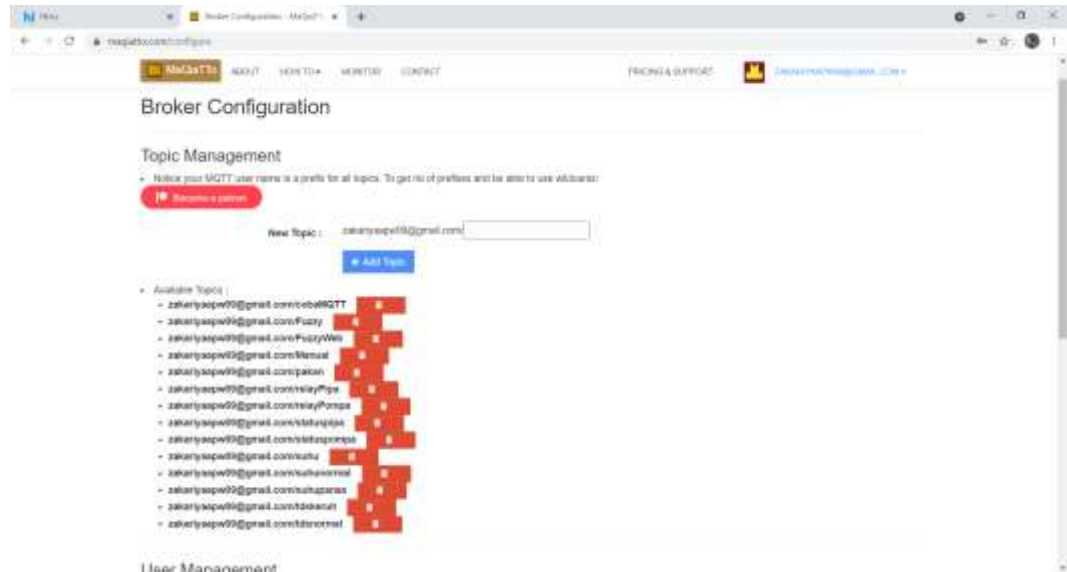
8. Menu Waktu Pemanenan



Gambar 5. 15 Tampilan Pemanenan

5.1.5 Implementasi MQTT Menggunakan Broker MaQiaTTO

Pada proses pengiriman data antara web dengan nodeMCU menggunakan protokol MQTT. Disini saya menggunakan broker yang disediakan oleh MaQiaTTO, terdapat 10 topic yang saya gunakan untuk proses pengiriman data.



Gambar 5. 16 Broker MaQiaTTo

5.1.6 Implementasi Kode Program

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

1. Kode Pembacaan Sensor dan Kalibrasi SUHU TDS

Kode program pada sensor berisi fungsi untuk pembacaan sensor temperatur, dan TDS. Sensor temperatur menggunakan library dari OneWire dan DallasTemperature dan untuk sensor TDS menggunakan library dari GravityTDS. Untuk penggunaan pada nodeMCU yang berbeda dalam pembacaan sensor DS18B20 dan TDS Meter SEN0244 pada Arduino biasa sehingga dibuat sebuah kalibrasi untuk pencocokan pembacaan sensor dengan hasil TDS yang sebenarnya.

Tabel 5. 1 Tabel Source Code TDS & Suhu

```
#include <OneWire.h>
#include <GravityTDS.h>
#include <DallasTemperature.h>
int DSPIN = D5; // Dallas Temperature Sensor

namespace sensor
{
```

```

float ec = 0;
unsigned int tds = 0;
float ecCalibration = 1;
}

void loop() {
double waterTemp = TempRead();
waterTemp = waterTemp*0.0625; // conversion accuracy is 0.0625 / LSB

float rawEc = analogRead(pin::tds_sensor) * device::aref / 1024.0; // read the
analog value more stable by the median filtering algorithm, and convert to
voltage value

float temperatureCoefficient = 1.0 + 0.02 * (waterTemp - 25.0); // temperature
compensation          formula:          fFinalResult(25^C)          =
fFinalResult(current)/(1.0+0.02*(fTP-25.0));

sensor::ec = (rawEc / temperatureCoefficient) * sensor::ecCalibration; //
temperature and calibration compensation

sensor::tds = (133.42 * pow(sensor::ec, 3) - 255.86 * sensor::ec * sensor::ec +
857.39 * sensor::ec) * 0.5; //convert voltage value to tds value

}

```

2. Source Code Fuzzy

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

Tabel 5. 2 Tabel Fuzzy Sugeno

```

var bkCepat = 5;
var bkLama = 7;
var Tutup = 0;

```

```
var suhu = 0, tds = 0;
var Pipa, OutPipa = 0;

var tdkKeruh, tdsNormal, Keruh;
var shDingin, shNormal, shPanas;

var rule1, rule2, rule3, rule4, rule5, rule6, rule7, rule8, rule9;

// Fuzzyfikasi Suhu
function suhuDingin() {
  if (suhu <= 23) {
    shDingin = 1;
  }
  else if (suhu >= 23 && suhu <= 27) {
    shDingin = (27 - suhu) / (27 - 23);
  }
  else if (suhu > 27) {
    shDingin = 0;
  }
  return shDingin;
}
function suhuNormal() {
  if (suhu < 23 || suhu > 33 ) {
    shNormal = 0;
  }
  else if (suhu >= 23 && suhu <= 27) {
    shNormal = (suhu - 23) / (27 - 23);
  }
  else if (suhu > 27 && suhu <= 33) {
    shNormal = (33 - suhu) / (33 - 27);
  }
  return shNormal;
}
```

```
}  
function suhuPanas() {  
  if (suhu <= 27 ) {  
    shPanas = 0;  
  }  
  else if (suhu > 27 && suhu <= 33) {  
    shPanas = (suhu - 27) / (33 - 27);  
  }  
  else if (suhu > 33) {  
    shPanas = 1;  
  }  
  return shPanas;  
}  
// Fuzzyfikasi Kekerusuhan  
function TidakKeruh() {  
  if (tds <= 400 ) {  
    tdkKeruh = 1;  
  }  
  else if (tds > 400 && tds <= 550) {  
    tdkKeruh = (550 - tds) / (550 - 400);  
  }  
  else if (tds > 550) {  
    tdkKeruh = 0;  
  }  
  return tdkKeruh;  
}  
function Normal() {  
  if (tds < 400 || tds > 700) {  
    tdsNormal = 0;  
  }  
  else if (tds >= 400 && tds < 550) {  
    tdsNormal = (tds - 400) / (550 - 400);  
  }  
}
```

```
}  
else if (tds >= 550 && tds <= 700) {  
    tdsNormal = (700 - tds) / (700 - 550);  
}  
return tdsNormal;  
}  
function tdsKeruh() {  
    if (tds <= 600) {  
        Keruh = 0;  
    }  
    else if (tds > 600 && tds <= 750) {  
        Keruh = (tds - 600) / (750 - 600);  
    }  
    else if (tds > 750) {  
        Keruh = 1;  
    }  
    return Keruh;  
}  
  
function fuzzifikasi() {  
    suhuDingin();  
    suhuNormal();  
    suhuPanas();  
    TidakKeruh();  
    Normal();  
    tdsKeruh();  
}  
  
function fuzzy_rule_pipa() {  
    var jml_rule = [];  
    var SumA = 0;  
    fuzzifikasi();
```

```
if (shDingin >= 0 && tdkKeruh >= 0) {
    rule1 = Math.min(shDingin, tdkKeruh);
    jml_rule[0] = rule1;
}
if (shDingin >= 0 && tdsNormal >= 0) {
    rule2 = Math.min(shDingin, tdsNormal);
    jml_rule[1] = rule2;
}
if (shDingin >= 0 && Keruh >= 0) {
    rule3 = Math.min(shDingin, Keruh);
    jml_rule[2] = rule3;
}
if (shNormal >= 0 && tdkKeruh >= 0) {
    rule4 = Math.min(shNormal, tdkKeruh);
    jml_rule[3] = rule4;
}
if (shNormal >= 0 && tdsNormal >= 0) {
    rule5 = Math.min(shNormal, tdsNormal);
    jml_rule[4] = rule5;
}
if (shNormal >= 0 && Keruh >= 0) {
    rule6 = Math.min(shNormal, Keruh);
    jml_rule[5] = rule6;
}
if (shPanas >= 0 && tdkKeruh >= 0) {
    rule7 = Math.min(shPanas, tdkKeruh);
    jml_rule[6] = rule7;
}
if (shPanas >= 0 && tdsNormal >= 0) {
    rule8 = Math.min(shPanas, tdsNormal);
    jml_rule[7] = rule8;
}
```

```
if (shPanas >= 0 && Keruh >= 0) {
    rule9 = Math.min(shPanas, Keruh);
    jml_rule[8] = rule9;
}

//defuzifikasi
var weight =
    rule1 * Tutup +
    rule2 * Tutup +
    rule3 * bkLama +
    rule4 * Tutup +
    rule5 * Tutup +
    rule6 * bkLama +
    rule7 * bkCepat +
    rule8 * bkCepat +
    rule9 * bkLama;

var 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];

OutPipa = weight / average;
}

function startFuzzy() {
    suhu = suhuAir;
    tds = tdsAir;
```



```

    fuzzy_rule_pipa());
document.getElementById("pipa").innerHTML=parseFloat(OutPipa).toFixed(2
);
    console.log(OutPipa);
    console.log(suhu);
    console.log(tds);
    console.log(suhuDingin());
    console.log(suhuNormal());
    console.log(suhuPanas());
    console.log(TidakKeruh());
    console.log(Normal());
    console.log(tdsKeruh());
}
// }

setInterval(startFuzzy,1000);

```

3. Kode Program Model Database

Kode program pada file `lele_model` berfungsi untuk pengambilan data ke database sesuai input yang dimasukkan

Tabel 5. 3 Tabel Lele Model

```

<?php

class Lele_model extends CI_Model{
    public function get_data($table){
        return $this->db->get($table);
    }

    public function get_date(){
        $this->db->select('id_kolam, tanggal_panen, status_panen');
    }
}

```

```

        return $this->db->get('transaksi')->result();
    }

    public function insert_data($data,$table){
        $this->db->insert($table,$data);
    }

    public function update_data($table,$data,$where){
        $this->db->update($table,$data,$where);
    }

    public function delete_data($where,$table){
        $this->db->where($where);
        $this->db->delete($table);
    }

    public function ambil_id_kolam($id){
        $hasil = $this->db->where('id_kolam', $id)->get('lele');
        if($hasil->num_rows() > 0){
            return $hasil->result();
        }else{
            return false;
        }
    }

}

?>

```

4. Kode Program Subscribe MQTT di Javascript

Kode Program yang digunakan untuk melakukan subscribe data yang akan digunakan web untuk mensubscribe data yang dikirim oleh nodeMCU

Tabel 5. 4 Kode Program Subscribe di Web

```

function startConnect() {
    clientID = "Aji123";

    host = "maqiatto.com";
    port = 8883;

    client.connect({
        userName: "zakariyaapw09@gmail.com",
        password: "Aji12345",
        onSuccess: onConnect,
    });
    client.onConnectionLost = onConnectionLost;
    client.onMessageArrived = onMessageArrived;
}

function onConnect() {
    topic = "zakariyaapw09@gmail.com/suhupanas";
    topicKekeruhan = "zakariyaapw09@gmail.com/suhunormal";
    topicNormalTDS = "zakariyaapw09@gmail.com/tdskeruh";
    topicKeruhTDS = "zakariyaapw09@gmail.com/tdsnormal";
    client.subscribe(topic);
    client.subscribe(topicKekeruhan);
    client.subscribe(topicNormalTDS);
    client.subscribe(topicKeruhTDS);
}

function onConnectionLost(responseObject) {
    console.log("onConnectionLost: Connection Lost");
    if (responseObject.errorCode !== 0) {
        console.log("onConnectionLost: " +
responseObject.errorMessage);
    }
}

```

```

    }
}

```

Lalu untuk bagian pengiriman data ke Broker dari NodeMCU dapat dilihat dari kode program dibawah ini :

Tabel 5. 5 Source Publish MQTT di Embedded System

```

const char* mqtt_broker = "maqiatto.com";
const char* topic = "zakariyaapw09@gmail.com/cobaMQTT";
const char* topic2 = "zakariyaapw09@gmail.com/suhu";
const char* topic3 = "zakariyaapw09@gmail.com/Fuzzy";
const char* topic4 = "zakariyaapw09@gmail.com/relayPipa";
const char* topic5 = "zakariyaapw09@gmail.com/relayPompa";
const char* topic6 = "zakariyaapw09@gmail.com/Manual";
const char* mqtt_username = "zakariyaapw09@gmail.com";
const char* mqtt_password = "Aji12345";
const int mqtt_port = 1883;

void setup() {
    WiFi.begin(ssid, password);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.println("Connecting to WiFi..");
    }
    Serial.println("Connected to the WiFi network");
    //connecting to a mqtt broker
    client.setServer(mqtt_broker, mqtt_port);
    client.setCallback(callback);
    while (!client.connected()) {
        String client_id = "esp8266-client-";
        client_id += String(WiFi.macAddress());
        Serial.println("Connecting to public emqx mqtt broker.....");
        if (client.connect(client_id.c_str(), mqtt_username, mqtt_password))
        {

```

```

        Serial.println("Public emqx mqtt broker connected");
    } else {
        Serial.print("failed with state ");
        Serial.print(client.state());
        delay(2000);
    }
}

}

Void loop(){
    client.publish(topic, suhu2.c_str());
    client.publish(topic2, tds2.c_str());
}

```

5.1.7 Implementasi 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 Orde Nol dengan asumsi data temperatur yang diterima dari sensor temperatur adalah 30 °C, data dari sensor TDS 650 ppm

1. Proses Defuzifikasi

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

a. Himpunan Keanggotaan Suhu

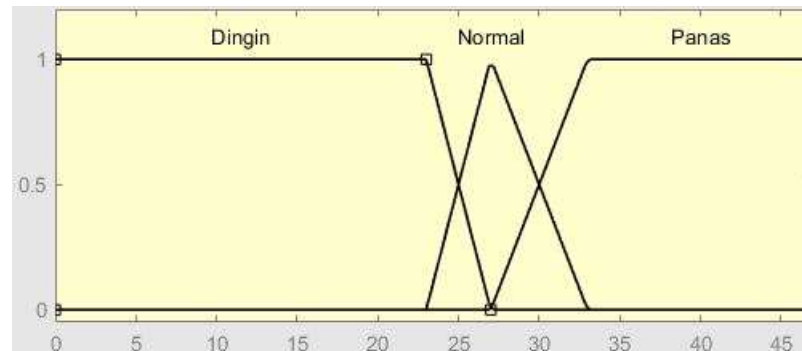
Himpunan keanggotaan temperatur memiliki tiga himpunan yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 6 Himpunan Keanggotaan Suhu

Himpunan Keanggotaan Fuzzy	Range Nilai
Suhu Dingin	23 °C - 27 °C
Suhu Normal	27 °C – 33 °C

Suhu Panas	33 °C – 40 °C
------------	---------------

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



Gambar 5. 17 Himpunan Keanggotaan Fuzzy

Diketahui bahwa nilai temperatur 30 °C termasuk kedalam himpunan suhu Normal sehingga diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 - \mu_{\text{Dingin}} &= \begin{cases} 1 & x \leq 23 \\ \frac{27-x}{27-23} & 23 \leq x \leq 27 \\ 0 & X \geq 30 \end{cases} \\
 - \mu_{\text{Normal}} &= \begin{cases} 0 & x \leq 23 \text{ atau } x \geq 33 \\ \frac{x-23}{27-23} & 23 \geq x \leq 27 \\ \frac{33-x}{33-27} & 27 \geq x \leq 33 \end{cases} \\
 - \mu_{\text{Panas}} &= \begin{cases} 0 & x \leq 27 \\ \frac{x-27}{33-27} & 27 \leq x \leq 33 \\ 1 & X \geq 33 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Maka Diperoleh hasil sebagai Fuzzifikasi Suhu berikut :

- $\mu_{\text{Dingin}} = 0$
- $\mu_{\text{Normal}} = 0.50$
- $\mu_{\text{Panas}} = 0.50$

b. Himpunan Keanggotaan TDS

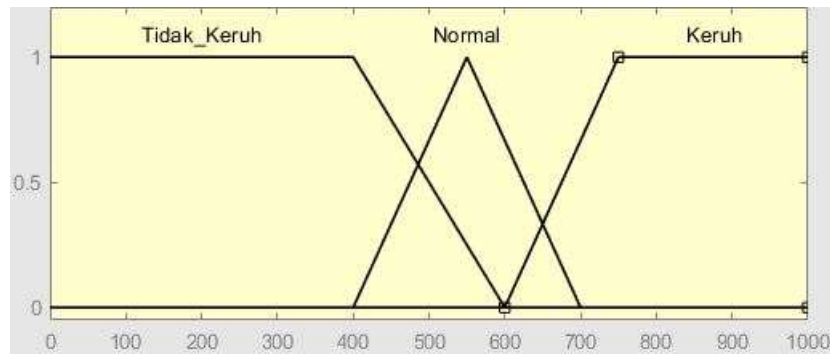
Himpunan keanggotaan pH memiliki tiga himpunan yang dapat dilihat pada tabel

Tabel 5. 7 Tabel Keanggotaan TDS Air

Himpunan Keanggotaan Fuzzy	Range Nilai
----------------------------	-------------

TDS Tidak Keruh	400ppm – 600ppm
TDS Normal	550ppm – 700ppm
TDS Keruh	750ppm – 1000ppm

Representasi dari himpunan keanggotaan Fuzzy dengan variabel pH dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. 18 Himpunan Keanggotaan Fuzzy

Diketahui bahwa nilai TDS 650 ppm termasuk kedalam himpunan TDS Normal sehingga diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 - \mu_{\text{TidakKeruh}} &= \begin{cases} 1 & x \leq 400 \\ \frac{550-x}{550-400} & 200 \leq x \leq 550 \\ 0 & X \geq 550 \end{cases} \\
 - \mu_{\text{Normal}} &= \begin{cases} 0 & x \leq 400 \text{ atau } x \geq 700 \\ \frac{x-400}{550-400} & 550 \geq x \geq 400 \\ \frac{700-x}{700-550} & 550 \geq x \geq 700 \end{cases} \\
 - \mu_{\text{Keruh}} &= \begin{cases} 0 & x \leq 600 \\ \frac{x-600}{750-600} & 600 \leq x \leq 750 \\ 1 & X \geq 750 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Maka Diperoleh hasil sebagai Fuzzifikasi Suhu berikut :

- $\mu_{\text{Tidak Keruh}} = 0$
- $\mu_{\text{TDSNormal}} = 0.33$
- $\mu_{\text{TDSKeruh}} = 0.33$

2. Proses Fungsi Implikasi Inferensi

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

Suhu	TDS	Pompa / Pipa
Dingin	Tidak Keruh	Pipa & Pompa Tertutup
Dingin	TDS Normal	Pipa & Pompa Tertutup
Dingin	Keruh	Pipa & Pompa Terbuka lama
Normal	Tidak Keruh	Pipa & Pompa Tertutup
Normal	TDS Normal	Pipa & Pompa Terbuka Sebentar
Normal	Keruh	Pipa & Pompa Terbuka Lama
Panas	Tidak Keruh	Pipa & Pompa Terbuka Lama
Panas	TDS Normal	Pipa & Pompa Terbuka Lama

Panas	Keruh	Pipa & Pompa Terbuka Lama
-------	-------	---------------------------

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

$$\alpha_i = \mu A_1(X) \cap \mu B_1(X) = \text{MIN} \{ \mu A_1(X), \mu B_1(X) \}$$

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

IF (X1 is A1).(X2 is A2).(X3 is A3).(X4 is A4) (Xn is An) THEN z =k

Keterangan :

- X_n : adalah variabel input.
- A_n : adalah himpunan keanggotaan.

Variabel kondisi digunakan untuk menentukan waktu kejernihan dari aturan implikasi yang terdiri dari Pipa Air AND Pompa Air Mati , Pipa Air AND Pompa Air Nyala sebentar dan Pipa Air AND Pompa Air Nyala Lama. Range variabel kondisi dapat dilihat pada tabel berikut.

Variabel Kondisi	Range Kondisi Air
Pipa Air AND Pompa Air Mati	0
Pipa Air AND Pompa Air Nyala sebentar	5
Pipa Air AND Pompa Air Nyala Lama	7

Rentang nilai pada variabel Pipa Air AND Pompa Air Mati dimulai dari nilai defuzzifikasi 0 , variabel Pipa Air AND Pompa Air Nyala sebentar bernilai kurang dari 5, variabel Pipa Air Mati AND Pompa Air mati bernilai 7. Berikut adalah rule base untuk menentukan output-nya. Untuk proses penjernihan air nantinya setiap kondisi akan dikalikan dengan angka 3 sehingga penggantian air sesuai dengan volume aquarium yang digunakan untuk percobaan ini.

Status 1 = Pipa Air AND Pompa Air Mati

Status 2 = Pipa Air AND Pompa Air Nyala Sebentar

Status 3 = Pipa Air AND Pompa Air Nyala Lama

[R1] IF Temperatur Dingin AND TDS Tidak Keruh THEN Status 1

α – predikat1 = μ Temperatur Dingin \cap μ TDS Tidak Keruh

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

$$= 0$$

[R2] IF Temperatur Dingin AND TDS Normal THEN Status 1

$$\alpha - \text{predikat2} = \mu_{\text{Temperatur Dingin}} \cap \mu_{\text{TDS Normal}}$$

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

$$= 0$$

[R3] IF Temperatur Dingin AND TDS Keruh THEN Status 3

$$\alpha - \text{predikat3} = \mu_{\text{Temperatur Dingin}} \cap \mu_{\text{TDS Keruh}}$$

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

$$= 0$$

[R4] IF Temperatur Normal AND TDS Tidak Keruh THEN Status 1

$$\alpha - \text{predikat4} = \mu_{\text{Temperatur Hangat}} \cap \mu_{\text{TDS Tidak Keruh}}$$

$$= \text{MIN} (0.5; 0)$$

$$= 0$$

[R5] IF Temperatur Normal AND TDS Normal THEN Status 1

$$\alpha - \text{predikat5} = \mu_{\text{Temperatur Hangat}} \cap \mu_{\text{TDS Normal}}$$

$$= \text{MIN} (0.5; 0.33)$$

$$= 0.33$$

[R6] IF Temperatur Normal AND TDS Keruh THEN Status 3

$$\alpha - \text{predikat6} = \mu_{\text{Temperatur Hangat}} \cap \mu_{\text{TDS Keruh}}$$

$$= \text{MIN} (0.5; 0.33)$$

$$= 0.33$$

[R7] IF Temperatur Panas AND TDS Tidak Keruh THEN Status 2

$$\alpha - \text{predikat7} = \mu_{\text{Temperatur Panas}} \cap \mu_{\text{TDS Tidak Keruh}}$$

$$= \text{MIN} (0.5; 0)$$

$$= 0$$

[R8] IF Temperatur Panas AND TDS Normal THEN Status 2

$$\alpha - \text{predikat8} = \mu_{\text{Temperatur Panas}} \cap \mu_{\text{TDS Normal}}$$

$$= \text{MIN} (0.5; 0.33)$$

$$= 0.33$$

[R9] IF Temperatur Panas AND TDS Keruh THEN Status 3

$$\alpha - \text{predikat9} = \mu_{\text{Temperatur Panas}} \cap \mu_{\text{TDS Keruh}}$$

$$= \text{MIN} (0.5; 0.33)$$

$$= 0.33$$

Berdasarkan 9α – predikat yang sudah dibuat diatas, terdapat 5 rule yang tidak bernilai 0 yaitu : [R9][R8][R6][R5]

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.

$$\text{Usf [Xi]} = \text{MAX} (\text{Usf [Xi]}, \text{Ukf [Xi]})$$

Keterangan :

- Usf [Xi] : nilai keanggotaan dari solusi fuzzy sampai urutan ke –i.
- Ukf [Xi] : nilai keanggotaan dari solusi fuzzy sampai urutan ke –i.

Sehingga diperoleh nilai komposisi maksimal sebagai berikut :

$$\text{Tertutup} = \text{MAX} (0) = 0$$

$$\text{Terbuka Cepat} = \text{MAX} (0.5, 0.33) = 0.5$$

$$\text{Terbuka Lama} = \text{MAX} (0.5, 0.33) = 0.5$$

4. Defuzzifikasi

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

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

Keterangan :

a_i : adalah α – predikat ke – i.

z_i : adalah konsekuensi ke – i.

Sehingga hasil rata – ratanya adalah :

$$WA_{pompa} = \frac{(0 \times 7) + (0.33 \times 0) + (0.33 \times 7) + (0 \times 5) + (0.33 \times 5) + (0.33 \times 7)}{(0.33 + 0.33 + 0.33 + 0.33 + 0)}$$

$$WA_{pompa} = \frac{6.27}{1.32}$$

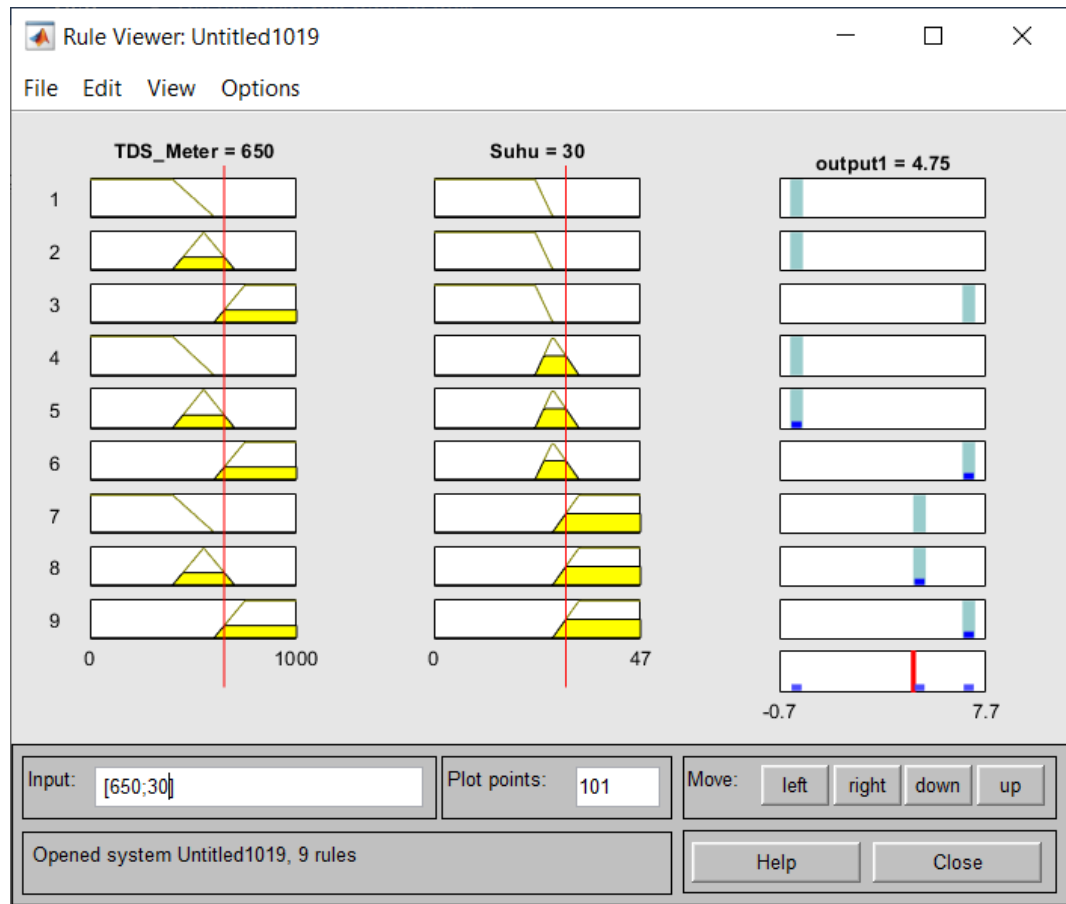
$$WA_{pompa} = 4.75$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Metode Fuzzy Sugeno dengan input temperatur yang diterima adalah 30 C dan TDS 650 ppm menghasilkan nilai tegas 4.75 atau nilai linguistik dengan Terbuka Senemtar yang berarti Pompa Air Menyala Sebentar AND Pompa Air Menyala Sebentar. Hasil perhitungan manual dalam bentuk excel adalah sebagai berikut :

Input	Fuzzyfikasi Suhu Udara	Atas Kasus	Output
Suhu Udara: 30	S. Dingin: 0.00, S. Normal: 0.50, S. Panas: 0.50	R1: 0.00, R2: 0.00, R3: 0.00, R4: 0.00, R5: 0.00, R6: 0.00, R7: 0.00, R8: 0.00, R9: 0.00	Langkah 1: Fuzzy dan Premis: 0.00, Langkah 2: Defuzzifikasi: 4.75
Kandungan Nitrat: 650	Fuzzyfikasi Kandungan Nitrat		Hasil Fuzzy: 4.75
Status: 0			
Faktorup: 0			
Terdapat Capai: 0			
Terdapat Laras: 7			

Gambar 5. 19 Perhitungan metode fuzzy sugeno excel

Dalam percobaan menggunakan excell angka perhitungan sama dengan hasil perhitungan fuzzy sugeno yang ada pada sistem ini dan selanjutnya akan dicocokkan dengan aplikasi matlab kesamaan dari hasil perhitungan yang ada :



Gambar 5. 20 Perhitungan metode fuzzy sugeno MathLab

Pada Percobaan di matlab juga mempunyai kesamaan hasil perhitungan sehingga perhitungan sistem sudah sesuai dengan metode Fuzzy Sugeno

5.2 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.


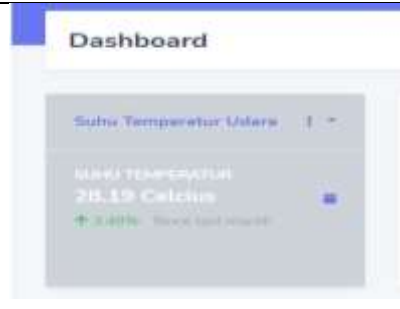
Sedangkan pengujian metode Fuzzy Sugeno bertujuan untuk mengetahui hasil perhitungan yang dilakukan secara manual ataupun perhitungan sistem sesuai dengan landasan teori metode Fuzzy Sugeno, kesesuaian hasil perhitungan sistem

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

5.2.1 Pengujian DS18B20

Pengujian sensor temperatur DS18B20 melalui dua tahap yaitu pengujian fungsionalitas dan pengujian nilai temperatur dengan termometer. Pengujian fungsionalitas dapat dilihat pada skenario pengujian sebagai berikut :

Tabel 5. 8 Pengujian sensor temperatur DS18B20

<i>Case</i>	Pengujian Sensor Temperatur DS18B20	
Skenario pengujian	Pembacaan data temperatur pada sensor DS18B20	
Hasil yang diharapkan	Sensor dapat membaca dan menampilkan data temperatur	
Hasil pengujian	Sensor berhasil membaca dan menampilkan data temperatur	
Gambar		
Keterangan	Terdapat selisih 0.7 Celcius dalam pembacaan sensor DS18B20 dengan thermometer Air	

Pengujian yang dilakukan adalah dengan mencelupkan probe dari sensor temperatur DS18B20 ke dalam 3 jenis kondisi yaitu, air es, temperatur ruangan dan air panas.

5.2.2 Pengujian Sensor TDS

Pengujian fungsional sensor TDS dilakukan agar perangkat dapat membaca kepadatan cairan. Skenario pengujian sensor TDS adalah sebagai berikut :

Tabel 5. 9 Pengujian sensor TDS

<i>Case</i>	Pengujian Sensor TDS Air
-------------	---------------------------------

Skenario pengujian	Pembacaan data kadar kepadatan pada sensor TDS	
Hasilyang diharapkan	Sensor dapat membaca dan menampilkan data TDS	
Hasil pengujian	Sensor berhasil membaca dan menampilkan data TDS	
Gambar		
Keterangan	✓ Sesuai	Tidak Sesuai

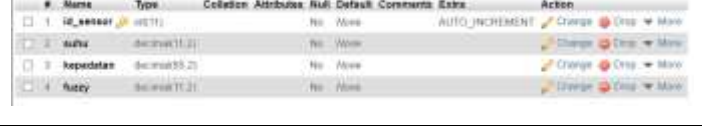
Pengujian sensor pH yang dilakukan adalah menggunakan tiga Air yang bernilai 456, 587 dan 982 ke dalam botol kemudian mencelupkan probe sensor satu persatu ke dalam botol secara bergantian.

5.2.3 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. 10 Tabel Pengujian Input Data

<i>Case</i>	Pengujian Input Data
Skenario pengujian	Melakukan input data sensor ke database dari NodeMCU
Hasil yang diharapkan	Data sensor dapat di input-kan ke database dari NodeMCU yang mengirim data ke web lalu diteruskan ke Database

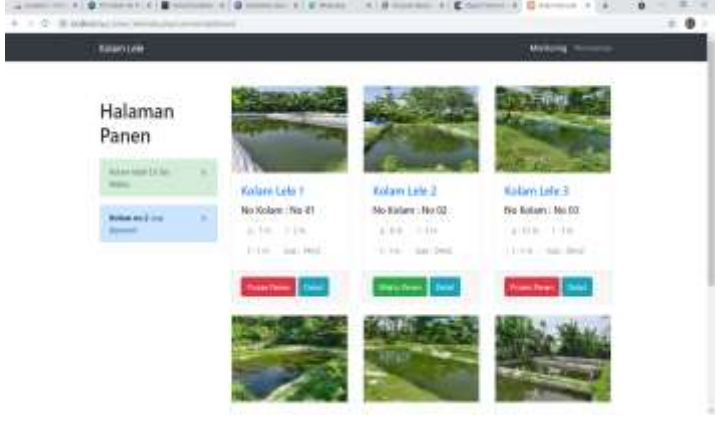
Hasil pengujian	Data sensor berhasil di input-kan ke database dari NodeMCU yang dikirim ke web lalu disimpan di database																																																		
Gambar 1	 <pre>function simpanData(){ if(OutPipa <= 1){ status = 1; }else if(OutPipa <= 3){ status = 2; }else if(OutPipa > 3 OutPipa <= 7){ status = 3; } var suhu = messagePayloadSuhu; var tds1 = messagePayloadKekeruhan; var hasfuzzy = OutPipa; \$.ajax({ type: "POST", url: "http://localhost/app_kolan_1ele/admin/Simpan/sensor", cache: false, data: { 'suhu': suhu, 'kepadatan': tds1, 'fuzzy': hasfuzzy, 'Status': status}, success: function (result) { console.log("Status", result); }, error: function (result) { console.log(result); } }); } var start = Date.now(); setInterval(function () { simpanData(); }, 120000); // update about every second</pre>																																																		
Gambar 2	 <pre>{ suhu: 25.38, kepadatan: 229, fuzzy: 25.38, Status: 1 }</pre>																																																		
Gambar 3	<pre>onMessageArrived: 25.38 Suhu 25.38 Status Database Masuk onMessageArrived: 229 Kekeruhan 229</pre>																																																		
Gambar 4	 <table border="1"><thead><tr><th>#</th><th>Name</th><th>Type</th><th>Collision</th><th>Atribut</th><th>Nilai</th><th>Default</th><th>Comments</th><th>Extra</th><th>Action</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>id_sensor</td><td>INT(11)</td><td>No</td><td>None</td><td></td><td>AUTO_INCREMENT</td><td></td><td></td><td>Change Delete Move</td></tr><tr><td>2</td><td>suhu</td><td>decimal(11,2)</td><td>No</td><td>None</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Change Delete Move</td></tr><tr><td>3</td><td>kepadatan</td><td>decimal(11,2)</td><td>No</td><td>None</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Change Delete Move</td></tr><tr><td>4</td><td>fuzzy</td><td>decimal(11,2)</td><td>No</td><td>None</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Change Delete Move</td></tr></tbody></table>	#	Name	Type	Collision	Atribut	Nilai	Default	Comments	Extra	Action	1	id_sensor	INT(11)	No	None		AUTO_INCREMENT			Change Delete Move	2	suhu	decimal(11,2)	No	None					Change Delete Move	3	kepadatan	decimal(11,2)	No	None					Change Delete Move	4	fuzzy	decimal(11,2)	No	None					Change Delete Move
#	Name	Type	Collision	Atribut	Nilai	Default	Comments	Extra	Action																																										
1	id_sensor	INT(11)	No	None		AUTO_INCREMENT			Change Delete Move																																										
2	suhu	decimal(11,2)	No	None					Change Delete Move																																										
3	kepadatan	decimal(11,2)	No	None					Change Delete Move																																										
4	fuzzy	decimal(11,2)	No	None					Change Delete Move																																										
Keterangan	<p>[✓] Sesuai</p> <p>[] Tidak Sesuai</p>																																																		

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

5.2.4 Pengujian Perkiraan Pemanenan

Tahap ini bertujuan untuk menguji fungsi perkiraan waktu panen dengan menset waktu yang tebar benih agar petani lele mengetahui kapan perkiraan lele dipanen. Skenario pengujian ini dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5. 11 Tabel Pemanenan

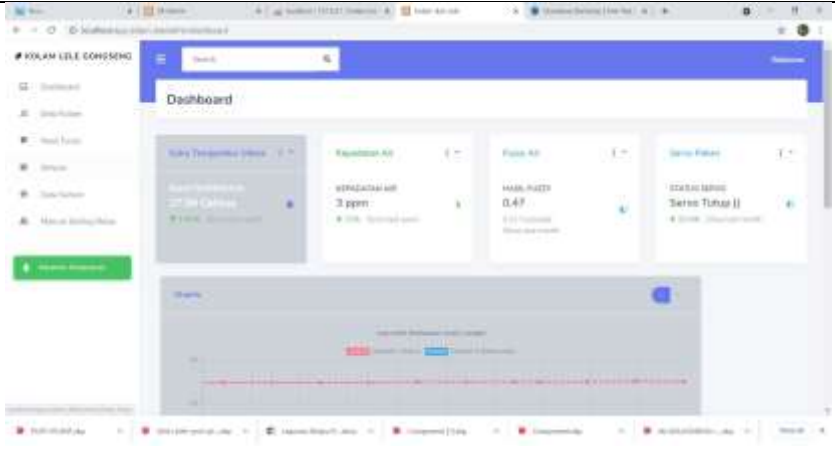
<i>Case</i>	Pengujian Website	
Skenario pengujian	Halaman pemanenan menyajikan informasi kapan awal tebar benih yang akan dihitung 82 hari setelah set waktu yang ditentukan	
Hasil yang diharapkan	Halaman Pemanenan dapat menyajikan informasi kapan awal tebar benih yang akan dihitung 82 hari setelah set waktu yang ditentukan	
Hasil pengujian	Halaman Pemanenan dapat menyajikan informasi perkiraan panen sesuai dengan yang diinginkan oleh user yaitu 82 hari setelah set waktu tebar benih.	
Gambar		
Keterangan	[✓]Sesuai	[]Tidak Sesuai

5.2.5 Pengujian Website Monitoring

Tahap ini bertujuan untuk menguji 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. 12 Pengujian Website Monitoring

<i>Case</i>	Pengujian Website
-------------	--------------------------

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

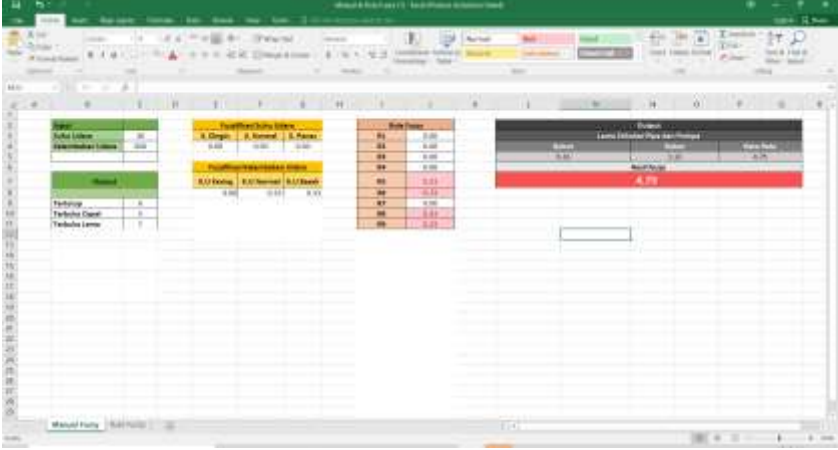
Pengujian website monitoring dilakukan dengan menampilkan nilai dari sensor dan aktuator. Kemudian dilakukan komparasi dengan nilai dari keluaran microcontroller.

5.2.6 Pengujian Fuzzy

Pada pengujian terhadap metode Fuzzy Sugeno dilakakun 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. 13 Tabel Pengujian Fuzzy Sugeno

Case	Pengujian Metode Fuzzy Sugeno
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 1		
Gambar 2	<pre> onMessageArrived: 30.00 Suhu 30 onMessageArrived: 650 Kekeruhan 650 4.7499999999999999 30 650 0 0.5 0.5 0 0.3333333333333333 0.3333333333333333 </pre>	
Keterangan	<input checked="" type="checkbox"/> Sesuai	<input type="checkbox"/> Tidak Sesuai

5.2.7 Pengujian Actuator

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 celup air dan pompa air.

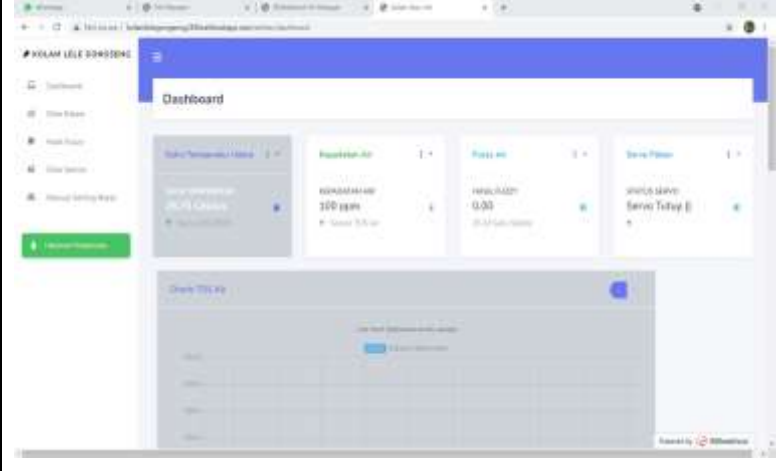
Tabel 5. 14 Tabel Pengujian Aktuator

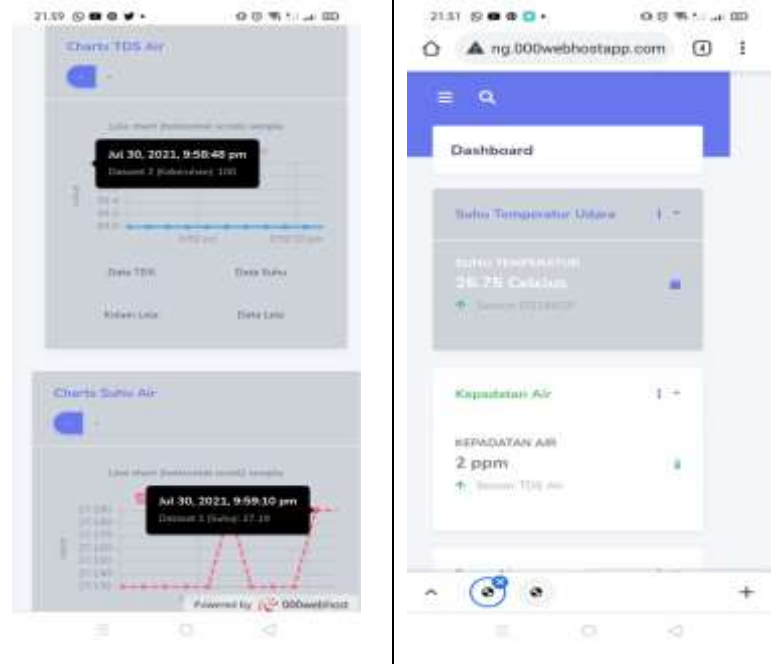
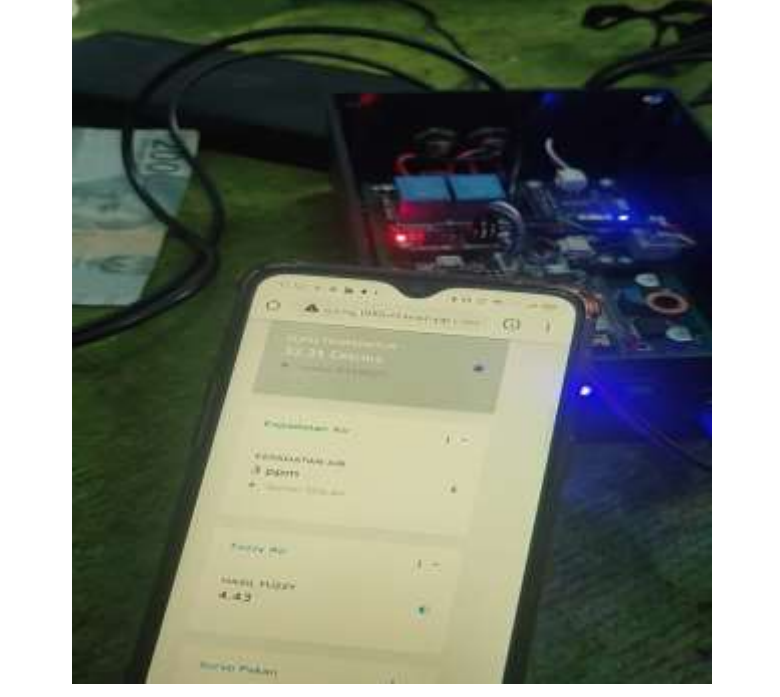
Case	Pengujian Aktuator	
Skenario pengujian	Menjalankan rangkaian program sesuai rules yang ditentukan	
Hasil yang diharapkan	Mampu menjalankan rangkaian program sesuai rules yang ditentukan	
Hasil pengujian	Menjalankan rangkaian program sesuai rules yang ditentukan	
Gambar 1 (Pipa dan Pompa)		
Gambar 2 (Output Aktuator)		
Keterangan	<input checked="" type="checkbox"/> Sesuai	<input type="checkbox"/> Tidak Sesuai

5.2.8 Pengujian Hosting Website

Pengujian fungsional bertujuan untuk mengetahui sistem dapat dijalankan di mana saja, sehingga proses monitoring dapat dilakukan di mana saja dan bisa diakses di Laptop atau handphone ketika terkoneksi dengan internet, Hosting dicoba melalui penyedia hosting 000webhost.com dengan alamat web <http://kolamlelegongseng.000webhostapp.com/admin/dashboard>

Tabel 5. 15 Tabel Percobaan Hosting

Case	Pengujian Hosting
Skenario pengujian	Menjalankan website di internet dengan alamat yang telah dibuat.
Hasil yang diharapkan	Mampu menjalankan website di laptop dan di handphone
Hasil pengujian	Website berjalan dengan normal meskipun sedikit lemot karena hosting gratis.
Gambar 1 (Pada Laptop)	

<p>Gambar 2 (Pada Handphone)</p>		
<p>Gambar 3 (Pengiriman Data ke actuator)</p>		
<p>Hasil Pengujian</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Sesuai</p>	<p><input type="checkbox"/> Tidak Sesuai</p>

5.2.9 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 :

Tabel 5. 16 Tabel Pengujian Fungsional

No.	Pengujian Fungsional	Hasil Pengujian	
		Sesuai	Tidak Sesuai
1.	Menampilkan data sensor DS18B20, Sensor TDS Air	✓	
2.	Menampilkan data sensor DS18B20, Sensor TDS Air pada website monitoring secara realtime	✓	
3.	Melakukan insert data ke dalam database dengan bersamaan dengan data pesan masuk dari publih NodeMCU	✓	
4.	Melakukan implementasi protokol mqtt	✓	
5.	Menyalakan aktuator sesuai kondisi (automasi)	✓	
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, melakukan implementasi Protokol MQTT, menyalakan aktuator sesuai dengan kondisi yang ditentukan dan melakukan hosting website agar bisa diakses jarak jauh menggunakan internet.