

# Rancang Bangun Sistem *Conditioning* Udara Berbasis IoT pada Studi Kasus Tanaman Selada Hidroponik

(*Design and Development of Air Conditioning System Based on IoT in Case Study Hydroponic Lettuce Plant*)

Anak Agung Angga Dwipa\*, I Gede Putu Wirarama Wedashwara W, Ariyan Zubaidi.

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram  
Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA  
Email: anggaagung949@gmail.com, [wirarama, zubaidi13]@unram.ac.id

\*Penulis korespondensi

**Abstract** Air temperature and humidity as well as water temperature are very important environment variables in planting DFT hydroponic lettuce plants in a greenhouse. Controlling and monitoring the temperature and humidity still done manually by farmers. This problem can be solved by building an air conditioning system that implements the concept of the Internet of Things, which plays a role in automation control of actuators, and the MQTT protocol as its data communication medium. Based on the test results, the system has been able to perform measurement and conditioning of air temperature, humidity and water temperature in the greenhouse automatically. Comparison of test and observation result data with sunny weather conditions, showing that the average and maximum value of air and water temperature in the test are lower compared to the observation data. While the average and minimum value of humidity in the test are higher than the observation data.

**Key words:** Lettuce, DFT hydroponic, Greenhouse, Internet of Things, MQTT.

## I. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan kebutuhan gizi menyebabkan bertambahnya permintaan dan kebutuhan masyarakat akan sayuran, salah satunya adalah pada tanaman sayuran selada. Selada merupakan salah satu komoditi hortikultura yang memiliki nilai komersial yang cukup baik [1].

Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) secara nasional digambarkan bahwa ekspor selada pada tahun 2002 adalah 47.942 ton meningkat menjadi 55.710 ton pada tahun 2003. Salah satu alternatif dalam meningkatkan produktivitas tanaman selada adalah dengan membudidayakan tanaman secara hidroponik. Selain tumbuh di dataran tinggi atau daerah pegunungan, tanaman selada juga dapat tumbuh optimal di dataran rendah atau daerah perkotaan dengan menerapkan metode bercocok tanam hidroponik sistem DFT (*Deep Flow Technique*) di dalam sebuah *greenhouse* [2].

Suhu dan kelembaban merupakan variabel lingkungan yang sangat penting untuk diperhatikan dalam bercocok

tanam tanaman selada hidroponik di dalam sebuah *greenhouse*. Pertumbuhan selada akan optimal pada kisaran suhu udara 25 °C sampai 28 °C dan kelembaban berkisar antara 65% sampai 78% [3]. Kondisi suhu dan kelembaban udara yang tidak stabil menyebabkan tanaman menjadi layu dan berkembangnya bibit penyakit sehingga pertumbuhan pada tanaman selada menjadi tidak optimal. Kondisi suhu udara juga berpengaruh terhadap kondisi suhu air pada media tanam hidroponik. Suhu air yang stabil juga sangat penting agar tanaman selada dapat menyerap unsur hara dengan maksimal. Pengendalian suhu dan kelembaban udara pada pertanian selada hidroponik di dalam sebuah *greenhouse* umumnya masih dilakukan secara manual oleh petani, dimana petani harus melakukan penyiraman pada daun tanaman selada untuk menjaga suhu dan kelembabannya agar tetap stabil. Selain itu, petani masih menggunakan *feeling* dan perkiraan untuk memantau kondisi suhu dan kelembaban pada *greenhouse*, sehingga petani tidak mengetahui pasti waktu yang tepat untuk melakukan penyiraman, seperti yang diterapkan pada tempat pembudidayaan tanaman selada hidroponik Mustika *Hydrofarm* yang berlokasi di lingkungan Sweta Kecamatan Cakranegara. Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan suatu sistem *conditioning* udara pada tanaman selada hidroponik di dalam sebuah *greenhouse*, sehingga dapat mempermudah petani dalam melakukan pengendalian dan pemantauan suhu dan kelembaban pada tanamannya.

Sistem *conditioning* udara merupakan sistem yang dirancang untuk melakukan pengkondisian atau menstabilkan suhu dan kelembaban udara pada suatu area tertentu. Pada penelitian ini, sistem *conditioning* udara yang dibangun menerapkan konsep IoT (*Internet of Things*) yaitu memanfaatkan konektivitas *internet* untuk interaksi antara mikrokontroler dan sistem *web* yang akan mengendalikan kipas dan pompa *sprinkler* secara otomatis serta sebagai media pemantauan dan pengaturan parameter ambang batas suhu dan kelembaban udara serta suhu air pada tanaman selada hidroponik di dalam sebuah

*greenhouse*. Kemudian penerapan protokol MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) sebuah protokol komunikasi yang bersifat *client-server*, agar terciptanya komunikasi data secara dua arah dengan cepat perangkat dan sistem *web* [4]. Protokol MQTT cocok digunakan karena memiliki *delay* pengiriman data dengan kualitas yang baik, karena menghasilkan rata – rata *delay* sebesar 0.028183014 detik dan *packet loss* dari *publisher* ke *server* sebesar 0% pada studi kasus sistem parkir Universitas Brawijaya [5].

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terkait sistem *monitoring* maupun pengendalian suhu dan kelembaban udara ataupun suhu air pernah dilakukan. Pertama penelitian tentang sistem kontrol suhu pada sebuah *greenhouse* berukuran panjang 2 meter, lebar 2 meter dan tinggi 2 meter. Pada penelitian ini media pemantauannya yang hanya menggunakan modul *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 sehingga proses pemantauan belum dapat dilakukan secara jarak jauh dan belum menerapkan protokol tertentu dalam komunikasi datanya [6].

Penelitian kedua tentang sistem *monitoring* kelembaban tanah, kelembaban udara dan suhu pada lahan pertanian. Penelitian ini telah dapat mendeteksi suhu, kelembaban udara dan kelembaban tanah dengan baik dengan komunikasi data secara *realtime* menggunakan protokol MQTT serta hasil *monitoring* ditampilkan pada *webservice thingsboard* [7].

Penelitian ketiga tentang sistem pengendalian suhu dan kelembaban pada tanaman selada dengan sistem aeroponik. Penelitian ini menggunakan modul *Liquid Crystal Display* (LCD) sebagai media *monitoring* dan tidak menggunakan protokol dalam komunikasi datanya, sehingga proses pemantauan belum dapat dilakukan dengan jarak jauh [3].

Penelitian keempat tentang sistem *monitoring* parameter suhu pada tanaman cabe merah di dalam sebuah *greenhouse* berukuran panjang 3,6 meter, lebar 3 meter dan tinggi 3 meter. Pada penelitian ini hanya berfokus pada proses *monitoring*, sehingga tidak dapat melakukan pengendalian atau pengkondisian suhu pada *greenhouse* dan tidak menggunakan protokol dalam komunikasi datanya [8].

Penelitian kelima tentang tentang pendingin otomatis akuarium dengan menggunakan sensor suhu air DS18B20 tipe *waterproof*. Pada penelitian ini media *monitoring* hanya menggunakan serial monitor pada aplikasi Arduino IDE dan belum menggunakan protokol tertentu dalam komunikasi datanya [9].

Dari beberapa literatur di atas, sistem yang akan dibuat untuk melakukan pemantauan dan pengkondisian suhu dan kelembaban udara serta suhu air tanaman selada hidroponik di dalam sebuah *greenhouse*. Sistem berbasis *web* dengan protokol MQTT sebagai protokol komunikasi datanya yang berfungsi sebagai media *monitoring* dan pengaturan parameter suhu dan kelembaban udara serta suhu air.

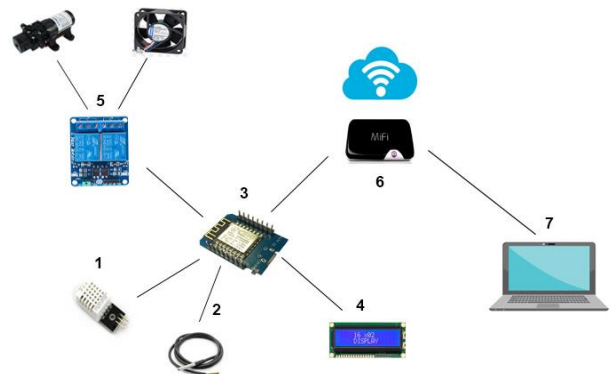
## III. METODE PERANCANGAN

### A. Perancangan Perangkat Keras

Pada tahap perancangan perangkat keras, akan dilakukan perancangan terhadap arsitektur sistem dan gambaran rangkaian elektronika dari sistem *conditioning* udara berbasis IoT pada studi kasus tanaman selada hidroponik.

#### A.1. Arsitektur Sistem

Gambaran dari arsitektur sistem *conditioning* udara berbasis IoT pada studi kasus tanaman selada hidroponik yang akan dibangun dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Sistem

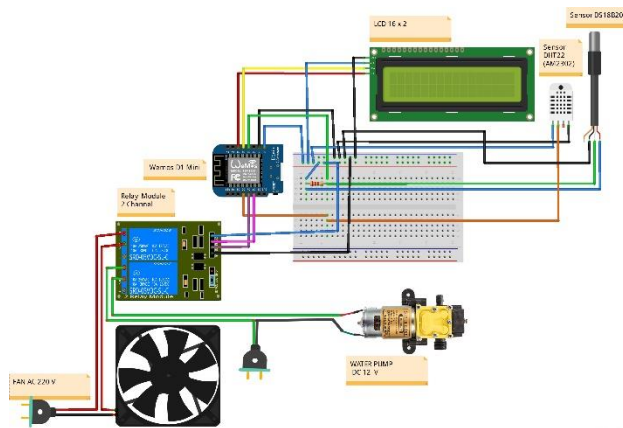
Arsitektur dari sistem *conditioning* udara berbasis IoT pada studi kasus tanaman selada hidroponik yang akan dibuat pada penelitian ini, terdiri dari beberapa perangkat yang saling terhubung. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing proses yang terdapat pada Gambar 1.

1. Sensor suhu dan kelembaban DHT22 pada rangkaian elektronika, digunakan untuk mendeteksi terjadinya perubahan suhu dan kelembaban udara di sekitar *greenhouse* tanaman selada hidroponik.
2. Sensor suhu air DS18B20 pada rangkaian elektronika digunakan untuk mendeteksi terjadinya perubahan suhu air pada media tanam hidroponik.
3. Mikrokontroler Wemos D1 Mini, digunakan untuk mengambil data dari sensor, menampilkan hasil pembacaan sensor ke LCD, melakukan perintah ke *relay* serta mengirim data dengan protokol MQTT.
4. LCD 16 x 2 karakter akan menampilkan pembacaan suhu dan kelembaban udara serta suhu air dari sensor dan mikrokontroler.
5. *Relay module 2 channel* pada rangkaian elektronika, digunakan untuk melakukan pengontrolan yaitu menyalakan atau mematikan pompa *sprinkler* dan kipas angin. Pompa *sprinkler* dan kipas angin akan menyala dan mati secara otomatis, yang dikendalikan oleh *relay* sesuai dengan perintah dari mikrokontroler.
6. MiFi (Mobile Wi-Fi) sebagai *router* dan *wireless* modem untuk sarana penyedia koneksi *internet* agar mikrokontroler dapat terhubung dan bertukar data dengan sistem *web* melalui *internet*.

7. Sistem berbasis *web*, digunakan sebagai penerima data dari rangkaian elektronika yang dibuat untuk ditampilkan serta untuk pengaturan parameter suhu dan kelembaban udara serta suhu air yang dilakukan oleh pengguna sistem.

**A.2. Rangkaian Elektronika**

Gambaran dari rangkaian elektronika sistem *conditioning* udara berbasis IoT pada studi kasus tanaman selada hidroponik yang akan dibangun dapat dilihat pada Gambar 2. Rangkaian ini terdiri dari lima perangkat keras yang dihubungkan menjadi sebuah perangkat sistem *conditioning* udara yang terdiri dari Wemos D1 Mini sebagai mikrokontroler, sensor DHT22, sensor DS18B20, LCD 16x2, modul *relay*, pompa *sprinkler* dan kipas angin sebagai aktuatornya.



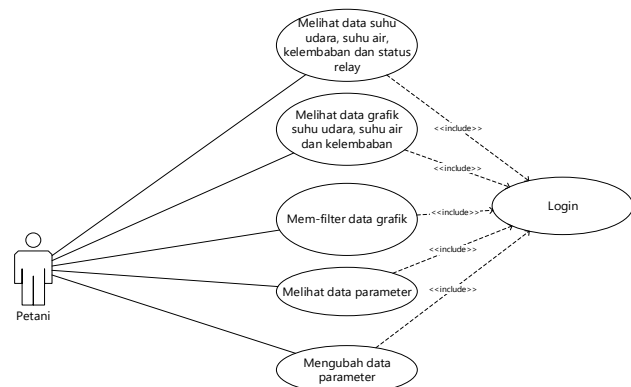
Gambar 2. Rangkaian Elektronika Sistem

**B. Perancangan Perangkat Lunak**

Pada tahap perancangan perangkat lunak, dilakukan perancangan *web* sistem *conditioning* udara. Selain merancang *web*, pada tahap ini juga akan dilakukan pemrograman untuk komunikasi data antara *web* dan perangkat IoT dengan protokol MQTT.

**B.1. Use Case Diagram**

Rancangan *use case* diagram dari sistem *conditioning* udara berbasis IoT pada studi kasus tanaman selada hidroponik dapat dilihat pada Gambar 3.

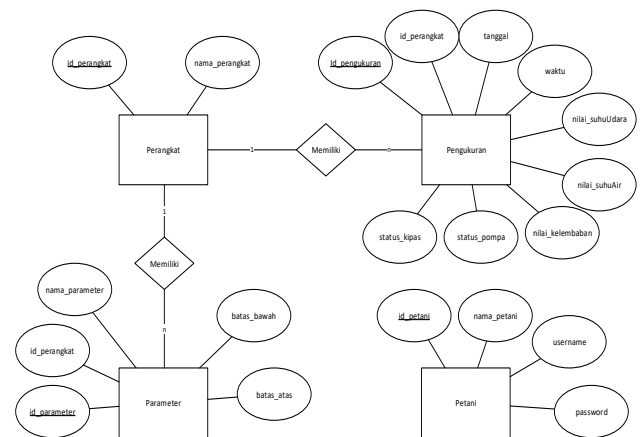


Gambar 3. Use Case Diagram Sistem

Terdapat enam aktivitas dan satu aktor yang menggunakan sistem yaitu petani pada sistem *conditioning* udara berbasis IoT pada studi kasus tanaman selada hidroponik yang dibangun. Petani dapat melakukan aktivitas melihat data suhu udara, suhu air, kelembaban dan status *relay*; melihat dan mem-*filter* data grafik suhu udara, suhu air dan kelembaban udara; melihat data parameter serta mengubah data parameter. Aktivitas melihat data suhu udara, kelembaban, suhu air dan status *relay*; melihat dan mem-*filter* data grafik suhu udara, suhu air dan kelembaban udara; melihat data parameter serta mengubah data parameter hanya dapat dilakukan apabila petani telah melakukan aktivitas *login* terlebih dahulu pada sistem.

**B.2. Entity Relationship Diagram**

Rancangan *entity relationship* diagram dari sistem *conditioning* udara berbasis IoT pada studi kasus tanaman selada hidroponik dapat dilihat pada Gambar 4.

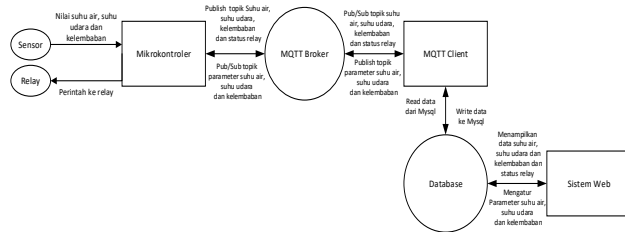


Gambar 4. Entity Relationship Diagram Sistem

Terdapat empat entitas pada sistem, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 yaitu, entitas petani, perangkat, pengukuran dan parameter. Pada entitas petani memiliki atribut *id\_petani*, *nama\_petani*, *username* dan *password*. Pada entitas perangkat terdiri dari atribut *id\_perangkat* dan *nama\_perangkat*. Kemudian pada entitas pengukuran memiliki atribut *id\_pengukuran*, *id\_perangkat*, *tanggal*, *waktu*, *nilai\_suhuUdara*, *nilai\_suhuAir*, *nilai\_kelembaban*, *status\_pompa* dan *status\_kipas* Sedangkan pada entitas parameter memiliki atribut *id\_parameter*, *id\_perangkat*, *nama\_parameter*, *batas\_bawah* dan *batas\_atas*.

**B.3. Komunikasi MQTT Sistem**

Rancangan dari komunikasi MQTT sistem, pada sistem *conditioning* udara berbasis IoT pada studi kasus tanaman selada hidroponik dapat dilihat pada Gambar 5. Komunikasi MQTT sistem, pada sistem *conditioning* udara berbasis IoT pada studi kasus tanaman selada hidroponik yang terdiri dari dua alur proses komunikasi. Alur proses pertama merupakan proses *publish* data pengukuran sensor dan status *relay* dari mikrokontroler menuju MQTT *broker*.



Gambar 5. Rancangan Komunikasi MQTT Sistem

Kemudian MQTT *client* yang berperan sebagai *subscriber* akan menerima data dan menyimpannya ke *database* dan selanjutnya akan ditampilkan ke sistem *web*. Sedangkan alur proses kedua merupakan proses *publish* data parameter ambang batas yang di-*set* oleh pengguna melalui sistem *web*. Kemudian MQTT *client* yang berperan sebagai *publisher* akan mem-*publish* data menuju ke MQTT *broker*. Selanjutnya mikrokontroler akan men-*subscribe* data tersebut dan akan memberi perintah ke *relay* sesuai dengan nilai ambang batas yang didapatkan.

### C. Observasi dan Kalibrasi Variabel Sensor

Pada tahap observasi dan kalibrasi variabel sensor, akan dilakukan proses pengamatan, pencatatan dan penyesuaian data variabel sensor yaitu suhu, kelembaban udara dan suhu air. Observasi dilakukan pada sebuah *greenhouse* berukuran panjang 4 meter, lebar 3 meter dan tinggi 3 meter yang didampingi oleh praktisi atau petani selada hidroponik. Data yang didapatkan akan disimpan pada *Microsoft excel* dan akan dijadikan referensi dalam pengaturan nilai parameter ambang batas dalam pengkondisian suhu dan kelembaban udara serta suhu air.

### D. Implementasi Sistem

Setelah tahap perancangan selesai dibuat, tahap selanjutnya adalah tahap implementasi dari sistem yang akan dibangun. Tahap implementasi ini akan dibagi menjadi tiga proses yaitu penyusunan perangkat keras, pembangunan kontrol aplikasi serta pembangunan sistem *web* dan protokol MQTT.

1. Pada tahap penyusunan perangkat keras, mikrokontroler Wemos D1 Mini, sensor suhu DHT22, sensor suhu air DS18B20, LCD dan *relay module* akan disusun menjadi satu rangkaian perangkat keras. Proses untuk merangkai alat ini disesuaikan dengan rancangan pada tahap rancangan perangkat keras sistem.
2. Pada tahap pembangunan kontrol aplikasi, rancangan kontrol aplikasi akan diimplementasikan ke dalam mikrokontroler Wemos D1 Mini menggunakan bahasa pemrograman C++, melalui Arduino IDE sebagai alat bantu.
3. Pada tahap pembangunan sistem *web* dan protokol MQTT, *web* akan dihubungkan dengan wemos D1 Mini melalui protokol MQTT, guna melakukan *monitoring* dan pengaturan parameter ambang batas suhu dan kelembaban udara serta suhu air. Dalam pembuatan sistem berbasis *web* dibangun menggunakan HTML, PHP, MySQL, *framework codeigniter* dan *bootstrap*.

### E. Pengujian dan Evaluasi Sistem

Pada tahap pengujian dan evaluasi sistem, dilakukan pengujian terhadap sistem yang sudah dibangun dan evaluasi dari hasil pengujian yang dilakukan tersebut. Pada penelitian ini teknik pengujian yang digunakan yaitu pengujian *black box* dan pengujian terhadap perangkat keras.

#### E.1. Black box

Pada pengujian *black box* dilakukan pada sistem berbasis *web*. Pengujian dilakukan untuk mengamati dan memeriksa fungsionalitas dari perangkat sistem berbasis *web*. Faktor yang diamati adalah fungsi-fungsi yang tidak benar atau hilang, kesalahan *interface*, kesalahan dalam akses *database*.

#### E.2. Pengujian Perangkat Keras

Pada pengujian perangkat keras ini dilakukan pada fungsionalitas dari perangkat IoT yang digunakan. Perangkat sudah berkerja dengan baik atau memiliki malfungsi sehingga menyebabkan hasil yang diinginkan dari alat tidak maksimal.

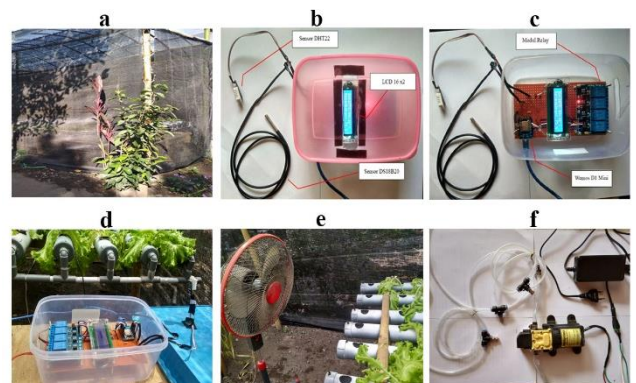
## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Realisasi Sistem

Pada realisasi sistem ini, akan membahas hasil dari penelitian Rancang Bangun Sistem *Conditioning* Udara Berbasis IoT pada Studi Kasus Tanaman Selada Hidroponik. Realisasi dilakukan sesuai dengan tahap perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pembahasan yang akan dijelaskan meliputi Realisasi penyusunan perangkat keras, Realisasi pembangunan *control application*, Realisasi tahap observasi dan kalibrasi variabel sensor, Realisasi pembangunan *database*, Realisasi pembangunan sistem berbasis *web* dan Realisasi pembangunan komunikasi protokol MQTT pada sistem.

#### A.1. Realisasi Penyusunan Perangkat Keras

Realisasi penyusunan perangkat keras dari Sistem *Conditioning* Udara Berbasis IoT pada Studi Kasus Tanaman Selada Hidroponik dapat dilihat pada Gambar 6 yang mengacu kepada rancangan perangkat keras pada Gambar 2.



Gambar 6. Realisasi Penyusunan Perangkat Keras



Pada tahap realisasi perangkat keras ini, perangkat dirangkai berdasarkan pada tahap perancangan yang telah dilakukan. Berdasarkan Gambar 6 terdapat lima perangkat keras yang dihubungkan menjadi sebuah perangkat sistem *conditioning* udara yang terdiri dari Wemos D1 Mini, sensor DHT22, sensor DS18B20, LCD 16x2, modul *relay*, pompa *sprinkler* dan kipas angin. Fungsi dari alat-alat tersebut adalah sebagai berikut:

- Gambar 6 a merupakan sebuah *greenhouse* yang menjadi tempat untuk diterapkannya Sistem *Conditioning* Udara berbasis IoT pada penelitian ini. *Greenhouse* Mustika *Hydrofarm* merupakan tempat pembudidayaan tanaman selada hidroponik, berlokasi di lingkungan Sweta, Kecamatan Cakranegara yang memiliki ukuran panjang 4 meter, lebar 3 meter dan tinggi 3 meter.
- Gambar 6 b merupakan realisasi perangkat keras tampak luar yang dapat dilihat terdiri dari sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, sensor DS18B20 untuk mengukur suhu air dan modul LCD 16 x 2 sebagai media *monitoring*.
- Gambar 6 c merupakan realisasi perangkat keras tampak dalam yang dapat dilihat terdiri dari Wemos D1 Mini sebagai mikrokontroler dan *relay module* untuk menyalakan dan mematikan aktuatur pompa *sprinkler* dan kipas angin pada sistem
- Gambar 6 d merupakan penempatan perangkat Sistem *Conditioning* Udara pada *greenhouse*.
- Gambar 6 e merupakan aktuatur kipas angin yang digunakan untuk menurunkan tingkat suhu air pada media tanam tanaman selada hidroponik serta menurunkan tingkat suhu udara di sekitar *greenhouse*.
- Gambar 6 f merupakan aktuatur pompa *sprinkler* yang digunakan untuk menaikkan tingkat kelembaban udara, yang bekerja dengan menyemprotkan air berupa embun halus disekitar ruang *greenhouse* dan membasahi daun – daun tanaman selada.

## A.2. Realisasi Pembangunan Control Application

Dalam realisasi pembangunan *control application* bahasa yang digunakan adalah bahasa C, dan IDE yang digunakan adalah Arduino IDE. Untuk membangun *control application* agar dapat terkoneksi dengan sensor DHT22, sensor DS18B20, modul LCD 16 x 2, modul *relay* serta berkomunikasi dengan *broker* melalui protokol MQTT. Realisasinya dapat dilihat pada Listing 1.

```
void callback(char* topic, byte* payload,
unsigned int length) {
    char message_buff[100];
    if (strcmp(topic,"topik/suhuMin")==0){
        Serial.print("Message arrived [");
        Serial.print(topic);Serial.print("] ");
        for (int i = 0; i < length; i++) {
            Serial.print((char)payload[i]);
            message_buff[i] = payload[i];
        }
        Serial.println();
        payload[length] = '\0';
        suhuUdaraMin = atoi(message_buff); } }
```

Listing 1. Source code method callback

Pada Listing 1, *source code method void callback* digunakan untuk menerima pesan atau *payload* pada sebuah topik yang telah di *subscribe*. Nilai pesan atau *payload* yang diterima merupakan nilai parameter ambang batas untuk suhu dan kelembaban udara serta suhu air.

```
if (temp > suhuUdaraMax && temp1 >
suhuAirMax){
    digitalWrite(relay2, LOW);
    statusKipas="Kipas Menyala";}
if ( temp < suhuUdaraMin && temp1 <
suhuAirMin){
    digitalWrite(relay2, HIGH);
    statusKipas="Kipas Mati";}
if ( hum > lembabMax){
    digitalWrite(relay1, HIGH);
    statusPompa="Pompa Mati";}
if ( hum < lembabMin){
    digitalWrite(relay1, LOW);
    statusPompa="Pompa Menyala";
}
client.publish("test/relay1", (char*)statusPomp
a.c_str());
client.publish("test/relay2", (char*)statusKipa
s.c_str());
```

Listing 2. Source code keputusan relay

Pada Listing 2, *source code* keputusan relay digunakan untuk menentukan keputusan dalam mengaktifkan atau mematikan modul *relay*. Jika nilai suhu udara dan suhu air lebih besar dari ambang batas atas maka *relay 2* aktif dan kipas angin dalam kondisi menyala. Jika nilai suhu udara dan suhu air lebih kecil dari ambang batas bawah *relay 2* tidak aktif dan kipas angin dalam kondisi mati. Kemudian jika nilai kelembaban lebih besar dari ambang batas atas maka *relay 1* tidak aktif dan pompa *sprinkler* dalam kondisi mati. Sedangkan jika nilai kelembaban lebih kecil dari ambang batas bawah maka artinya *relay 1* aktif dan pompa *sprinkler* dalam kondisi menyala. Selain itu, terjadi juga proses mengirim data atau melakukan proses *publish* data status *relay* dalam bentuk data *String* sesuai dengan topik yang telah ditentukan.

## A.3. Realisasi Observasi dan Kalibrasi Variabel Sensor

Pengambilan data pada tahap observasi dan kalibrasi variabel sensor ini dilakukan selama 1 minggu terhitung dari tanggal 15 Juli 2019 sampai 21 Juli 2019 mulai dari pukul 08.00 WITA sampai pukul 17.00 WITA. Hasil observasi dan kalibrasi variabel sensor dapat dilihat pada Tabel I sampai Tabel III.

Tabel I merupakan nilai rata – rata, nilai maksimum dan nilai minimum suhu udara berdasarkan data hasil observasi yang telah dilakukan selama 1 minggu. Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan tersebut, terdapat beberapa kondisi cuaca yang terjadi yaitu cerah berawan, cerah terik dan mendung. Pada hari ke – 2 memiliki nilai suhu udara rata – rata terbesar dan nilai maksimum suhu udara terbesar dibandingkan dengan data pada hari - hari lainnya yaitu 30.44 °C dan 37 °C. Sedangkan pada hari ke – 3 memiliki nilai suhu udara rata – rata terkecil, yaitu 26.95 °C dan pada hari ke - 4 memiliki nilai suhu udara maksimum terkecil dibandingkan dengan hari - hari lainnya, yaitu 30 °C.

TABEL I. RATA – RATA, MAKSIMUM DAN MINIMUM SUHU UDARA DATA OBSERVASI

No	Hari	Kondisi Cuaca	Suhu Udara Rata – rata (°C)	Suhu Udara Maksimum (°C)	Suhu Udara Minimum (°C)
1	ke-1	Cerah Berawan	28.66	33	22
2	ke-2	Cerah Terik	30.44	37	23
3	ke-3	Mendung	26.95	31	23
4	ke-4	Mendung	27.10	30	24
5	ke-5	Mendung	27	31	23
6	ke-6	Cerah Berawan	28.89	33	25
7	ke-7	Cerah Berawan	27.86	32	24

TABEL II. RATA – RATA, MAKSIMUM DAN MINIMUM SUHU AIR DATA OBSERVASI

No	Hari	Kondisi Cuaca	Suhu Air Rata – rata (°C)	Suhu Air Maksimum (°C)	Suhu Air Minimum (°C)
1	ke-1	Cerah Berawan	28.97	33	22
2	ke-2	Cerah Terik	30.42	36	19
3	ke-3	Mendung	27	32	20
4	ke-4	Mendung	27.47	32	22
5	ke-5	Mendung	27.01	32	21
6	ke-6	Cerah Berawan	27.28	30	24
7	ke-7	Cerah Berawan	27.03	31	22

Berdasarkan Tabel II, hari ke – 2 memiliki nilai suhu air rata – rata terbesar dan nilai maksimum suhu air terbesar jika dibandingkan dengan data pada hari - hari lainnya yaitu 30.42 °C dan 36 °C. Peningkatan suhu air yang tinggi ini disebabkan karena pengaruh cuaca cerah dan intensitas cahaya matahari yang tinggi serta adanya peningkatan suhu udara di sekitar *greenhouse*. Pada hari ke – 3 memiliki nilai suhu air rata – rata terkecil yaitu 27 °C, sedangkan nilai suhu air maksimum terkecil dicapai pada hari ke – 6 yaitu 30 °C.

TABEL III. RATA – RATA, MAKSIMUM DAN MINIMUM KELEMBABAN UDARA DATA OBSERVASI

No	Hari	Kondisi Cuaca	Kelembaban Rata – rata (%)	Kelembaban Maksimum (%)	Kelembaban Minimum (%)
1	ke-1	Cerah Berawan	72.45	99	57
2	ke-2	Cerah Terik	64.19	99	42
3	ke-3	Mendung	80.45	99	69
4	ke-4	Mendung	88.14	99	71
5	ke-5	Mendung	80.42	99	69
6	ke-6	Cerah Berawan	76.35	96	60
7	ke-7	Cerah Berawan	78.28	98	61

TABEL IV. PENENTUAN NILAI AMBANG BATAS

No	Hari	Kondisi Cuaca	Suhu Udara Rata – rata (°C)	Suhu Air Rata – rata (°C)	Kelembaban Rata – rata (%)
1	ke-1	Cerah Berawan	28.66	28.97	72.45
2	ke-2	Cerah Terik	30.44	30.42	64.19
3	ke-3	Mendung	26.95	27	80.45
4	ke-4	Mendung	27.10	27.47	88.14
5	ke-5	Mendung	27	27.01	80.42
6	ke-6	Cerah Berawan	28.89	27.28	76.35
7	ke-7	Cerah Berawan	27.86	27.03	78.28
Batas Atas			30.44	30.42	88.14
Batas Bawah			26.95	27	64.19

Data yang ditunjukkan pada Tabel III hari ke – 2, memiliki nilai kelembaban rata – rata terkecil dan nilai minimum kelembaban terkecil dibandingkan dengan data pada hari - hari lainnya yaitu 64.19 % dan 42 %. Sedangkan Pada hari ke – 4 memiliki nilai kelembaban udara rata – rata terbesar yaitu 88.14 % dan nilai kelembaban minimum terbesar yaitu 71 %.

Berdasarkan pada Tabel IV maka nilai ambang atas dan bawah suhu udara dan suhu air pada penelitian ini adalah 27 °C dan 30 °C, sedangkan nilai ambang batas atas dan bawah kelembaban udara adalah 64 % dan 88 %. Penentuan nilai ambang batas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Batas Atas} = \Sigma \text{Max} \Sigma (\bar{x}) \quad (1)$$

$$\text{Batas Bawah} = \Sigma \text{Min} \Sigma (\bar{x}) \quad (2)$$

Keterangan:

- Batas Atas merupakan nilai maksimum berdasarkan nilai rata – rata data observasi harian suhu udara, suhu air dan kelembaban udara.
- Batas Bawah merupakan nilai minimum berdasarkan nilai rata – rata data observasi harian suhu udara, suhu air dan kelembaban udara.

#### A.4. Realisasi Pembangunan Database

Dalam realisasi pembangunan *database* pada penelitian Rancang Bangun Sistem *Conditioning* Udara Berbasis IoT pada Studi Kasus Tanaman Selada Hidroponik ini, perangkat lunak untuk manajemen basis data SQL yang digunakan yaitu perangkat lunak MYSQL. Pada *database* yang dibangun terdiri dari empat tabel atau entitas, yaitu tabel perangkat, tabel parameter, tabel pengukuran dan tabel petani. Tabel perangkat berelasi dengan tabel pengukuran dan tabel parameter dengan kolom *id\_perangkat* sebagai penghubung atau *foreign key* pada tabel pengukuran dan tabel parameter. Berikut realisasi tabel - tabel yang telah dibuat dalam pembangunan *database* sistem yang diberi nama “hidroponik” seperti yang terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Realisasi Pembangunan Database

A.5. Realisasi Web Sistem Conditioning Udara

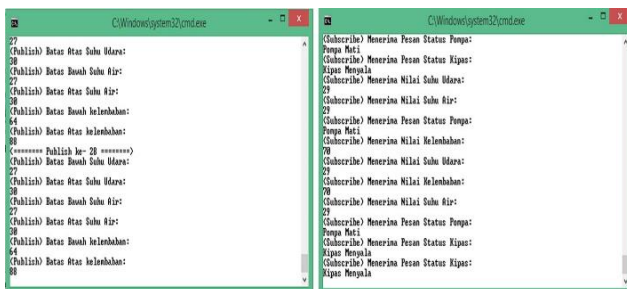
Dalam pembuatan web sistem conditioning udara berbasis IoT pada Studi Kasus Tanaman Selada Hidroponik digunakan bahasa PHP dan dengan framework codeigniter. Berikut ini adalah contoh realisasi dari interface untuk halaman dashboard yang menampilkan pengukuran suhu udara, suhu air, kelembaban udara serta status relay terkini pada sistem web conditioning udara berbasis IoT pada studi kasus tanaman selada hidroponik seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Realisasi Web Sistem Conditioning Udara

A.6. Realisasi Pembangunan Komunikasi Protokol MQTT

Komunikasi protokol MQTT pada Sistem Conditioning Udara berbasis IoT pada Studi Kasus Tanaman Selada Hidroponik dibangun sesuai dengan rancangan komunikasi MQTT pada Gambar 5. Komunikasi protokol MQTT pada sistem dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman python yang berperan sebagai MQTT client. Program python ini terdiri dari publisher dan subscriber yang dijalankan pada CMD. Realisasinya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Realisasi MQTT Client Sebagai Publisher dan Subscriber

B. Pengujian Sistem

Pengujian sistem merupakan proses pengeksekusian sistem perangkat keras dan lunak untuk menentukan bahwa sistem telah sesuai dengan yang diharapkan peneliti. Pada pengujian sistem dibagi menjadi 2 tahap, yaitu pertama dilakukan pengujian terhadap fungsi dari alat sistem conditioning udara yang telah dibuat dan tahap kedua adalah pengujian terhadap fungsi dari sistem web. Berikut merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan pada implementasi Sistem Conditioning Udara berbasis IoT pada Studi Kasus Tanaman Selada Hidroponik.

B.1. Hasil Pengujian Sensor DHT22

Pengujian sensor DHT22 ini, sensor ditempatkan pada greenhouse untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Hasil pembacaan sensor DHT22 kemudian dibandingkan dengan termometer dan hygrometer digital. Hasil pengujian sensor DHT22 dapat dilihat pada Tabel V dan Tabel VI.

TABEL V. HASIL PENGUJIAN SUHU UDARA SENSOR DHT22

No	Termometer (°C)	Sensor DHT22 (°C)	Galat Relatif (%)
1	21.7	22.1	1.48
2	25.1	25.9	3.18
3	28.2	28.6	1.41
4	32.1	31.2	2.80
5	34.0	33.1	2.64
Rata - rata			2.37

TABEL VI. HASIL PENGUJIAN KELEMBABAN UDARA SENSOR DHT22

No	Hygrometer (%)	Sensor DHT22 (%)	Galat Relatif (%)
1	97	99	3.09
2	79	82	3.79
3	75	77	4.0
4	66	65	1.51
5	58	57	1.72
Rata - rata			2.82

B.2. Hasil Pengujian Sensor DS18B20

Pengujian sensor DS18B20 atau sensor suhu air ini, sensor ditempatkan pada pipa media tanam greenhouse untuk mengukur suhu air. Hasil pembacaan sensor DS18B20 kemudian dibandingkan dengan termometer digital. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel VII.

TABEL VII. HASIL PENGUJIAN SUHU AIR SENSOR DS18B20

No	Termometer (°C)	Sensor DHT22 (°C)	Galat Relatif (%)
1	21.3	22.1	3.75
2	23.4	24.2	3.41
3	27.3	27.7	1.46
4	32.2	31.3	2.79
5	34.4	33.5	2.61
Rata - rata			2.80

Pengujian pada sensor DHT22 dan DS18B20 telah bekerja dengan baik. Nilai rata-rata galat yang dihasilkan dibawah 5%, jadi ini masih berada pada nilai toleransi [10].

### B.3. Hasil Pengujian Modul Relay

Pengujian modul *relay* ini bertujuan untuk mengetahui bahwa *relay* telah berfungsi dengan baik dalam menyalakan dan mematikan aktuator. Pengujian modul *relay* dapat dilihat pada Tabel VIII.

TABEL VIII. HASIL PENGUJIAN MODUL RELAY

No	Komponen Pengujian	Input	Kondisi Relay	Kondisi Aktuator
1	Relay 1	High	Off	Pompa Mati
		Low	On	Pompa Menyala
2	Relay 2	High	Off	Kipas Mati
		Low	On	Kipas Menyala

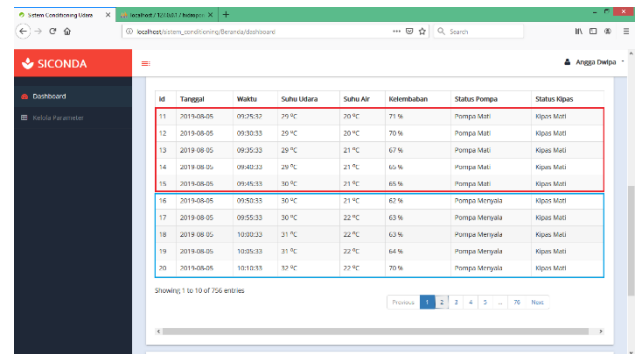
Tabel VIII menunjukkan bahwa *relay* sudah bekerja dengan baik. Dikarenakan *relay* diposisikan pada *normally open* dan bekerja pada aktif *low*, apabila *input relay* di-*set high* maka kondisi *relay* akan *off* dan aktuator dalam kondisi mati. Sebaliknya, jika *input relay* di-*set low* maka kondisi *relay* akan *on* dan aktuator dalam kondisi menyala.

### B.4. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

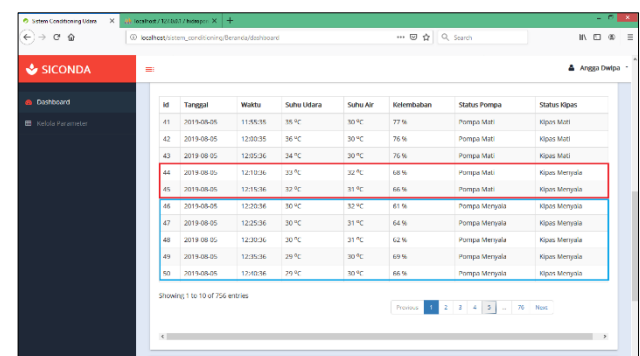
Pengujian keseluruhan sistem dilakukan selama 1 minggu dihitung dari tanggal 05 Agustus sampai 11 Agustus 2019. Sensor – sensor akan melakukan pembacaan tingkat suhu dan kelembaban udara disekitar *greenhouse* serta tingkat suhu air pada pipa media tanam tanaman selada hidroponik. Pada tahap pengujian ini nilai ambang batas bawah dan ambang batas atas suhu udara dan suhu air di-*set* menjadi 27 °C dan 30 °C. Sedangkan nilai ambang batas bawah dan ambang batas atas kelembaban udara di-*set* menjadi 64 % dan 88 %. Seluruh data pembacaan sensor dan status relay akan dikirimkan ke *database* dan ditampilkan ke sistem *web* serta LCD. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.

Pada data ke 11 sampai ke 15 status pompa dan status kipas telah menunjukkan keputusan yang benar yaitu pompa mati dan kipas mati karena nilai suhu udara dan suhu air belum melewati ambang batas atas, sedangkan nilai kelembaban udara belum melewati ambang batas bawah. Pada data ke 16 sampai ke 20 status pompa dan status kipas juga telah menunjukkan keputusan yang benar yaitu pompa menyala dan kipas mati karena nilai kelembaban udara telah melewati nilai ambang batas bawah, sedangkan nilai suhu udara dan suhu air belum melewati ambang batas atas.

Pada data ke 44 dan 45 status pompa dan status kipas telah menunjukkan keputusan yang benar yaitu pompa mati dan kipas menyala karena nilai suhu udara dan suhu air telah melewati nilai ambang batas atas, sedangkan nilai kelembaban tidak melewati nilai ambang batas bawah. Data ke 46 sampai ke 50 telah menunjukkan keputusan yang benar yaitu pompa menyala dan kipas menyala karena nilai suhu udara dan suhu air telah melewati nilai ambang batas atas, sedangkan nilai kelembaban telah melewati nilai ambang batas bawah.



Gambar 10. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Data ke 11-20



Gambar 11. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Data ke 41-50

### B.5. Hasil Pengujian Web Sistem

Pada pengujian *web* Sistem *Conditioning* Udara berbasis IoT pada Studi Kasus Tanaman Selada Hidroponik dilakukan dengan menggunakan metode *black box* untuk menguji fungsi – fungsi yang ada pada sistem. Fungsi – fungsi yang diuji adalah Fungsi *Login* Pengguna, Fungsi Mengubah Data Parameter dan Fungsi *Filter* Data Grafik.

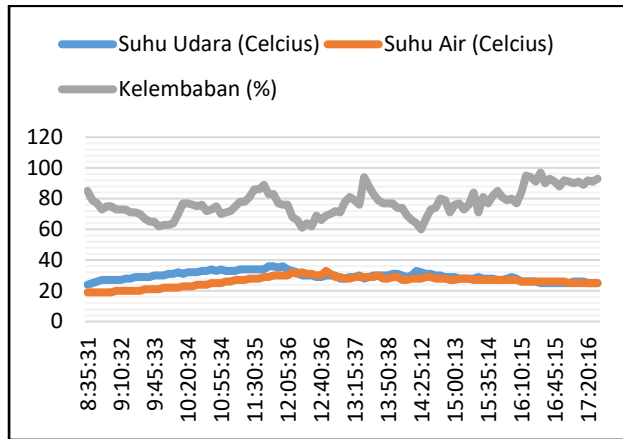
Dari hasil pengujian menghasilkan kesimpulan valid, yaitu semua fungsi yang diujikan sudah berjalan dengan baik sesuai yang diharapkan.

### C. Analisis Data Pengujian

Data pada pengujian keseluruhan sistem diambil selama satu minggu dihitung dari tanggal 05 Agustus sampai 11 Agustus 2019 mulai dari pukul 08.00 WITA sampai pukul 17.00 WITA. Data disimpan ke database dengan *delay* setiap 5 menit.

Grafik pada Gambar 12 merupakan grafik hubungan suhu udara, suhu air dan kelembaban udara terhadap waktu berdasarkan data pengujian pada tanggal 05 Agustus 2019 dengan kondisi cuaca cerah terik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12. Data pengujian saat pukul 12.00 nilai suhu udara mengalami peningkatan terbesar mencapai 36 °C dan berangsur menurun pada pukul 12.20 menjadi 30 °C. Pengujian pada pukul 12.45 nilai suhu air mengalami peningkatan terbesar mencapai 33 °C dan berangsur menurun pada pukul 12.55 menjadi 29 °C. Data pengujian pada pukul 14.25 nilai kelembaban mengalami penurunan mencapai 60 % dan berangsur meningkat pada pukul 14.45 menjadi 80 %.





Gambar 12. Grafik Data Pengujian Sistem 05 Agustus 2019

TABEL IX. RATA – RATA, MAKSIMUM DAN MINIMUM SUHU UDARA DATA PENGUJIAN

No	Hari	Kondisi Cuaca	Suhu Udara Rata – rata (°C)	Suhu Udara Maksimum (°C)	Suhu Udara Minimum (°C)
1	ke-1	Cerah Terik	29.49	36	24
2	ke-2	Cerah Terik	30.72	36	24
3	ke-3	Cerah Terik	29.72	35	23
4	ke-4	Cerah Terik	30.03	34	24
5	ke-5	Cerah Terik	29.71	36	25
6	ke-6	Cerah Terik	29.69	34	24
7	ke-7	Cerah Berawan	29.53	34	24

Pada Tabel IX merupakan nilai rata – rata, nilai maksimum dan nilai minimum suhu udara berdasarkan data hasil pengujian yang dilakukan selama satu minggu dengan kondisi cuaca cerah terik dan cerah berawan. Terdapat perbedaan pada data hasil observasi Tabel I dihari ke – 2 jika dibandingkan dengan data hasil pengujian pada hari ke – 1 sampai hari ke – 6 dengan kondisi cuaca yang sama yaitu cerah terik. Berdasarkan data hasil observasi, suhu udara rata – rata yang mencapai nilai 30.44 °C dapat diturunkan saat pengujian sistem menjadi 30.03 °C sampai 29.49 °C. Kemudian suhu udara maksimum yang mencapai 37 °C pada data observasi dapat diturunkan saat pengujian sistem menjadi 36 °C sampai 34 °C.

TABEL X. RATA – RATA, MAKSIMUM DAN MINIMUM SUHU AIR DATA PENGUJIAN

No	Hari	Kondisi Cuaca	Suhu Air Rata – rata (°C)	Suhu Air Maksimum (°C)	Suhu Air Minimum (°C)
1	ke-1	Cerah Terik	26.14	33	19
2	ke-2	Cerah Terik	26.31	33	19
3	ke-3	Cerah Terik	26.45	32	19
4	ke-4	Cerah Terik	26.24	31	20
5	ke-5	Cerah Terik	27	32	21
6	ke-6	Cerah Terik	27.33	32	21
7	ke-7	Cerah Berawan	27.05	31	19

Tabel X merupakan nilai rata – rata, nilai maksimum dan nilai minimum suhu air berdasarkan data hasil pengujian yang dilakukan selama satu minggu. Terdapat perbedaan pada data hasil observasi Tabel II di hari ke – 2 dengan data hasil pengujian pada hari ke – 1 sampai hari ke – 6 dengan kondisi cuaca yang sama yaitu cerah terik. Berdasarkan hasil observasi, suhu air rata – rata yang mencapai nilai 30.42 °C dapat diturunkan saat pengujian sistem menjadi 27.33 °C sampai 26.14 °C. Kemudian suhu air maksimum yang mencapai 36 °C dapat diturunkan saat pengujian sistem menjadi 33 °C sampai 31 °C.

TABEL XI. RATA – RATA, MAKSIMUM DAN MINIMUM KELEMBABAN UDARA DATA OBSERVASI

No	Hari	Kondisi Cuaca	Kelembaban Rata – rata (%)	Kelembaban Maksimum (%)	Kelembaban Minimum (%)
1	ke-1	Cerah Terik	77.08	97	60
2	ke-2	Cerah Terik	75.87	99	55
3	ke-3	Cerah Terik	82.51	99	56
4	ke-4	Cerah Terik	80.24	99	57
5	ke-5	Cerah Terik	81.50	99	57
6	ke-6	Cerah Terik	79.70	99	50
7	ke-7	Cerah Berawan	87.04	99	59

Data yang ditunjukkan Tabel XI merupakan nilai rata – rata, nilai maksimum dan nilai minimum kelembaban udara berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan selama satu minggu. Terdapat perbedaan pada data hasil observasi Tabel III dihari ke – 2 jika dibandingkan dengan data hasil pengujian pada hari ke – 1 sampai hari ke – 6 dengan kondisi cuaca yang sama yaitu cerah terik. Berdasarkan data hasil observasi, kelembaban rata – rata pada data observasi yang mencapai nilai 64.19 % dapat ditingkatkan saat pengujian sistem menjadi 75.87 % sampai 82.51 %. Kemudian kelembaban udara minimum yang mencapai 42 % dapat ditingkatkan saat pengujian sistem menjadi 50 % sampai 60 %.

Hal ini disebabkan karena pengaruh dari penerapan aktuator pompa *sprinkler* dan kipas angin pada saat pengujian sistem sehingga variabel lingkungan suhu dan kelembaban udara serta suhu air dapat dikondisikan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan antara lain :

1. Sistem yang dibangun telah dapat melakukan pengukuran dan pengkondisian suhu dan kelembaban udara serta suhu air pada *greenhouse* secara otomatis menggunakan Wemos D1 Mini sebagai mikrokontroler dengan data pengujian yang dihasilkan dari pukul 08.00 sampai 17.00 dalam satu minggu.
2. Sistem *web* yang dibangun telah dapat melakukan monitoring dengan menampilkan data pengukuran terkini dan data berupa tabel serta grafik berdasarkan

3. tanggal dan waktu serta melakukan pengaturan parameter ambang batas.
4. Komunikasi data menggunakan protokol MQTT telah berjalan dengan baik, dimana MQTT *broker* yang digunakan adalah “broker.hivemq.com” merupakan *broker online* yang dapat diakses secara gratis.
5. Berdasarkan perbandingan antara data hasil observasi dan data hasil pengujian dengan kondisi cuaca cerah terik, dapat disimpulkan bahwa suatu suhu udara dan suhu air untuk nilai rata – rata dan maksimum pada pengujian menghasilkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan data hasil observasi. Sedangkan nilai kelembaban udara untuk nilai rata – rata dan minimum pada pengujian lebih tinggi dibandingkan dengan data hasil observasi. Hal ini disebabkan karena pengaruh dari penerapan aktuator pompa *sprinkler* kipas angin pada saat pengujian sistem sehingga variabel lingkungan suhu dan kelembaban udara serta suhu air dapat dikondisikan
6. Pola data pada hasil observasi dan pengujian sistem menunjukkan bahwa nilai suhu udara berbanding lurus dengan suhu air, sedangkan nilai kelembaban udara berbanding terbalik dengan suhu udara.
7. Pengaruh cuaca dan intensitas cahaya matahari juga sangat berdampak terhadap perubahan tingkat suhu dan kelembaban udara serta suhu air pada *greenhouse* tanaman selada hidroponik.

#### B. Saran

Jika dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penelitian ini dapat mempertimbangkan saran – saran sebagai berikut:

1. Sistem ini diharapkan dapat dikembangkan tidak hanya untuk tanaman selada hidroponik namun juga untuk jenis tanaman lainnya dengan metode hidroponik di sebuah *greenhouse* pada suatu daerah tertentu.
2. Sistem ini diharapkan dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur untuk mengkondisikan tingkat nutrisi dan pH air tanaman.
3. Dibutuhkan penambahan jumlah *sprinkler* agar air berupa embun halus yang disemprotkan dapat menjangkau seluruh ruang *greenhouse* tanaman selada hidroponik yang berukuran 4 meter x 3 meter x 3 meter sehingga tingkat kelembaban udara dapat dikendalikan lebih optimal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Mas'ud, “Sistem Hidroponik dengan Nutrisi dan Media Tanam Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Selada,” *Media Litbang Sulteng*, vol. 2, no. 2, pp. 131–136, 2009.
- [2] T. O. Muhadiansyah and S. A. Adimihardja, “Efektivitas Pencampuran Pupuk Organik Cair Dalam Nutrisi Hidroponik pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada,” *Jurnal Agronida*, vol. 2, no. 1, pp. 37–46, 2016.
- [3] M. V. Sariayu, H. Priyatman, and B. W. Sanjaya, “Pengendalian Suhu dan Kelembaban pada Tanaman Selada dengan Sistem Aeroponik Berbasis Arduino Uno R3,” *Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura*, 2017.
- [4] I. M. A. Suyadnya, I. G. Agung, and P. Raka, “Sistem Monitoring Penetasan Telur Penyus menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan Protokol MQTT dengan Notifikasi Berbasis Telegram Messenger,” *J-COSINE*, vol. 2, no. 2, pp. 80–89, 2018.
- [5] F. K. R. Mahfud, A. D. Afrizal, F. A. Pribadi, F. J. Pamungkas, and G. Y. Saputra, “Penerapan Protokol MQTT pada Teknologi Wan,” *Jurnal Informatika Mulawarman*, vol. 12, no. 2, p. 69, 2018.
- [6] R. R. Pambayun and Sumarna, “Otomatisasi Pengendalian Suhu pada Greenhouse,” *Jurnal Fisika*, vol. 7, no. 5, pp. 1–9, 2016.
- [7] A. B. Setyawan, M. Hannats, and G. E. Setyawan, “Sistem Monitoring Kelembaban Tanah, Kelembaban Udara dan Suhu pada Lahan Pertanian Menggunakan Protokol MQTT,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya*, vol. 2, no. 12, pp. 7502–7508, 2018.
- [8] D. M. Subrata, F. F. A, and R. Arafiah, “Sistem Monitoring Parameter Suhu Cabe Merah dengan Sistem Aeroponik pada Greenhouse untuk Mendukung Ketahanan Pangan Nasional,” *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, vol. 4, no. 2, pp. 91–95, 2018.
- [9] M. S. Asih, A. Z. Hasibuan, and N. I. Syahputri, “Pendingin Otomatis Akuarium Menggunakan Mikrokontroler,” *Jurnal Penelitian Teknik Informatika Universitas Prima Indonesia Medan*, vol. 1, no. 1, pp. 66–70, 2019.
- [10] H. Suryawinata, D. Purwanti, and S. Sunardiyo, “Sistem Monitoring pada Panel Surya Menggunakan Data logger Berbasis ATmega 328 dan Real Time Clock DS1307,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 30–36, 2017.