

**RANCANG BANGUN KUMBUNG PINTAR JAMUR TIRAM
BERBASIS IOT DENGAN SENSOR SUHU, SENSOR
KELEMBAPAN, DAN KENDALI PENYIRAMAN**

Tugas Akhir

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Program Studi Teknik Informatika



Oleh :

Umbara Diki Pratama

F1D018058

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MATARAM

Maret 2023

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN KUMBUNG PINTAR JAMUR TIRAM BERBASIS IOT DENGAN SENSOR SUHU, SENSOR KELEMBAPAN, DAN KENDALI PENYIRAMAN

Oleh :

UMBARA DIKI PRATAMA

F1D018058

Telah diperiksa oleh Tim Pembimbing :

1. Pembimbing Utama



Tanggal: 28/03/2023

Dr.Eng. I Gde Putu Wirarama WW., ST., MT.
NIP. 198409192018031001

2. Pembimbing Pendamping



Tanggal: 06/04/2023

Ariyan Zubaidi, S.Kom., MT
NIP. 198609132015041001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Prof. Dr. Eng. I Gede Pasek Suta Wijaya, ST., MT.
NIP. 197311302000031001

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN KUMBUNG PINTAR JAMUR TIRAM BERBASIS IOT DENGAN SENSOR SUHU, SENSOR KELEMBAPAN, DAN KENDALI PENYIRAMAN

Oleh :

UMBARA DIKI PRATAMA

F1D018058

Telah diujikan di depan penguji

Pada tanggal 16 Maret 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana

S-1 Program Studi Teknik Informatika

Susunan Tim Penguji :

1. Penguji 1



Tanggal: 05/04/2023

Ari Hernawan, S.Kom., M.Sc.

NIP. 199001142019031018

2. Penguji 2



Tanggal: 06/04/2023

Ahmad Zafrullah M., S.T., M.Eng.

NIP.

3. Penguji 3



Tanggal: 06/04/2023

Andy Hidayat Jatmika, S.T., M.Kom.

NIP. 198312092012121001

Mataram,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Mataram



Muhamad Syamsu Iqbal, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19720222199903100

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini bahwa dalam Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Kumbung Pintar Jamur Tiram Berbasis IoT dengan Sensor Suhu, Sensor Kelembapan, dan Kendali Penyiraman” ini tidak terdapat karya yang pernah di ajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Mataram, 16 Maret 2023

Umbara Diki Pratama

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Kumbung Pintar Jamur Tiram Berbasis IoT dengan Sensor Suhu, Sensor Kelembapan, dan Kendali Penyiraman” tepat pada waktunya. Pada kesempatan ini pula, penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah mendukung agar terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Penulis tentu menyadari Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat kesalahan dan kekurangan di dalamnya. Untuk itu, diharapkan kritik serta saran dari pembaca untuk Tugas Akhir ini, agar Tugas Akhir ini dapat menjadi lebih baik lagi.

Demikian yang bisa disampaikan, sekali lagi terima kasih atas semua pihak yang telah membantu di dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Mataram, 16 Maret 2023

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya Tugas Akhir ini tentunya bukan hanya dari usaha penulis saja. Tugas Akhir ini bisa selesai tepat waktu tentunya berkat dukungan dari semua pihak yang terlibat juga. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan berkat dan kesempatan untuk terus bersyukur bisa berada pada tahapan ini.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang selama ini telah memberikan doa dan dukungannya dalam menjalani perkuliahan dan pengerjaan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan.
3. Bapak Dr. Eng. I Gede Putu Wirarama WW., ST., MT. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, semangat dan arahan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir sehingga dapat selesai dengan baik.
4. Bapak Ariyan Zubaidi, S.Kom., MT. selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir sehingga dapat selesai dengan baik.
5. Dosen penguji, atas pemberian kritik dan saran yang bersifat membangun serta diperlukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman terdekat penulis selama menjalani perkuliahan di Program Studi Teknik Informatika dan telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan do'a dan dukungan baik moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan Tugas Akhir dengan baik.

Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya memberikan imbalan yang setimpal atas bantuan yang diberikan kepada penulis.

ABSTRAK

Jamur tiram yang dalam bahasa ilmiah disebut *Pleurotus sp.* adalah jamur yang tumbuh berderet pada batang kayu yang lapuk dan memiliki bentuk seperti kulit tiram. Sebagai komoditas pertanian yang populer, tingkat kegagalan budidaya jamur tiram akan semakin tinggi jika dilakukan di daerah dataran rendah dan beriklim panas. Jamur tiram memerlukan lingkungan tumbuh yang dingin dan lembap untuk dapat tumbuh dengan baik dengan pengontrolan suhu dan kelembapan yang baik di mana suhu ruang kumbung jamur berada di antara 27°C-29°C dan kelembapan antara 70%RH-90%RH. Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi yang canggih seperti *Internet of Things* (IoT), dibangun sebuah sistem dan alat untuk membantu petani mengontrol keadaan kumbung jamur dari jarak jauh. Sistem yang dibangun dapat bekerja secara otomatis pada aturan yang sudah diberikan di mana sistem akan menyalakan kipas angin ketika suhu udara di dalam kumbung jamur relatif panas yaitu di atas 28° C, dan menyalakan pompa ketika kelembapan udara dalam kumbung jamur relatif rendah yaitu di bawa 70% RH. Dapat disimpulkan bahwa keseluruhan sistem yang telah dibuat termasuk dalam kategori sistem yang baik dan layak diaplikasikan.

Kata kunci: Jamur Tiram, Kumbung Pintar, Sensor DHT22, Suhu Udara, Kelembapan Udara

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR KODE SUMBER	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Jamur Tiram Putih.....	7
2.2.2. <i>Internet of Things</i>	8
2.2.3. NodeMCU ESP8266	8
2.2.4. Arduino IDE.....	9
2.2.5. Sensor DHT22.....	9
2.2.6. <i>Relay Module</i>	10
2.2.7. Pompa Air	11
2.2.8. Nozzle Sprayer	11
2.2.9. MQTT	12
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Rencana Pelaksanaan.....	13
3.2 Analisis Kebutuhan	15

3.3	Rancangan Arsitektur Sistem	16
3.4	Rancangan Perangkat Keras	17
3.4.1	Rancangan Modul	18
3.4.2	Ilustrasi Alat	20
3.5	Rancangan Perangkat Lunak	20
3.5.1	Desain Sistem.....	21
3.5.2	Rancangan Komunikasi MQTT	23
3.6	Implementasi Sistem	23
3.7	Pengujian dan Evaluasi Sistem.....	24
3.7.1	Pengujian <i>black box</i>	24
3.7.2	Pengujian Kelayakan Sistem.....	26
3.8	Dokumentasi Laporan	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		28
4.1	Realisasi Sistem.....	28
4.1.1	Realisasi Penyusunan Perangkat Keras.....	28
4.1.2	Realisasi Antarmuka Sistem	31
4.1.3	Realisasi Pembangunan Program pada Mikrokontroler.....	32
4.1.4	Realisasi Pembangunan Komunikasi Protokol MQTT	36
4.2	Pengujian Sistem	38
4.2.1	Pengujian <i>Black Box</i>	38
4.2.2	Pengujian Kelayakan Sistem.....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		49
5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA		51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jamur tiram putih [11].....	8
Gambar 2. 2 NodeMCU ESP8266 [7].....	9
Gambar 2. 3 Sensor DHT22 [15]	10
Gambar 2. 4 Modul <i>relay</i> [9]	10
Gambar 2. 5 Pompa DC 5V	11
Gambar 2. 6 <i>Nozzle sprayer</i> [15]	12
Gambar 3. 1 Rencana pelaksanaan.....	13
Gambar 3. 2 Rancangan arsitektur	16
Gambar 3. 3 Rancangan perangkat keras	18
Gambar 3. 4 Diagram alir cara kerja sistem.....	19
Gambar 3. 5 Ilustrasi alat	20
Gambar 3. 6 <i>Use case diagram</i>	21
Gambar 3. 7 Desain <i>interface</i> kumbung pintar	22
Gambar 3. 8 Rancangan komunikasi MQTT	23
Gambar 4. 1 Realisasi perangkat keras	28
Gambar 4. 2 Realisasi keseluruhan sistem.....	30
Gambar 4. 3 Realisasi penempatan sensor DHT22 dan kipas angin.....	30
Gambar 4. 4 Realisasi penempatan pompa air	31
Gambar 4. 5 Halaman <i>dashboard</i>	31
Gambar 4. 6 Halaman data penyiraman	32
Gambar 4. 7 Pengujian <i>black box</i> perangkat keras	39
Gambar 4. 8 (a) Kipas menyala dan berputar (b) pompa menyala	40
Gambar 4. 9 Grafik pembacaan suhu Sensor DHT22.....	40
Gambar 4. 10 Grafik pembacaan kelembapan Sensor DHT22	41
Gambar 4. 11 Koneksi <i>broker</i> dengan <i>client</i> MQTT	43
Gambar 4. 12 Rekaman data sensor di <i>database</i>	43
Gambar 4. 13 Tampilan data rekaman suhu dan kelembapan di <i>website</i>	44
Gambar 4. 14 Tampilan data rekaman suhu dan kelembapan di <i>website</i>	44
Gambar 4. 15 Uji kelayakan sistem skenario pertama	46
Gambar 4. 16 Uji kelayakan sistem skenario kedua	47

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Skenario pengujian perangkat keras	24
Tabel 3. 2 Skenario pengujian perangkat lunak	25
Tabel 3. 3 Skenario pengujian lapangan	27

DAFTAR KODE SUMBER

Kode Sumber 4. 1 Inisialisasi <i>library</i>	32
Kode Sumber 4. 2 Inisialisasi variabel.....	33
Kode Sumber 4. 3 Inisialisasi WiFi dan MQTT	33
Kode Sumber 4. 4 <i>Set up</i> WiFi.....	34
Kode Sumber 4. 5 Fungsi <i>reconnect</i> pada mikrokontroler	34
Kode Sumber 4. 6 Fungsi <i>callback</i> pada mikrokontroler	34
Kode Sumber 4. 7 Fungsi <i>loop</i> pada mikrokontroler	35
Kode Sumber 4. 8 <i>Library</i> yang digunakan	36
Kode Sumber 4. 9 Membaca pesan dan memasukkan ke <i>database</i>	37
Kode Sumber 4. 10 Koneksi dengan <i>broker</i> MQTT	37
Kode Sumber 4. 11 <i>Subscribe</i> topik.....	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jamur tiram yang dalam bahasa ilmiah disebut *Pleurotus sp.* sudah cukup dikenal masyarakat luas. Jamur tiram mengandung nutrisi yang tinggi, terutama kandungan protein, disertai dengan kadar asam amino yang lengkap. Jamur tiram memerlukan lingkungan tumbuh yang dingin dan lembap untuk dapat tumbuh dengan baik [1]. Untuk itu dibutuhkan perawatan dan penyiraman yang lebih sering untuk menjaga suhu dan kelembapan ruangan/kumbung jamur.

Jamur tiram dapat tumbuh dengan baik dalam kondisi ruangan yang sejuk dan lembap agar tudung jamur yang tumbuh tidak kecil dan kuning. Jamur tiram memerlukan pengontrolan suhu dan kelembapan yang baik di mana suhu ruang kumbung jamur berada di antara 27°C-29°C dan kelembapan antara 70%RH-90%RH [2]. Menurut Bapak Irwan seorang pemilik rumah budidaya jamur tiram Jamur Kenanga, pengaturan suhu dan kelembapan menjadi keluhan utama para petani yang tergabung dalam kelompok taninya yaitu kelompok tani jamur “Jamur Sejahtera” di mana para petani harus bolak balik menuju kumbung jamur untuk memeriksa kondisi kumbung dan menyiram jamur-jamurnya. Petani harus menyiram jamur sebanyak 3 kali dalam satu hari yang membuat petani kesusahan ketika memiliki kegiatan lain yang menghalangi, petani juga hanya dapat mengukur suhu dan kelembapan secara manual dan menggunakan insting saja untuk menentukan waktunya. Pernyataan tersebut selaras dengan literatur yang menyatakan petani harus sering bolak balik ke tempat budidaya jamur untuk melakukan pengecekan suhu dan kelembapan pada kumbung jamur [3]. Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi yang canggih seperti *Internet of Things (IoT)*, dapat dibangun sebuah sistem dan alat untuk membantu petani mengontrol keadaan kumbung jamur dari jarak jauh yang dapat memudahkan para petani untuk memantau dan menjaga kondisi kumbung.

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, maka penulis membuat penelitian berjudul “Rancang Bangun Kumbung Pintar Jamur Tiram Berbasis IoT

dengan Sensor Suhu, Sensor Kelembapan, dan Kendali Penyiraman”, di mana kumbung jamur yang dibuat nanti akan memiliki sistem pengukuran suhu dan kelembapan udara, serta sistem dapat bekerja secara otomatis berdasarkan nilai suhu dan kelembapan udara yang diukur oleh sensor DHT22 dan memanfaatkan modul *relay* untuk mengendalikan kipas angin untuk menjaga suhu udara dalam kumbung jamur tetap sejuk dan pompa untuk memompa air untuk menaikkan kelembapan udara dalam kumbung jamur. Penelitian kumbung pintar ini akan dilakukan dengan membuat sebuah kumbung jamur sederhana dari kayu dan paranet serta akan memiliki antarmuka web menggunakan protokol MQTT agar tercipta komunikasi data secara dua arah dengan cepat dengan komputasi yang ringan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diterangkan, maka didapatkan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun kumbung jamur pintar berbasis IoT dengan kendali sensor suhu, kelembapan, dan penyiraman?
2. Bagaimana mengaplikasikan rancangan sistem dengan menghubungkan perangkat pengguna menggunakan protokol MQTT?
3. Bagaimana rancangan kumbung pintar dapat merekam dan menginformasikan data terkait keadaan kumbung jamur?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memusatkan pembahasan penelitian, maka diterapkan Batasan-batasan seperti berikut:

1. Objek pengambilan data adalah miniatur replika kumbung jamur yang dibuat menggunakan kayu dan paranet.
2. Data yang dikumpulkan berupa nilai suhu, kelembapan, dan pemberitahuan kondisi kumbung jamur.
3. Jenis jamur yang digunakan adalah jamur tiram putih.
4. Pengumpulan data dilakukan mulai dari bibit sampai jamur mulai terlihat.
5. Sumber air penyiraman berasal dari wadah penampungan.

6. Teknik penyiraman yang digunakan adalah dengan menyemprotkan air.
7. Kipas bekerja berdasarkan perubahan suhu yang terbaca untuk mengatur sirkulasi udara kumbung jamur.
8. Alat penyiraman bekerja berdasarkan perubahan kelembapan yang terbaca.
9. Pengukuran suhu dan kelembapan dilakukan dengan interval waktu.
10. Simulasi kondisi kumbung menggunakan *sprayer* dan kipas angin.
11. Penelitian tidak dilakukan sampai tahap produksi masal.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Merancang dan membangun rangkaian sistem kumbung jamur pintar berbasis IoT dengan kendali sensor suhu, kelembapan, dan penyiraman.
2. Mengaplikasikan protokol MQTT untuk menghubungkan perangkat pengguna dengan kumbung jamur.
3. Memperoleh rekaman pembacaan dan mengirimkan data kondisi kumbung jamur tiram.
4. Memperoleh hasil uji kelayakan penggunaan rangkaian sistem kumbung jamur pintar untuk mengatur keadaan kumbung jamur.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat memperluas ilmu pengetahuan agar tercipta berbagai inovasi yang memanfaatkan konsep *Internet of Things* (IoT).
2. Memudahkan pembudidayaan jamur tiram dan meningkatkan efektivitas dan efisiensi tenaga petani jamur.
3. Memanfaatkan kemajuan teknologi pada bidang pertanian dengan menggunakan internet dan web.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini disusun berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini memuat tentang tinjauan pustaka yang menjabarkan hasil penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini dan landasan teori yang menjabarkan teori-teori penunjang yang berhubungan dengan penelitian ini.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Memuat tentang metode penelitian, mulai dari pelaksanaan penelitian, diagram alir penelitian, menentukan alat dan bahan, lokasi penelitian, dan langkah-langkah penelitian.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang analisa dan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Berikut adalah beberapa penelitian terkait yang pernah dilakukan untuk digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian ini.

Pada penelitian yang dilakukan Adrian Reza dkk. pada tahun 2018 [4], dibuat sebuah sistem budidaya jamur tiram berbasis IoT menggunakan telegram bot di mana pada penelitian ini sistem menggunakan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan kumbung jamur, *sprayer* untuk menyemprotkan air ke jamur, papan Arduino sebagai kontroler, dan modul Wi-Fi ESP8266 sebagai penghubung alat dengan telegram bot pada perangkat pengguna melalui protokol MQTT. Sistem yang dibuat pada penelitian tim Adrian Reza ini bekerja dengan mengumpulkan data berupa tingkat suhu dan kelembapan kumbung jamur kemudian mengirimkannya ke pengguna untuk dilihat pada telegram bot dan pengguna dapat menentukan perintah yang akan dijalankan selanjutnya. Penelitian ini hanya membuat sistem kontroler saja dan tidak membuat kumbung jamurnya, dan pada penelitian ini pengaturan suhu hanya dilakukan dengan penyemprotan air saja di mana ketika air terlalu sering disemprotkan maka kelembapan ruangan akan meningkat seiring waktu, untuk menghindari keadaan tersebut, penulis berencana menambahkan kipas angin yang akan digunakan sebagai alat untuk mendinginkan suhu ruangan dengan udara sehingga penyemprotan yang terlalu sering dilakukan sehingga kelembapan menjadi terlalu tinggi tidak terjadi.

Penelitian karya Muhammad Yasir pada tahun 2019 [5] merancang sebuah sistem berbasis IoT untuk pemantauan dan pengendalian suhu dan kelembapan pada media tumbuh jamur tiram menggunakan LattePanda *board* yang terintegrasi dengan Arduino nano sebagai perangkat komputasi untuk mengatur kinerja modul-modul yang digunakan. Penelitian ini menggunakan modul terpisah untuk mengukur suhu dan kelembapan tanah yaitu sensor SHT11 untuk mengukur suhu dan sensor YL-69, hal ini dapat meningkatkan akurasi pengukuran tetapi biaya pembuatan yang dibutuhkan juga meningkat. Berbeda dengan yang dilakukan oleh

Muhammad Yasir yang menggunakan SHT11 sebagai sensor suhu dan kelembapan, penulis berencana untuk menggunakan sensor DHT22 yang dapat melakukan pengukuran suhu dan kelembapan sekaligus. Selain menekan biaya perancangan, sensor DHT22 juga memiliki akurasi pengukuran suhu yang cukup baik untuk digunakan dalam rangkaian alat yang akan dibuat.

Pada tahun 2019 [6], Ade Kurniawan merancang dan membangun sebuah kendali otomatis suhu dan pemantauan kelembapan udara pada ruangan budidaya jamur tiram berbasis IoT. Ade membangun kumbung jamur berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan ruang kumbung jamur dan modul *peltier* serta lampu LED untuk mengatur tingkat suhu di dalam kumbung dengan Wemos D1 sebagai kontroler dengan protokol MQTT untuk melakukan transfer data yang didapat dari sensor menuju *server*. Pada penelitian yang dilakukan Ade, sistem yang dibangun hanya dapat menurunkan suhu tetapi tidak dapat menaikkan kelembapan dan juga tidak dapat melakukan penyiraman, maka dari itu penulis berencana untuk menambahkan alat penyiraman yang dapat digunakan juga untuk menyiram media tanam sekaligus menaikkan kelembapan dalam kumbung jamur yang pada penelitian sebelumnya tidak dibuat.

Pada penelitian yang dilakukan Romi Nur Asfi Akbar dan kawan-kawan pada tahun 2021 [7], dirancang alat pengatur suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya menggunakan IoT pada kumbung jamur tiram. Penelitian tersebut menggunakan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan kumbung jamur di mana ketika suhu kumbung jamur lebih dari 30°C kipas akan otomatis menyala dan ketika kelembapan kurang dari 80%RH, pompa akan menyala untuk membuat embun air yang dikeluarkan melalui *sprayer*. Dari penelitian ini, penulis bermaksud untuk menggunakan *sprayer* untuk membuat embun air yang akan digunakan untuk menaikkan kelembapan ruangan sekaligus menyiram jamur sama seperti penelitian sebelumnya.

Pada penelitian tugas akhir yang dilakukan Febriansyah Eka Prasetyadana pada tahun 2020 [8], mengimplementasikan IoT untuk budidaya jamur tiram menggunakan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan kumbung jamur tiram. Penerapan IoT pada penelitian ini dilakukan dengan menghubungkan

mikrokontroler NodeMCU ESP8266 melalui internet menuju perangkat *smartphone* untuk mengirim data suhu dan kelembapan dari sensor DHT22. Hasil yang didapat pada penelitian ini adalah sebuah rangkaian alat yang mengumpulkan data suhu dan kelembapan yang kemudian dikirim menuju sebuah aplikasi pemantauan sebagai pemberi informasi keadaan terkini dalam kumbung jamur tiram kepada petani. Berbeda dengan penelitian ini yang hanya melakukan pemantauan keadaan kumbung dan petanilah yang harus mengontrol keadaan kumbung jamur secara mandiri, penulis berencana untuk menambahkan mekanisme pengontrolan pompa air untuk otomatisasi penyiraman sehingga petani tidak perlu menyiram jamur secara mandiri karena sudah dilakukan oleh mesin.

Penelitian yang disusun oleh Deza Reijabi Soulthan pada tahun 2018, merancang sistem pemantauan pintar untuk budidaya jamur tiram menggunakan Arduino dan LabView di mana Deza menggunakan aplikasi LabView sebagai antarmuka untuk memantau keadaan kumbung jamur dan memanfaatkan SMS Gateway dari Clickatell untuk mengirimkan laporan keadaan kumbung jamur menuju *handphone* petani menggunakan protokol SMTP Gmail [9]. Penelitian yang dilakukan Deza memiliki sebuah masalah yang cukup mengganggu yaitu pengiriman pesan SMS yang tidak selalu lancar karena adanya pembatasan jumlah pesan yang dapat dikirim dari penyedia layanan, maka dari itu penulis berencana untuk menggunakan antarmuka berbasis web dan menggunakan protokol MQTT untuk transfer data di mana protokol MQTT bekerja lebih ringan dan tidak memiliki Batasan jumlah pesan yang dapat dikirimkan.

2.2 Dasar Teori

Berikut adalah beberapa dasar teori yang menjadi fondasi dalam melakukan penelitian dan perancangan sistem.

2.2.1 Jamur Tiram Putih

Jamur tiram putih adalah jamur yang tumbuh berderet pada batang kayu yang lapuk dan memiliki bentuk seperti kulit tiram. Tudung jamur menyerupai cangkang tiram berukuran antara 5-15 cm yang bergelombang. Bagian bawah tudung jamur berbentuk seperti insang yang rapat dan lunak serta tangkai jamur

berada agak ke pinggir dari tudung jamur, tidak berada tepat di tengah-tengahnya [10].



Gambar 2. 1 Jamur tiram putih [11]

Untuk dapat tumbuh dengan baik, jamur tiram memerlukan kondisi ruangan yang tidak terlalu kering dan panas agar tudung jamur yang tumbuh tidak kecil dan kuning. Jamur tiram memerlukan pengontrolan suhu dan kelembapan yang baik di mana suhu ruang kumbung jamur berada di antara 27°C-29°C dan kelembapan antara 70%RH-90%RH [2].

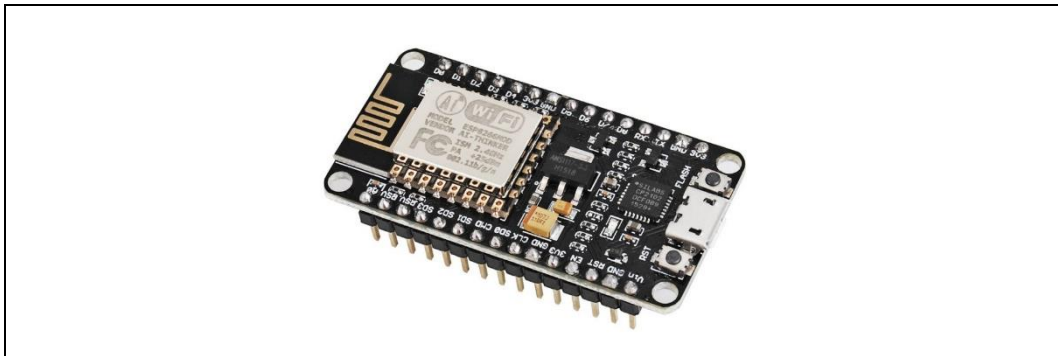
2.2.2. *Internet of Things*

Penelitian ini mengusung konsep *Internet of Things* (IoT) dalam bentuk komunikasi antar-mesin (*machine-to-machine*) tanpa adanya interferensi dari manusia yang sesuai dengan definisi dari IoT, yaitu sebuah konsep di mana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer [11]. Contoh yang dapat merepresentasikan konsep ini seperti gerbang pintar yang dapat membuka sendiri ketika mendeteksi adanya orang yang mendekat, sehingga sistem tersebut disebut dengan sistem cerdas seperti penelitian yang akan dilakukan kali ini.

2.2.3. NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 merupakan sebuah modul yang terdiri dari NodeMCU dan mikrokontroler ES 8266. Dalam Board ini NodeMCU dan ESP8266 langsung diletakkan dalam satu tempat, ESP8266 dirancang agar wifi terintegrasi secara

langsung, sehingga ESP8266 tidak memerlukan modul WiFi. *Board* NodeMCU ESP8266 dipilih sebagai solusi dari mahalnya sebuah sistem nirkabel berbasis Mikrokontroler lainnya. Dengan menggunakan *Board* NodeMCU ESP8266 biaya yang dikeluarkan untuk membangun sistem WiFi berbasis Mikrokontroler sangat murah, hanya sepersepuluhnya dari biaya yang dikeluarkan apabila membangun sistem WiFi dengan menggunakan konfigurasi lain dan *board* Wemos D1 memiliki bentuk faktor (*form factor*) yang lebih ringkas [7].



Gambar 2. 2 NodeMCU ESP8266 [7]

Gambar 2.2 adalah tampak mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang akan digunakan pada penelitian ini. Mikrokontroler ini bertugas sebagai peralatan *input output* yang dapat diprogram.

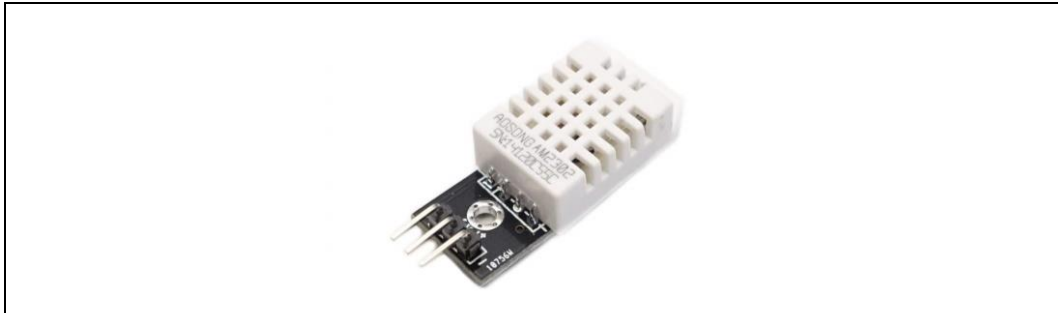
2.2.4. Arduino IDE

IDE (*Integrated Development Environment*) sebagaimana aplikasi yang diusung oleh Arduino yang bisa menulis (*write*) serta menjalankan (*run*) yang kemudian dikenal sebagai *sketch* dan sebuah mikrokontroler. Arduino dapat membaca *input* dan *output*, yakni *input* cahaya pada sensor, jari pada tombol, atau sebuah pesan Twitter sekali pun dan mengubahnya menjadi *output* yang dapat mengaktifkan motor, menyalakan LED, atau mem-*publish* sesuatu secara *online* [12]. Arduino IDE berperan untuk menuliskan program dan perintah-perintah yang kemudian di-*compile* dan diunggah ke mikrokontroler untuk kemudian dieksekusi sehingga sistem dapat bekerja sebagaimana mestinya.

2.2.5. Sensor DHT22

Sensor DHT22 adalah bagian dari jenis famili sensor DHT yang dapat mengukur suhu dan kelembapan pada satu waktu. DHT22 merupakan

pengembangan dari sensor DHT11 yang berasal dari jenis famili yang sama [13]. Sensor DHT22 dipilih karena memiliki rentang pengukuran suhu dan kelembapan yang lebih luas dibanding pendahulunya yaitu sensor DHT11, dan DHT22 dapat mengirimkan sinyal *output* melalui kabel hingga 20 meter, sehingga dapat ditempatkan di mana saja [14].

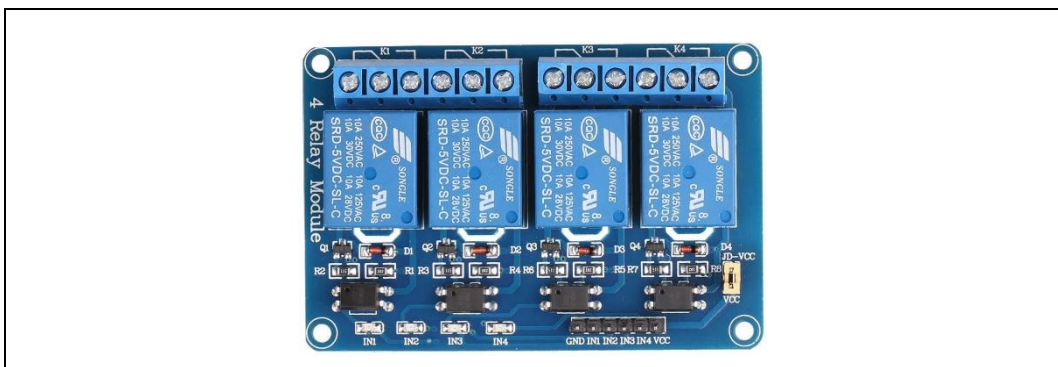


Gambar 2. 3 Sensor DHT22 [15]

Gambar 2.3 merupakan gambar sensor DHT22 yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan. Dalam penelitian ini, sensor DHT22 akan bekerja untuk melihat perubahan suhu dan kelembapan ruang pada kumbung jamur.

2.2.6. Relay Module

Relay merupakan komponen yang sering digunakan pada perangkat elektronika yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutus arus listrik dengan memberikan tegangan dan arus tertentu pada koilnya [8]. Fungsi dari *relay module* pada penelitian ini yaitu untuk memutuskan atau menghubungkan suatu rangkaian elektronika yang satu dengan rangkaian elektronika yang lainnya. *Relay* biasa digunakan untuk menyalurkan arus yang besar dengan menggunakan arus/tegangan kecil.



Gambar 2. 4 Modul relay [9]

Gambar 2.4 merupakan contoh modul *relay* dengan 4 *channel*, di mana dalam penelitian ini modul *relay* digunakan sebagai *switch on/off* untuk menghidupkan atau mematikan modul-modul lain.

2.2.7. Pompa Air

Water Pump/pompa air adalah alat untuk menggerakkan air dari tempat bertekanan rendah ke tempat bertekanan yang lebih tinggi. Pada dasarnya *water pump* sama dengan motor DC pada umumnya, hanya saja sudah di-*packing* sedemikian rupa sehingga dapat digunakan di dalam air. Pada tugas akhir ini digunakan *water pump DC 5 volt* untuk menyembrotkan air.

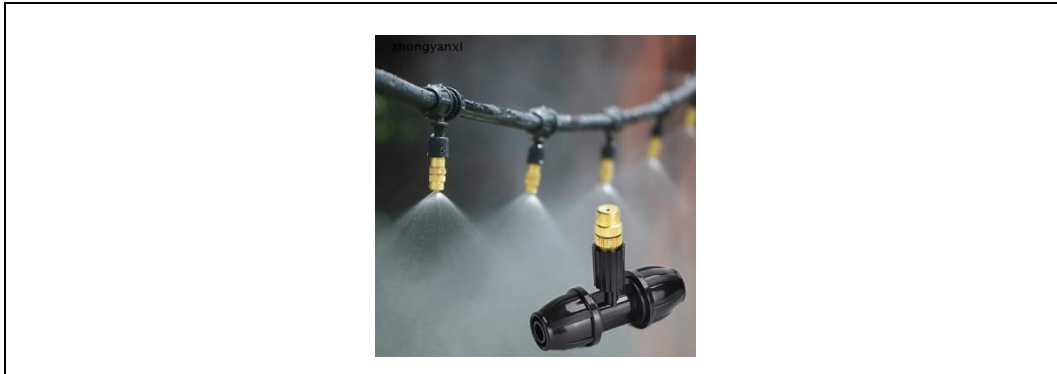


Gambar 2. 5 Pompa DC 5V

Gambar 2.5 adalah gambar pompa air DC 5V yang akan digunakan untuk memompa air ke *nozzle sprayer* untuk menyiram jamur.

2.2.8. Nozzle Sprayer

Nozzle sprayer adalah alat penyemprotan yang digunakan untuk menyembrotkan cairan. *Nozzle* mengubah semburan cairan menjadi tetesan benda cair sehingga cairan dapat didistribusikan secara merata di atas sebuah bidang [15]. Penelitian ini menggunakan *nozzle sprayer* karena dengan alat ini, proses penyiraman jamur dapat lebih merata, baik dari segi volume air dan area yang dicakup. Ukuran tetesan cairan yang keluar dari *sprayer* berukuran sangat kecil sehingga lebih mudah menguap yang membuat kumbung jamur lembap



Gambar 2. 6 *Nozzle sprayer* [15]

2.2.9.MQTT

MQTT adalah protokol komunikasi data antar-mesin (*machine-to-machine*) dengan sistem *publish/subscribe*. Protokol ini dipilih karena sifatnya yang ringan di mana setiap jenis pesan yang dikirimkan hanya sebesar 2 *bytes* saja sehingga dapat berjalan dengan sumber daya minim. Data yang dikirimkan menggunakan protokol MQTT juga tetap terkirim walaupun koneksi internet terputus sementara, sehingga komunikasi data dalam sistem lebih terjamin.

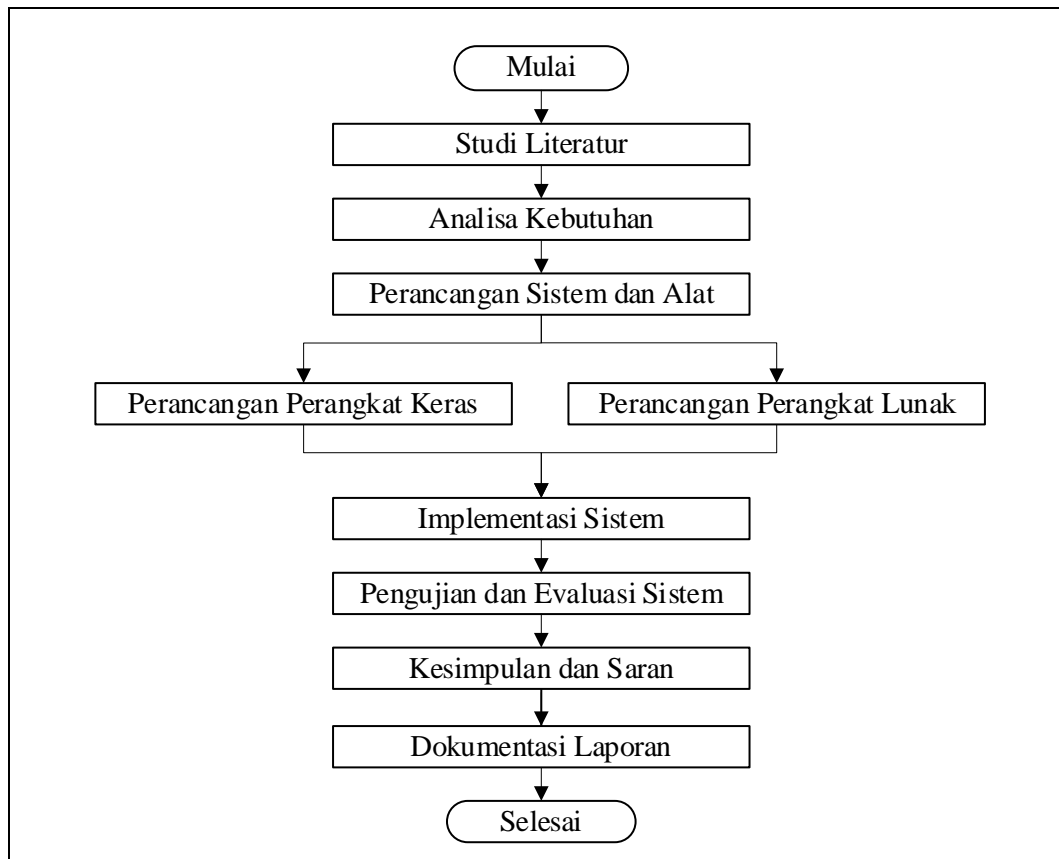
Prinsip kerja protokol MQTT di mana modul yang mengirim data disebut *publisher* dan penerima data disebut *subscriber* yaitu perangkat *publisher* dan *subscriber* terhubung satu sama lain melalui penghubung yang disebut *broker*. Dengan metode *publish/subscribe*, untuk mendapatkan data yang di *publish* oleh *publisher*, *subscriber* hanya perlu melakukan *subscribe* topik yang sama dengan topik yang di *publish* oleh *publisher*. Dengan demikian *subscriber* akan mendapatkan data tanpa harus melakukan *request* berulang-ulang [16].

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rencana Pelaksanaan

Berikut dijabarkan rencana pelaksanaan penelitian perancangan Kumbung Pintar Jamur Tiram Berbasis IoT dengan Sensor Suhu, Sensor Kelembapan, dan Kendali Penyiraman yang dapat dilihat pada diagram alir Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Rencana pelaksanaan

Proses yang dilakukan pada Gambar 3.1 akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Pada tahap studi literatur akan dilakukan pengumpulan jurnal nasional serta internasional yang pernah dilakukan sebelumnya dan memiliki kesamaan penerapan sehingga berkaitan dengan perancangan sistem. Perancangan sistem yang dimaksud adalah perancangan kumbung pintar jamur tiram. Selain itu beberapa jurnal penerapan *Internet of Things*, *Website*, Sensor Suhu dan kelembapan Udara DHT22, Pompa Air, Modul *Relay*, Mikrokontroler NodeMCU ESP8266, protokol komunikasi data MQTT serta mempersiapkan segala kebutuhan alat lainnya.
2. Pada tahap analisis kebutuhan sistem dilakukan analisa terhadap kebutuhan apa saja yang diperlukan untuk membangun sistem yang akan dirancang serta menjelaskan perangkat yang dibutuhkan dalam proses untuk perancangan dan pembangunan sistem.
3. Pada tahap perancangan arsitektur dilakukan perancangan struktur alur kerja dari sistem yang akan dirancang.
4. Pada tahap perancangan perangkat keras dilakukan perancangan terhadap seluruh perangkat keras yang dibutuhkan untuk membangun sistem kumbung pintar jamur tiram berbasis IoT, perangkat yang dimaksud adalah Sensor Suhu dan Kelembapan DHT22, Modul *Relay*, Pompa Air, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, dan Kipas angin.
5. Pada tahap perancangan perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan *website* sederhana sebagai sarana untuk melakukan *monitoring*. Selain menampilkan data yang diterima melalui MQTT dan mikrokontroler, *website* juga membuat visualisasi data berupa *line chart* untuk perubahan suhu dan kelembapan di dalam kumbung. *Website* juga digunakan untuk menentukan suhu dan kelembapan ideal yang ditentukan oleh pengguna.
6. Pada tahap implementasi dilakukan penyusunan perangkat keras dan pembuatan *website* sederhana yang dibutuhkan untuk membangun sistem kumbung pintar jamur tiram berbasis IoT.

7. Pada tahap pengujian dan evaluasi sistem dilakukan pengujian kinerja seluruh sistem dan mengumpulkan data untuk evaluasi kinerja dengan menggunakan replika kecil kumbung jamur.
8. Tahap kesimpulan dan saran berisi pengambilan kesimpulan dari pengujian dan evaluasi kinerja sistem yang sudah dilakukan.
9. Pada tahap dokumentasi laporan dilakukan pembuatan dokumentasi mengenai hasil pengujian yang telah dilakukan ke dalam laporan akhir serta dilakukan evaluasi terhadap sistem yang telah dibuat.

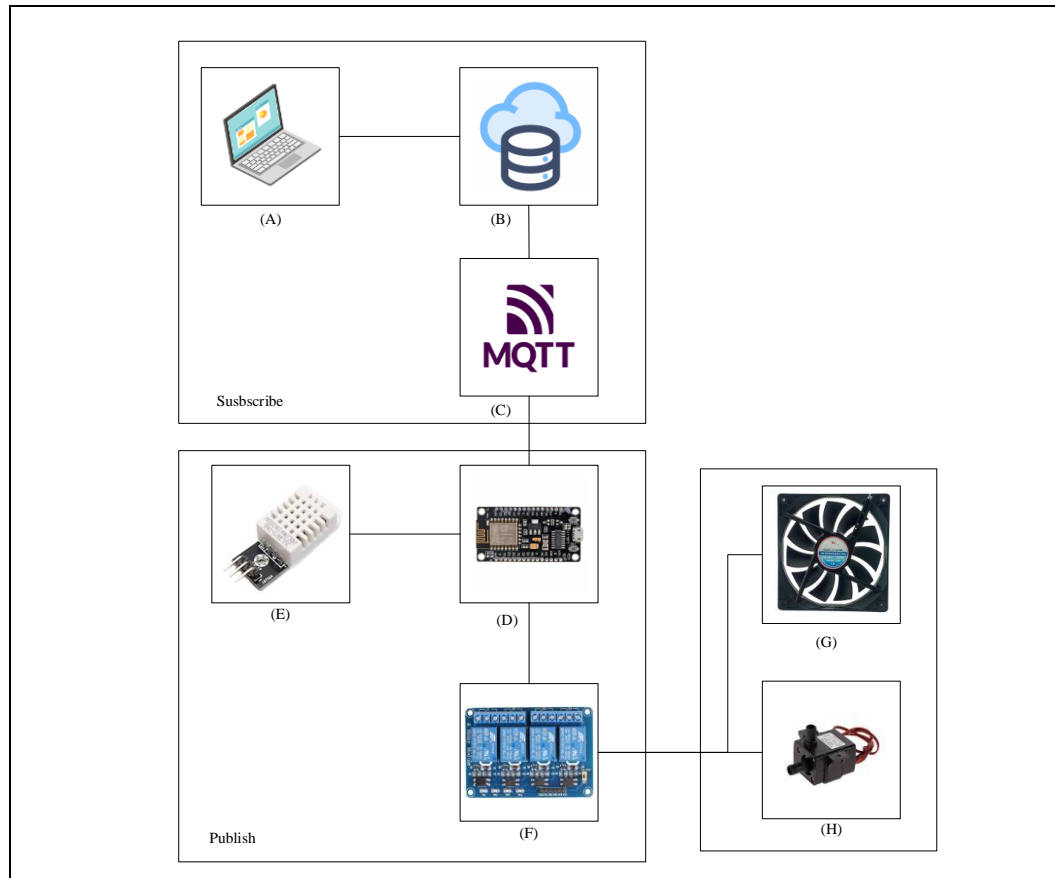
3.2 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan sistem sebagai persyaratan pengembangan yang akan dilakukan meliputi analisis kebutuhan alat dan bahan. Adapun perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Laptop sebagai media pembangun sistem dan alat pengujian sistem.
2. Sistem operasi yang digunakan adalah Windows 10.
3. Pembuatan *website* sederhana menggunakan Visual Studio Code sebagai aplikasi pendukung.
4. Arduino IDE untuk menuliskan program ke dalam mikrokontroler.
5. 1 buah NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler.
6. 1 buah sensor suhu dan kelembapan DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan pada kumbung jamur.
7. 2 buah Modul *Relay* sebagai *switch module* untuk menghidupkan pompa air dan kipas angin.
8. 1 buah Pompa Air DC 5V untuk memompa air ke *nozzle sprayer*.
9. 1 buah *nozzle sprayer* untuk menyemprotkan air.
10. 2 buah kipas DC 12V untuk mengatur sirkulasi udara kumbung jamur.

3.3 Rancangan Arsitektur Sistem

Penjelasan dari masing-masing proses serta hubungan antar proses yang terdapat pada Gambar 3.2 akan dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Rancangan arsitektur

Arsitektur Kumbung Pintar Jamur Tiram Berbasis IoT dengan Sensor Suhu, Sensor Kelembapan, dan Kendali Penyiraman terdiri dari perangkat keras (NodeMCU ESP8266, sensor suhu dan kelembapan DHT22, pompa air mini, kipas angin, dan *laptop*), kemudian internet sebagai *gateway* untuk menghubungkan perangkat keras ke *website*, dan MQTT yang berfungsi sebagai protokol pertukaran data yang dapat dengan mudah diakses oleh *user* selaku *subscriber*.

1. Laptop (A) sebagai perangkat elektronik yang digunakan oleh pengguna untuk melihat halaman *website* yang berisi data perubahan suhu air, suhu udara, dan berapa kali pompa bekerja memompa air serta untuk menentukan target suhu air.
2. *Database* (B) digunakan untuk menyimpan data mengenai perubahan suhu udara, kelembapan udara, dan status pompa serta kipas bekerja.

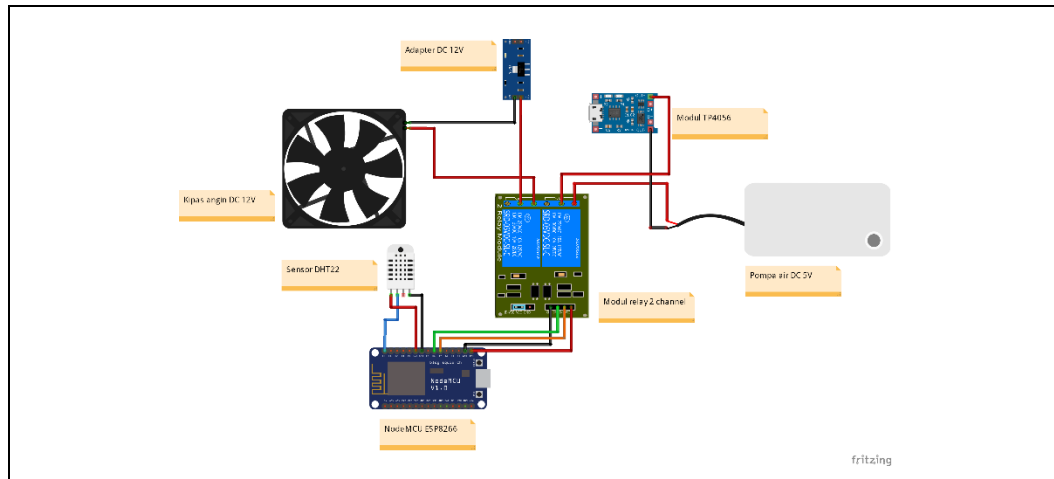
3. Server Broker (C) yang akan dituju oleh client dalam penyampaian data yang pengirimannya menggunakan protokol komunikasi data MQTT.
4. NodeMCU (D) digunakan untuk mengambil data berupa informasi perubahan suhu dan kelembapan udara. NodeMCU mengendalikan pompa dan kipas untuk menjaga suhu dan kelembapan udara dalam kumbung jamur.
5. Sensor Suhu dan Kelembapan Udara DHT22 (E) digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara dalam kumbung jamur.
6. Modul *Relay* (F) digunakan sebagai *switch on/off* pada pompa air dan kipas untuk mengatur kapan pompa dan kipas bekerja.
7. Kipas Anging 12V (G) digunakan untuk mengalirkan udara ke dalam kumbung jamur ketika sensor mendeteksi suhu udara dalam kumbung terlalu panas. Kipas bekerja berdasarkan perintah dari mikrokontroler NodeMCU dan Modul Relay menjadi *switch on/off*.
8. Pompa Air 5V (H) digunakan untuk memompa air dari penampungan air ke kumbung jamur untuk menaikkan tingkat kelembapan di dalam kumbung jamur. Pompa air ini bekerja berdasarkan perintah dari mikrokontroler NodeMCU dan Modul Relay menjadi *switch on/off*.

3.4 Rancangan Perangkat Keras

Pada sub bab ini merupakan tahap rancangan perangkat keras di mana akan dilakukan penyusunan mikrokontroler dengan modul – modul elektronika. Rangkaian terdiri dari 5 perangkat keras yang dihubungkan menjadi sebuah perangkat Rancang Bangun Kumbung Pintar Jamur Tiram Berbasis IoT dengan Sensor Suhu, Sensor Kelembapan, dan Kendali Penyiraman yang terdiri dari NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler, Sensor DHT22 sebagai sensor suhu dan kelembapan udara, Modul *Relay*, Pompa Air, kipas angin. Rangkaian ini suatu saat dapat berubah sesuai dengan kebutuhan sistem.

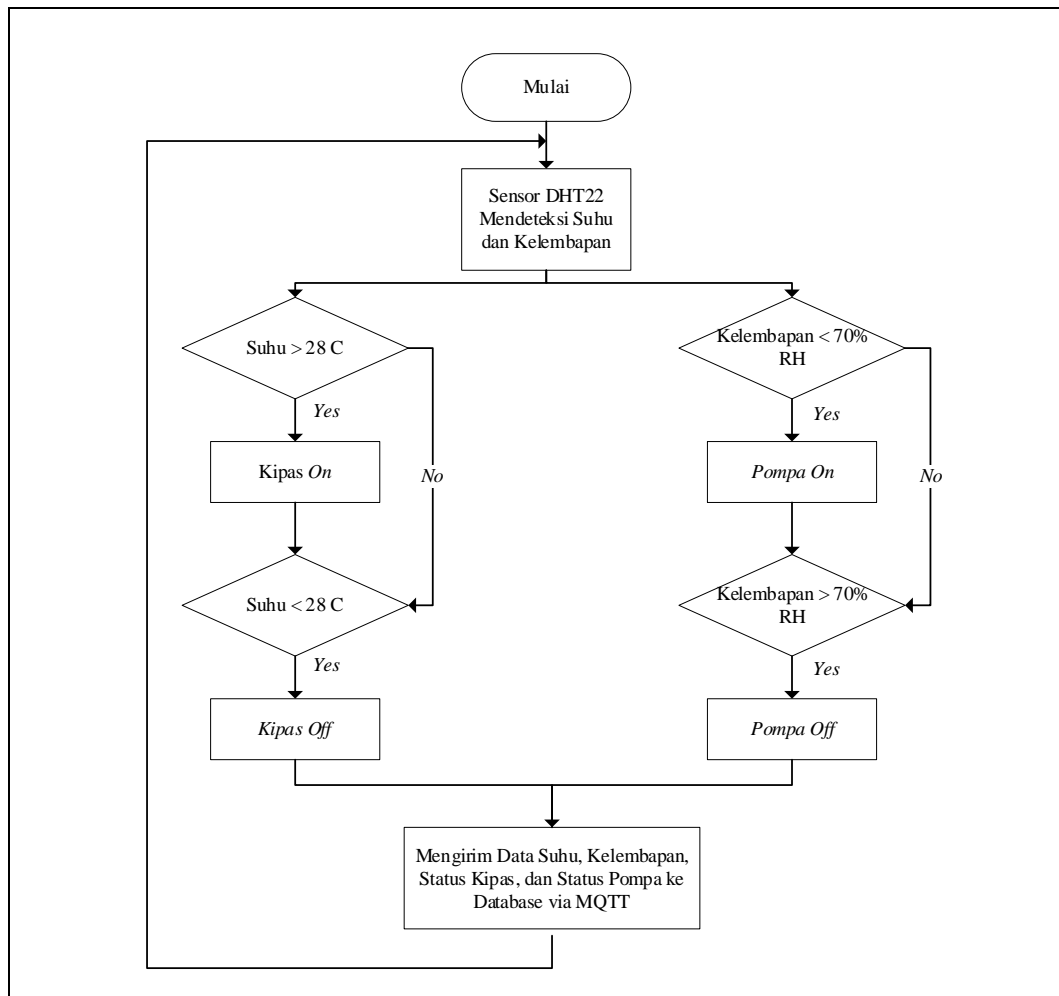
3.4.1 Rancangan Modul

Berikut merupakan rancangan rangkaian modul yang akan dibuat.



Gambar 3. 3 Rancangan perangkat keras

Pada Gambar 3. 3 dapat dilihat gambaran rancangan perangkat keras untuk sistem yang dibuat, terdapat mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan sensor suhu dan kelembapan udara DHT22, Modul TP4056, dan Modul *Relay*. Modul TP4056 terhubung dengan adapter daya, di mana ketiga rangkaian ini berfungsi sebagai sumber daya agar perangkat elektronika dapat bekerja. Sensor suhu dan kelembapan udara DHT22 yang terhubung dengan mikrokontroler akan menerima data mengenai suhu dan kelembapan udara dalam kumbung jamur. Sensor suhu dan kelembapan udara DHT22 berfungsi untuk melihat suhu dan kelembapan udara sekitar. Data yang diolah oleh perangkat adalah data suhu dan kelembapan ruang dalam kumbung jamur. Data diamati berdasarkan efek perubahan suhu dan kelembapan secara alami berdasarkan cuaca dan tindakan pengubahan kondisi kumbung oleh peneliti seperti dalam tabel berikut.

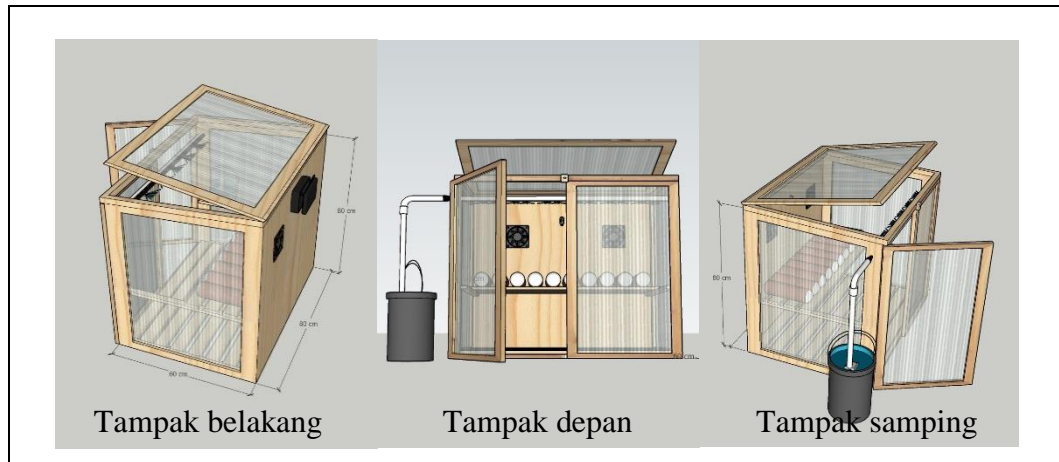


Gambar 3. 4 Diagram alir cara kerja sistem

Pengukuran suhu dan kelembapan dalam kumbung jamur dilakukan secara berkala oleh mikrokontroler berdasarkan interval waktu tertentu yang sudah disesuaikan. Air dialirkan menggunakan pompa secara otomatis dengan bantuan modul *relay 2 channel* yang mengatur *switch* untuk menjalankan perangkat.

3.4.2 Ilustrasi Alat

Berikut merupakan ilustrasi alat yang akan dibuat.



Gambar 3. 5 Ilustrasi alat

Keterangan :

Panjang : 50 cm

Lebar : 50 cm

Tinggi : 50 cm

Pada Gambar 3. 5 menunjukkan bentuk fisik dan bagian-bagian dari rancang bangun kumbung jamur, terdapat sensor DHT-22 dibagian dalam kumbung berfungsi membaca suhu dan kelembaban udara kumbung jamur. Kipas-kipas juga terpasang pada dinding kumbung untuk mengatur sirkulasi udara pada kumbung jamur, kemudian terdapat pipa penyiraman dengan *nozzle* yang terpasang untuk menyiram air ke baglog jamur. Untuk tampak belakang alat, terdapat mikrokontroler NodeMCU dan di samping kumbung terdapat wadah air sebagai sumber air penyiraman. Informasi mengenai kondisi kumbung jamur dan frekuensi penyiraman dapat dilihat pengguna melalui *website*.

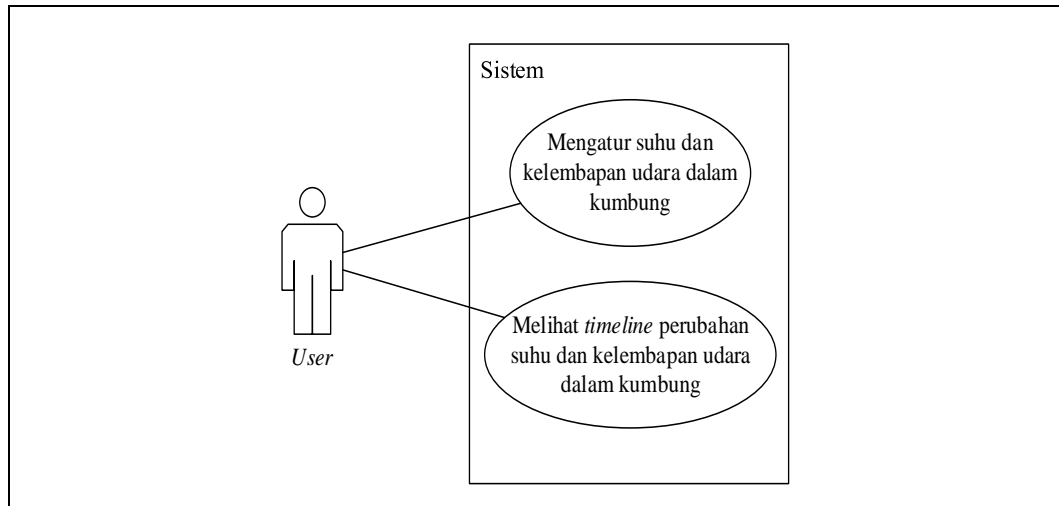
3.5 Rancangan Perangkat Lunak

Pada sub bab ini merupakan tahap perancangan perangkat lunak dan dilakukan perancangan sistem untuk merancang *website* serta perancangan komunikasi MQTT.

3.5.1 Desain Sistem

Desain sistem yang akan dirancang akan dijelaskan sebagai berikut:

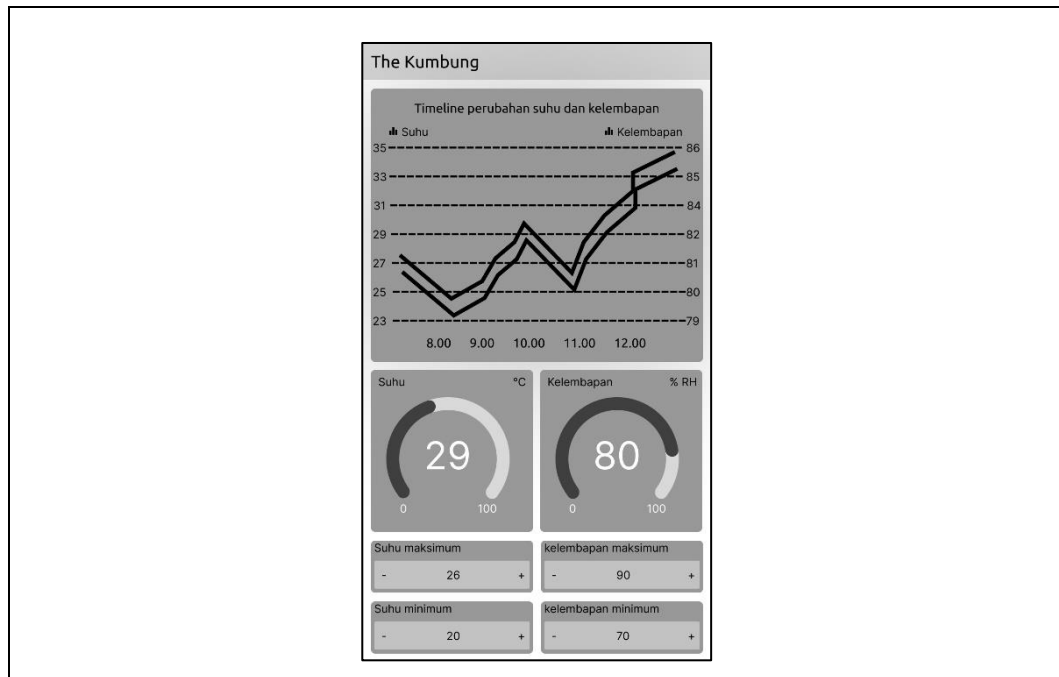
1. Use Case Diagram



Gambar 3. 6 Use case diagram

Gambar 3. 6 merupakan rancangan *use case diagram* dari sistem yang akan dibuat di mana terdapat dua aktivitas dan satu aktor yaitu *user*. *User* dapat mengatur suhu dan kelembapan udara yang ideal dalam kumbung jamur sehingga sistem akan bekerja secara otomatis untuk menjaga suhu dan kelembapan agar tetap berada pada kondisi yang ideal. Selain itu, *user* dapat melihat *timeline* perubahan suhu dan kelembapan udara dalam kumbung jamur. Informasi dari *timeline* perubahan suhu dan kelembapan pada kumbung jamur meliputi waktu, tanggal, perubahan suhu dan kelembapan udara dalam kumbung.

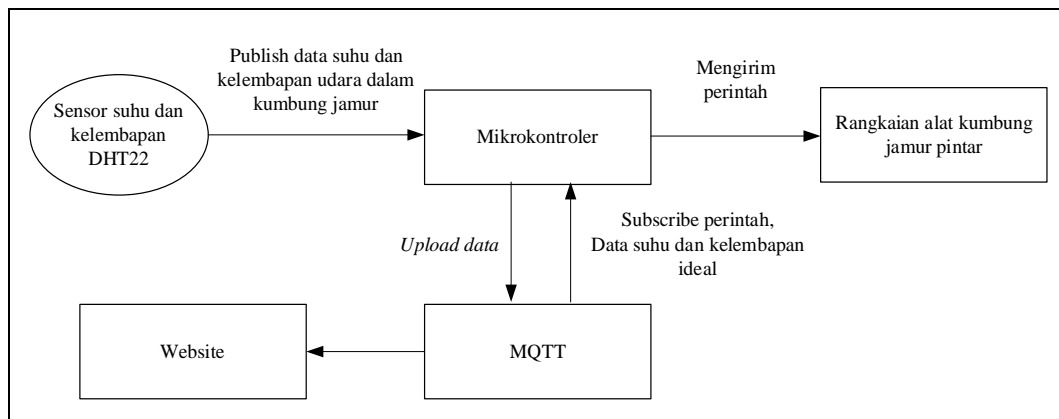
2. Desain *Interface*



Gambar 3. 7 Desain *interface* kumbung pintar

Gambar 3. 7 adalah rancangan desain *interface* yang akan dibuat. Pada halaman ini terdapat grafik garis *timeline* perubahan suhu dan kelembapan yang terjadi dalam kumbung jamur. Perubahan suhu dan kelembapan yang terjadi akan dibandingkan dengan kerja pompa dan kipas angin di mana jika suhu udara dalam kumbung terlalu tinggi maka kipas akan menyala untuk menurunkan suhu sampai tingkat ideal kemudian mati, dan pompa menyala untuk menyiram jamur dan menyemburkan air untuk meningkatkan kelembapan apabila tingkat kelembapan dalam kumbung terlalu rendah. Selain itu, pada *website* juga dapat mengatur target suhu dan kelembapan ruang sehingga sistem akan bekerja otomatis sepenuhnya dalam menjaga kestabilan suhu dan kelembapan ruang.

3.5.2 Rancangan Komunikasi MQTT



Gambar 3. 8 Rancangan komunikasi MQTT

Gambar 3. 8 merupakan rancangan komunikasi MQTT dari sistem yang akan dibuat. Sensor Suhu dan kelembapan DHT22 akan memberikan informasi mengenai nilai suhu dan kelembapan udara dalam kumbung jamur. Informasi tersebut akan diproses pada mikrokontroler. Mikrokontroler kemudian akan mengirimkan perintah ke rangkaian alat kumbung jamur pintar, dan rangkaian tersebut akan mengeksekusi perintah berdasarkan informasi dari sensor suhu dan kelembapan DHT22 dan mengikuti suhu dan kelembapan target yang diatur pada *website*. Selanjutnya, informasi *time line* perubahan suhu dan kelembapan udara dalam kumbung akan ditampilkan melalui halaman *website*.

3.6 Implementasi Sistem

Pada sub bab ini merupakan tahap implementasi sistem setelah tahap perancangan selesai dilakukan. Dilakukan penyusunan konfigurasi perangkat keras dan pembuatan perangkat lunak kemudian menghubungkan keduanya menjadi sebuah sistem yang menggunakan protokol komunikasi MQTT.

Tahap implementasi sistem terbagi menjadi 2, yaitu sebagai berikut:

1. Penyusunan Perangkat Keras

Tahap penyusunan perangkat keras meliputi NodeMCU ESP8266, sensor suhu dan kelembapan DHT22, modul *relay*, pompa air dan kipas angin, akan disusun menjadi satu rangkaian elektronika untuk menjaga suhu dan kelembapan ruang kumbung jamur agar tetap mendekati keadaan ideal. Proses penyusunan

perangkat disesuaikan dengan perancangan yang telah dibuat pada tahap perancangan perangkat keras sistem.

2. Pembuatan Perangkat Lunak

Tahap pembuatan perangkat lunak dilakukan pembuatan *website* sederhana yang dapat diakses oleh pembudidaya, *website* tersebut akan digunakan sebagai media untuk menampilkan *time line* perubahan suhu dan kelembapan ruang pada kumbung jamur serta mengatur target suhu dan kelembapan udara dalam kumbung jamur.

3.7 Pengujian dan Evaluasi Sistem

Tahap pengujian dan evaluasi sistem akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibangun dengan metode *black box testing*. *Black box testing* diperuntukkan pada pengujian sistem kumbung pintar jamur tiram berbasis IoT dengan sensor suhu, sensor kelembapan, dan kendali penyiraman untuk mengetahui kinerja dari sistem yang telah dibangun.

3.7.1 Pengujian *black box*

Pengujian *black box* dilakukan pada sistem kumbung pintar jamur tiram berbasis IoT dengan sensor suhu, sensor kelembapan, dan kendali penyiraman untuk menganalisis fungsionalitas dari fitur dan kinerja setiap alat yang digunakan pada sistem yang dirancang. Hal ini dilakukan untuk memastikan apakah sistem dapat berjalan sesuai dengan harapan atau tidak dan apakah sistem mampu untuk menstabilkan suhu dan kelembapan kumbung dengan toleransi yang seminimal mungkin.

Adapun skenario pengujian sistem menggunakan metode *black box*, yaitu:

Tabel 3. 1 Skenario pengujian perangkat keras

No.	Fungsi	Skenario uji	Hasil yang diharapkan	Ya	Tidak
1	NodeM CU	Menampilkan hasil pengukuran suhu dan kelembapan oleh	Dapat menampilkan hasil pengukuran suhu		

No.	Fungsi	Skenario uji	Hasil yang diharapkan	Ya	Tidak
	ESP8266	sensor pada <i>serial monitor</i> Arduino IDE	pada <i>serial monitor</i> Arduino IDE		
2	Sensor DHT22	Mengukur suhu udara dan kelembapan dalam kumbung	Dapat mengukur suhu udara dan kelembapan dalam kumbung		
3	Pompa air	Memompa air untuk menyiram jamur	Air terpompa oleh pompa dari wadah melalui selang untuk menyiram ketika kelembapan dalam kumbung jamur kurang dari 70% RH		
4	Kipas angin	Menyala dan berputar untuk mengalirkan udara	Kipas menyala dan berputar saat suhu dalam kumbung tidak berada pada tingkat ideal yaitu di atas 28 °C		

Tabel 3. 2 Skenario pengujian perangkat lunak

No.	Fungsi	Keterangan	Hasil yang diharapkan	Ya	Tidak
1	MQTT	menghubungkan <i>broker</i> (Wemos) dan <i>client</i> (<i>laptop/smartphone</i>) untuk bertukar data	<i>Broker</i> (Wemos) dan <i>client</i> (<i>laptop/smartphone</i>) terhubung untuk bertukar data		

No.	Fungsi	Keterangan	Hasil yang diharapkan	Ya	Tidak
2	<i>Web Server Database</i>	Menyimpan data pengukuran suhu dan kelembapan oleh sensor secara <i>online</i> dan <i>real time</i>	Data hasil pengukuran suhu dan kelembapan dalam kumbung jamur tersimpan secara <i>online</i> dan dapat diakses <i>real time</i>		
3	<i>Website</i>	Dapat menampilkan data pengukuran suhu dan kelembapan oleh sensor	Data pengukuran suhu dan kelembapan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik <i>time line</i>		
		Menampilkan keadaan suhu dan kelembapan kumbung terkini	Keadaan suhu dan kelembapan kumbung terkini dapat ditampilkan		
		Mengatur tingkat suhu dan kelembapan secara <i>wireless</i> dan <i>real time</i>	Tingkat suhu dan kelembapan ideal dapat diatur secara <i>wireless</i> dan <i>real time</i>		

3.7.2 Pengujian Kelayakan Sistem

Pengujian pada kumbung jamur tiram secara langsung dilakukan untuk menunjukkan bahwa rangkaian sistem yang dibuat telah berfungsi dengan baik. Pengujian ini dilakukan setelah uji kinerja alat. Pengujian alat di lapangan dilakukan dengan membudidayakan jamur tiram yang sudah diinkubasi dan siap kembang dalam sebuah replika kumbung jamur yang dibuat menggunakan kayu dan paranet di rumah peneliti.

Skenario pengujian lapangan untuk menguji reaksi sistem terhadap kondisi-kondisi yang mungkin terjadi dapat dilakukan dengan membuat kondisi alami secara buatan antara lain:

Tabel 3. 3 Skenario pengujian lapangan

No.	Kondisi	Skenario	Cara Uji
1	Suhu udara tinggi dalam kumbung jamur	Menaikkan suhu udara dalam kumbung jamur	Membatasi sirkulasi udara dalam kumbung jamur dengan cara menutup kumbung dengan kain
2	Kelembapan udara rendah dalam kumbung jamur	Menurunkan kelembapan udara dalam kumbung jamur	Membebaskan sirkulasi udara dalam kumbung jamur dengan cara membuka seluruh ventilasi kumbung seperti pintu kumbung

Indikator capaian yang diinginkan berupa: data suhu dalam satuan derajat celsius ($^{\circ}\text{C}$), data kelembapan dalam satuan (%RH) dan pompa serta kipas yang menyala ketika sensor mendeteksi suhu dan kelembapan dalam kumbung tidak ideal di mana suhu udara dalam kumbung lebih tinggi dari 28°C dan kelembapan kurang dari 70% RH kemudian menampilkan kondisi kumbung melalui *website* dan menyimpan rekapan data *monitoring* ke *server database* secara *wireless*. Selang waktu (*interval*) dalam pembacaan dan perekaman suhu dan kelembapan adalah 30 menit selama 12 jam.

Rangkaian alat diimplementasikan dalam replika kumbung jamur tiram, selama 7 hari dimulai dari hari pertama baglog ditempatkan dalam kumbung sampai *primordia/pinhead* jamur mulai muncul dalam baglog.

3.8 Dokumentasi Laporan

Sub bab ini merupakan dokumentasi dan laporan, didokumentasikan hasil dari pengujian sistem dan diambil kesimpulan berdasarkan dokumentasi tersebut. Kesimpulan yang telah didapatkan dapat digunakan sebagai acuan untuk pengembangan selanjutnya.

BAB IV

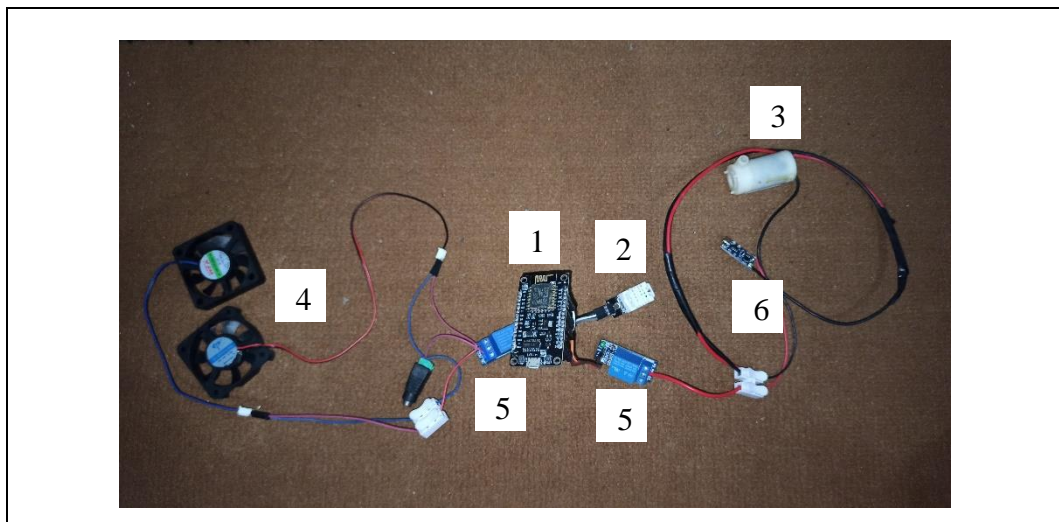
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Sistem

Pada sub bab ini merupakan realisasi dari sistem yang dirancang di mana akan membahas hasil dari penelitian yang dilakukan tentang “Rancang Bangun Kumbung Pintar Jamur Tiram Berbasis IoT dengan Sensor Suhu, Sensor Kelembapan, dan Kendali Penyiraman”. Realisasi dilakukan dengan menyesuaikan sistem yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Pembahasan yang akan dijelaskan meliputi realisasi penyusunan perangkat keras, realisasi pembangunan komunikasi protokol MQTT pada sistem, hasil pengujian keseluruhan sistem, dan tahap analisis serta evaluasi sistem.

4.1.1 Realisasi Penyusunan Perangkat Keras

Pada sub bab ini merupakan tahap realisasi penyusunan perangkat keras dari Rancang Bangun Kumbung Pintar Jamur Tiram Berbasis IoT berdasarkan rancangan perangkat keras pada bab sebelumnya. Implementasi perangkat keras yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar-gambar berikut:



Gambar 4. 1 Realisasi perangkat keras

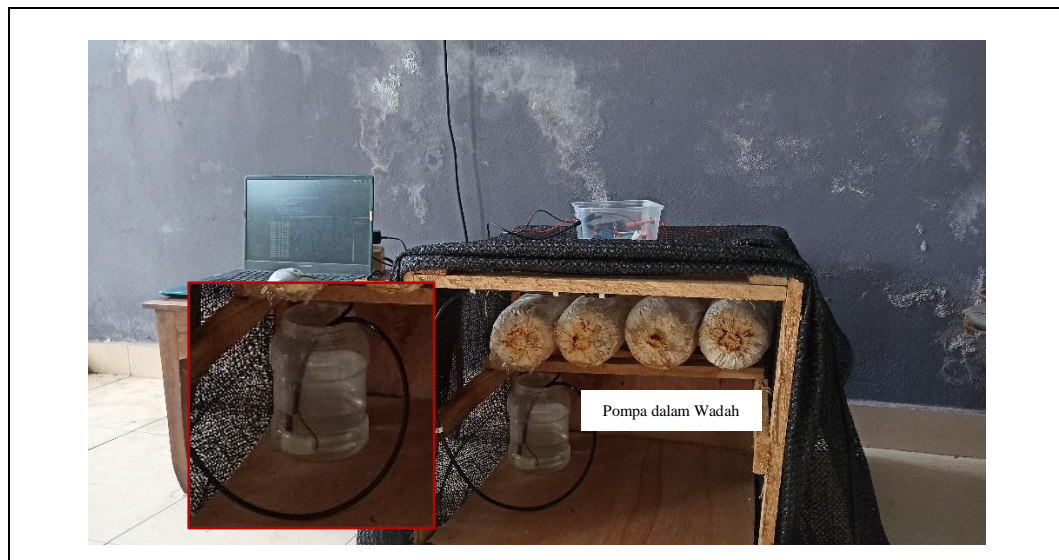
Keterangan:

1. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266
2. Sensor DHT22

3. Pompa DC 5V
4. Kipas DC 12V
5. Relay
6. Modul TP4056

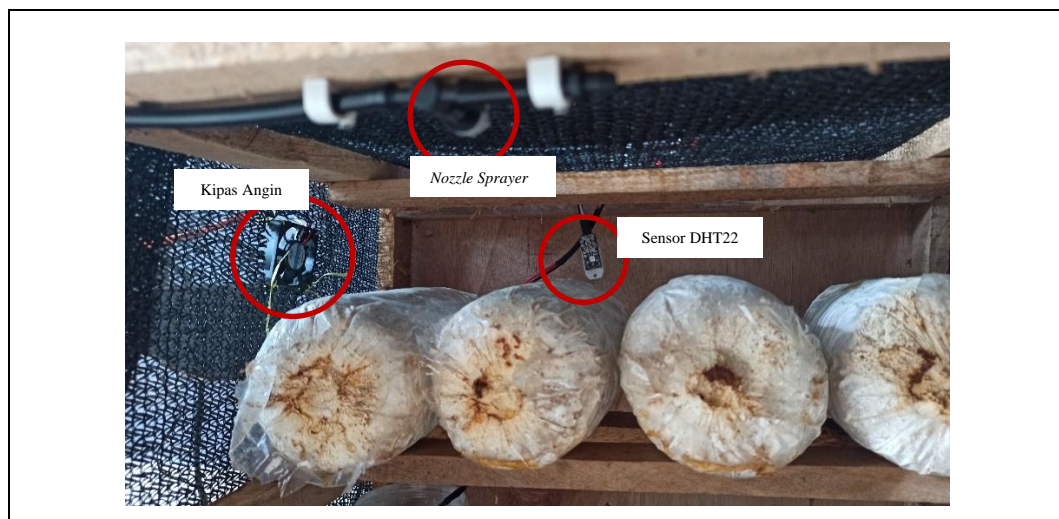
Pada Gambar 4. 1 merupakan realisasi rancangan perangkat keras sistem di mana setiap alat telah dirangkai menjadi satu dengan fungsi dari masing-masing alat tersebut adalah sebagai berikut:

1. NodeMCU, merupakan perangkat yang digunakan sebagai mikrokontroler yang menjadi inti dari kinerja keseluruhan alat. Di mana NodeMCU akan terhubung dengan modul *relay*, dan sensor suhu dan kelembapan DHT22.
2. Sensor suhu dan kelembapan DHT22, merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara di dalam kumbung jamur. Hasil pengukuran akan diproses oleh mikrokontroler untuk kemudian mengirimkan perintah ke *relay*.
3. Pompa Air, merupakan perangkat yang digunakan untuk mengalirkan air dari wadah penampungan air untuk menyiram baglog jamur dan menaikkan tingkat kelembapan udara di dalam kumbung jamur.
4. Kipas angin DC, merupakan perangkat yang digunakan untuk mendinginkan suhu udara di dalam kumbung jamur dengan mengalirkan udara dari luar kumbung.
5. Modul *Relay*, merupakan perangkat yang digunakan sebagai *switch on/off* untuk pompa air dan kipas angin. Melalui mikrokontroler perintah akan dikirimkan untuk mengaktifkan salah satu perangkat sesuai dengan perubahan kondisi yang terjadi.



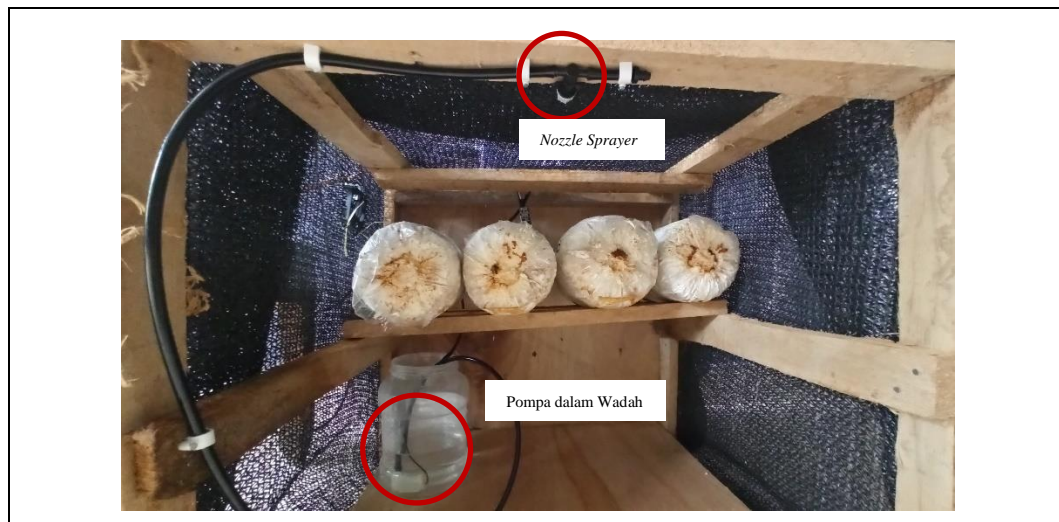
Gambar 4. 2 Realisasi keseluruhan sistem

Pada Gambar 4. 2 merupakan Realisasi Keseluruhan Sistem dari Pembuatan Kumbung Pintar Jamur Tiram Berbasis IoT.



Gambar 4. 3 Realisasi penempatan sensor DHT22 dan kipas angin

Pada Gambar 4. 3 merupakan Realisasi penempatan Sensor DHT22, pompa air dan kipas angin pada kumbung jamur. Sensor DHT22 ditempatkan di bagian atas dalam kumbung jamur, di mana sensor DHT22 berfungsi untuk mendeteksi nilai suhu dan kelembapan udara di dalam kumbung jamur. Kipas angin ditempatkan di dalam kumbung jamur untuk menurunkan suhu udara di dalam kumbung jamur jika suhu udara di dalam kumbung jamur terlalu tinggi.

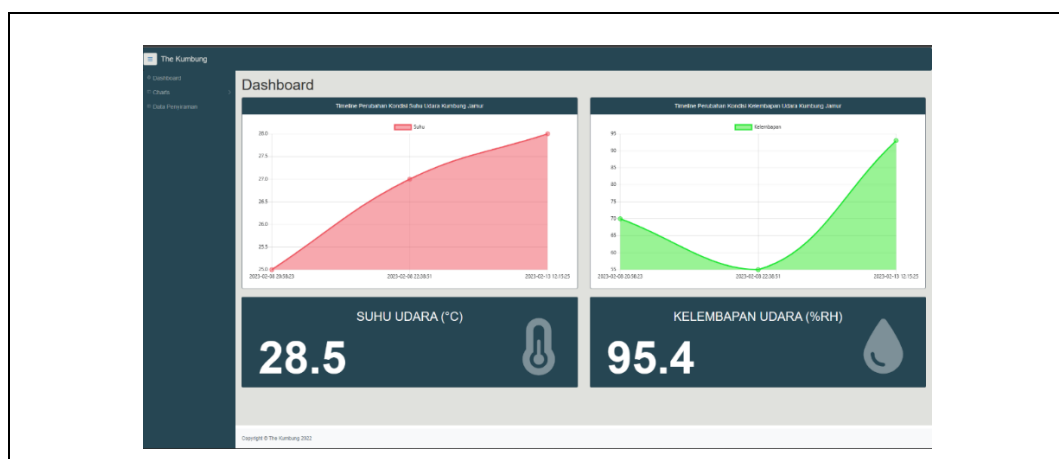


Gambar 4. 4 Realisasi penempatan pompa air

Pompa Air diletakkan di dalam wadah penampungan air, pompa berfungsi untuk memompa air untuk menyiram jamur dan menaikkan kelembapan udara melalui selang dan *nozzle spray*.

4.1.2 Realisasi Antarmuka Sistem

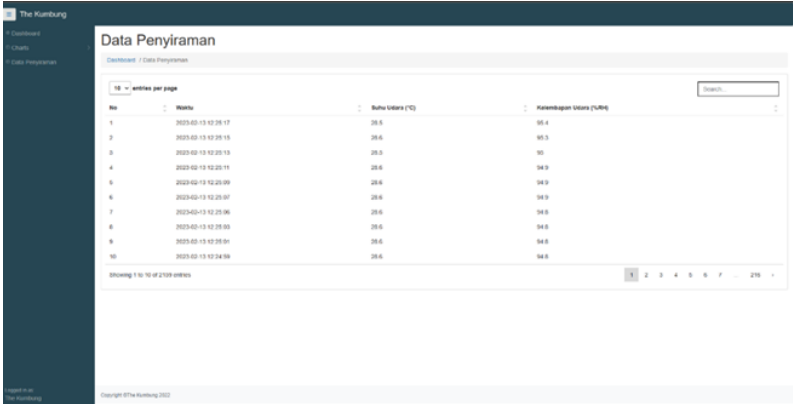
Pada sub bab ini merupakan tahap pembuatan *website* Sistem Kumbung Pintar Jamur Tiram Berbasis IoT menggunakan bahasa pemrograman PHP. Berikut merupakan implementasi *interface* sistem berdasarkan pembahasan sub bab sebelumnya pada bagian *use case* diagram Gambar 3.5 yang terdapat satu pengguna untuk menjalankan sistem.



Gambar 4. 5 Halaman *dashboard*

Gambar 4. 5 merupakan implementasi *interface* dari halaman utama sistem. Pada halaman utama sistem terdapat dua grafik perubahan suhu dan perubahan

kelembapan di dalam kumbung jamur. Selain grafik, di halaman utama *website* sistem juga menampilkan pembacaan suhu dan kelembapan terkini di dalam kumbung jamur.



The screenshot shows a web application titled 'The Kumbung' with a sidebar menu containing 'Dashboard', 'Charts', and 'Data Penyiraman'. The main content area is titled 'Data Penyiraman' and features a 'Download' button and a 'Data Penyiraman' link. Below this is a table with columns 'No', 'Waktu', 'Suhu Udara (°C)', and 'Kelembapan Udara (%)'. The table contains 10 rows of data. At the bottom, it says 'Showing 1 to 10 of 210 entries'.

No	Waktu	Suhu Udara (°C)	Kelembapan Udara (%)
1	2020-03-15 12:20:17	28.6	95.4
2	2020-03-15 12:20:18	28.6	95.3
3	2020-03-15 12:20:19	28.6	95
4	2020-03-15 12:20:19	28.6	94.9
5	2020-03-15 12:20:20	28.6	94.9
6	2020-03-15 12:20:21	28.6	94.9
7	2020-03-15 12:20:22	28.6	94.9
8	2020-03-15 12:20:23	28.6	94.9
9	2020-03-15 12:20:24	28.6	94.9
10	2020-03-15 12:20:24	28.6	94.9

Gambar 4. 6 Halaman data penyiraman

Gambar 4. 6 merupakan implementasi *interface* dari halaman data penyiraman, pada halaman ini berisi informasi perubahan suhu udara dan kelembapan udara serta status kipas dan pompa secara *real time*. Data-data tersebut diperoleh dari perangkat keras serta tersimpan dalam *database*.

4.1.3 Realisasi Pembangunan Program pada Mikrokontroler

Pada sub bab ini merupakan tahap pembangunan program pada mikrokontroler menggunakan aplikasi Arduino IDE. Pada pembangunan program mikrokontroler ini ada beberapa bagian program untuk sensor membaca nilai dari setiap objek seperti suhu udara, kelembapan udara, modul *relay*, serta dapat membangun koneksi ke internet dan MQTT untuk mengirim dan menerima pesan dari MQTT *broker*. Berikut penjelasan lebih detail mengenai *source code* program.

```
1. #include <ESP8266WiFi.h>
2. #include <PubSubClient.h>
3. #include <DHT.h>
```

Kode Sumber 4. 1 Inisialisasi *library*

Fungsi dari *library-library* pada *source code* Kode Sumber 4. 1 adalah sebagai berikut:

- ESP8266WiFi.h adalah *library* yang digunakan untuk mengakses WiFi menggunakan modul ESP8266.

- b. PubSubClient.h adalah *library* yang digunakan untuk membangun komunikasi MQTT sehingga dapat melakukan proses *publish* dan *subscribe* antara perangkat dengan *broker*.
- c. DHT.h adalah *library* yang digunakan untuk mendeklarasikan sensor DHT22 atau sensor suhu dan kelembapan.

```
1. #define DHTPIN D1
2. #define DHTTYPE DHT22
3.
4. #define FAN_RELAY_PIN D6
5. #define PUMP_RELAY_PIN D7
```

Kode Sumber 4. 2 Inisialisasi variabel

Kode Sumber 4.2 digunakan untuk mendeklarasikan variabel-variabel yang menghubungkan antara sensor dengan mikrokontroler dan internet. Untuk “#define DHTPIN D1” dan “#define DHTTYPE DHT22” mendeklarasikan variabel sebagai pin yang terhubung dengan sensor dan sensor yang digunakan adalah DHT22, “#define FAN_RELAY_PIN D6” dan “#define PUMP_RELAY_PIN D7” digunakan untuk mendeklarasikan saklar yang menghubungkan modul *relay* dengan pin D6 dan D7.

```
1. #define WIFI_SSID "SSID_NAME"
2. #define WIFI_PASSWORD "WIFI_PASSWORD"
3.
4. #define MQTT_SERVER "broker.mqtt-dashboard.com"
```

Kode Sumber 4. 3 Inisialisasi WiFi dan MQTT

Pada Kode Sumber 4.3 digunakan untuk mendeklarasikan variabel WiFi dan MQTT yang digunakan untuk menghubungkan mikrokontroler NodeMCU dengan jaringan internet dan MQTT *broker*. “WIFI_SSID” merupakan variabel untuk menampung nama jaringan WiFi yang ingin dihubungkan, “WIFI_PASSWORD” merupakan variabel untuk menampung *password* dari WiFi, “MQTT_SERVER” merupakan variabel untuk menampung alamat *broker* MQTT yang akan digunakan sebagai *server* penyimpanan data.

```
1. void setupWiFi() {
2.   delay(10);
3.   Serial.println();
4.   Serial.print("Connecting to ");
5.   Serial.println(WIFI_SSID);
6.
7.   WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
8.   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
9.     delay(500);
10.    Serial.print(".");
11.  }
12.  Serial.println("");
```

```

13. Serial.println("WiFi connected");
14. Serial.println("IP address: ");
15. Serial.println(WiFi.localIP());
16. }

```

Kode Sumber 4. 4 *Set up* WiFi

Pada Kode Sumber 4.4 digunakan untuk menghubungkan dengan koneksi WiFi yang digunakan. Fungsi dari “`void setupWiFi()`” yaitu untuk mengatur koneksi mikrokontroler NodeMCU dengan jaringan internet dan MQTT dengan memvalidasi variabel “`WIFI_SSID`” dan “`WIFI_PASSWORD`” yang telah dideklarasikan sebelumnya.

```

1. void reconnect() {
2.   while (!client.connected()) {
3.     Serial.print("Attempting MQTT connection...");
4.     // Create a random client ID
5.     String clientId = "ESP8266Client-";
6.     clientId += String(random(0xffff), HEX);
7.     if (client.connect(clientId.c_str())) {
8.       Serial.println("connected");
9.     } else {
10.      Serial.print("failed, rc=");
11.      Serial.print(client.state());
12.      Serial.println(" try again in 5 seconds");
13.      delay(5000);
14.    }
15.  }
16. }
17. }

```

Kode Sumber 4. 5 Fungsi *reconnect* pada mikrokontroler

Pada Kode Sumber 4.5 merupakan fungsi yang digunakan untuk menghubungkan kembali koneksi mikrokontroler dengan jaringan WiFi jika sewaktu-waktu terputus. Fungsi ini akan berjalan selama mikrokontroler belum terkoneksi dengan jaringan WiFi dan akan terus mencoba untuk terhubung dengan interval waktu 5 detik.

```

1. void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
2.   Serial.print("Message arrived [");
3.   Serial.print(topic);
4.   Serial.print("] ");
5.   for (int i = 0; i < length; i++) {
6.     Serial.print((char)payload[i]);
7.   }
8.   Serial.println();
9. }

```

Kode Sumber 4. 6 Fungsi *callback* pada mikrokontroler

Pada Kode Sumber 4.6 merupakan fungsi “`void callback()`” dengan parameter *topic* dan *payload* yang digunakan sebagai fungsi untuk menerima pesan sesuai dengan *topic* yang telah di-*subscribe*.

```

1. void loop() {
2.   if (!client.connected()) {
3.     reconnect();
4.   }
5.   client.loop();
6.
7.   float temperature = dht.readTemperature();
8.   float humidity = dht.readHumidity();
9.
10.  Serial.print(F("Kelembapan: "));
11.  Serial.print(humidity);
12.  Serial.print(F("% Suhu: "));
13.  Serial.print(temperature);
14.  Serial.print(F("°C "));
15.  Serial.println();
16.
17.  String temperatureMessage = String(temperature);
18.  String humidityMessage = String(humidity);
19.
20.  String dataPack = String (temperature) + "," + String (humidity);
21.
22.  currentMillis = millis();
23.  if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
24.    previousMillis = currentMillis;
25.    client.publish("datasensorjam", (char*)dataPack.c_str());
26.  }
27.
28.  if (!isnan(temperature) && !isnan(humidity)) {
29.    if (temperature > TEMPERATURE_THRESHOLD) {
30.      digitalWrite(FAN_RELAY_PIN, LOW);
31.    }
32.    else {
33.      digitalWrite(FAN_RELAY_PIN, HIGH);
34.    }
35.    if (humidity < HUMIDITY_THRESHOLD) {
36.      digitalWrite(PUMP_RELAY_PIN, LOW);
37.    }
38.    else {
39.      digitalWrite(PUMP_RELAY_PIN, HIGH);
40.    }
41.
42.    client.publish("datasensor", (char*)dataPack.c_str());
43.  }
44.  delay(2000);
45. }

```

Kode Sumber 4. 7 Fungsi *loop* pada mikrokontroler

Pada Kode Sumber 4.7 merupakan “`void loop()`” untuk melakukan pengulangan dalam pembacaan nilai sensor, pengiriman data, dan mengendalikan modul *relay*. *Source code* “`float temperature = dht.readTemperature();`” dan “`float humidity = dht.readHumidity();`” berfungsi untuk membaca nilai suhu dan kelembapan udara dari sensor DHT22 kemudian disimpan ke dalam variabel “`String dataPack`” untuk di-*publish* ke MQTT *broker*. Adapun kondisi untuk menentukan keputusan dalam mengaktifkan atau mematikan modul *relay* yaitu ketika suhu udara dalam kumbung lebih tinggi dari nilai yang disimpan variabel

“TEMPERATURE_THRESHOLD”, yaitu 29 derajat celcius dan ketika kelembapan udara dalam kumbung lebih rendah dari “HUMIDITY_THRESHOLD”, yaitu 70%RH. Keputusan yang dijalankan adalah menyalakan atau mematikan kipas atau pompa melalui *relay*. Selain itu, terjadi juga proses mengirim data atau melakukan proses *publish* data dari masing-masing sensor dan status *relay* dalam bentuk data *String* sesuai dengan topik yang telah ditentukan “*datasensor*” ke *broker* MQTT.

4.1.4 Realisasi Pembangunan Komunikasi Protokol MQTT

Pada sub bab ini merupakan tahap realisasi komunikasi data dengan MQTT pada Rancang Bangun Kumbung Pintar Jamur Tiram Berbasis IoT.

```
1. import paho.mqtt.client as mqtt
2. import mysql.connector
3. import time
```

Kode Sumber 4. 8 *Library* yang digunakan

Pada Kode Sumber 4.8 merupakan library yang digunakan dalam proses komunikasi data dengan MQTT dan MySQL. Fungsi dari *library* “*paho.mqtt.client as mqtt*” digunakan untuk dapat melakukan komunikasi protokol MQTT sebagai *client/subscriber*, “*mysql.connector*” digunakan untuk dapat menjalankan fungsi-fungsi yang berkaitan dengan *database* MySQL, “*time*” digunakan untuk menjalankan fungsi yang berkaitan dengan waktu pada sistem yang dibutuhkan untuk mendapatkan tanggal dan jam ketika sistem dijalankan.

```
1. # callback function for receiving messages
2. def on_message(client, userdata, message):
3.     topic = message.topic
4.     msg = str(message.payload.decode("utf-8"))
5.     data = msg.split(",")
6.
7.     airTemp = data[0]
8.     airHum = data[1]
9.
10.    # Connect to the database
11.    mydb = mysql.connector.connect(
12.        host="HOST_NAME",
13.        user="USER_NAME",
14.        password="PASSWORD",
15.        database="DB_NAME"
16.    )
17.
18.    mycursor = mydb.cursor()
19.
20.    # Check the topic and insert the message into the corresponding table
21.    if topic == "datasensor":
22.        sql = "INSERT INTO sensors (suhu, kelembapan) VALUES (%s, %s)"
23.        val = (airTemp, airHum)
24.        mycursor.execute(sql, val)
```



```

25.         mydb.commit()
26.         print("Message for datasensor inserted into sensors table")
27.     elif topic == "datasensorjam":
28.         sql = "INSERT INTO sensorjam (suhu, kelembapan) VALUES (%s, %s)"
29.         val = (airTemp, airHum)
30.         mycursor.execute(sql, val)
31.         mydb.commit()
32.         print("Message for datasensorjam inserted into sensorjam table")
33.     else:
34.         print("Unknown topic")
35.
36.     mydb.close()

```

Kode Sumber 4. 9 Membaca pesan dan memasukkan ke *database*

Pada Kode Sumber 4.9 merupakan fungsi dari “on_message” yang bertujuan untuk menerima keseluruhan pesan yang di-*subscribe* oleh *client* dengan topik “datasensor” kemudian pesan tersebut dipecah dan ditampung ke dalam variabel “airTemp, airHum”. Kemudian data-data tersebut disimpan ke dalam *database* dengan menggunakan *query* “INSERT INTO sensors (suhu, kelembapan) VALUES (%s, %s)”. Data yang tersimpan dalam *database* akan ditampilkan pada *website* sederhana.

```

1. # create the MQTT client
2. client = mqtt.Client()
3.
4. # set the callback function for receiving messages
5. client.on_message = on_message
6.
7. # connect to the MQTT broker
8. client.connect("broker.mqtt-dashboard.com", 1883)

```

Kode Sumber 4. 10 Koneksi dengan *broker* MQTT

Kode sumber 4.10 berfungsi untuk menjalankan fungsi dari *library* Paho MQTT untuk membuat *client* MQTT. *Client* kemudian menjalankan fungsi *callback* untuk menerima pesan dari *broker* yang dihubungkan melalui kode “client.connect(“broker.mqtt-dashboard.com”, 1883)”.

```

1. # subscribe to the 2 topics
2. client.subscribe("datasensor")
3. client.subscribe("datasensorjam")
4.
5. # start the loop to receive messages
6. client.loop_forever()

```

Kode Sumber 4. 11 *Subscribe* topik

Kode sumber 4.11 menjalankan fungsi *subscribe* untuk mengambil pesan dari topik yang ditentukan, dalam hal ini “datasensor” dan “datasensorjam”. Kode “client.loop_forever()” berfungsi untuk mengulang penerimaan pesan selamanya.

4.2 Pengujian Sistem

Pada sub bab ini merupakan pengujian sistem yang dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dibangun meliputi perangkat keras dan perangkat lunak dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

4.2.1 Pengujian *Black Box*

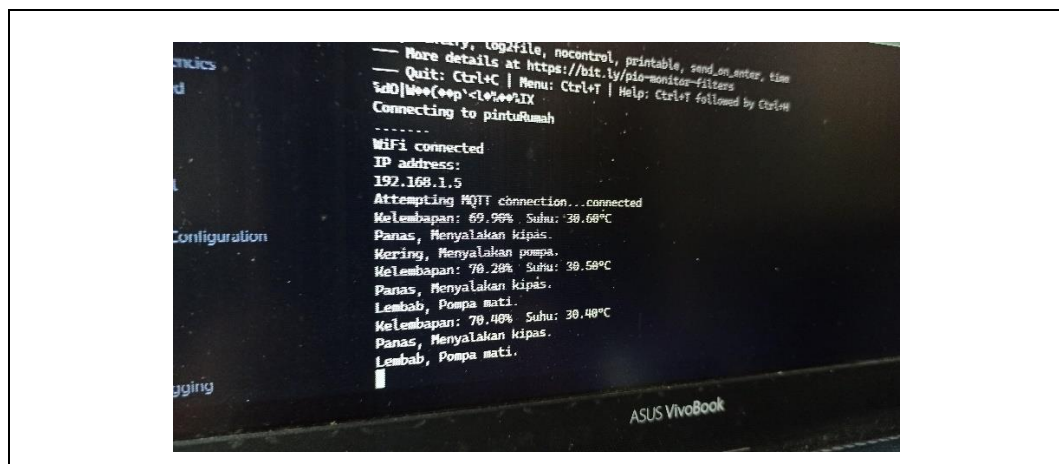
Pada sub bab ini merupakan tahap pengujian *black box* yang dilakukan untuk menganalisa fungsionalitas dari fitur dan kinerja perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada sistem yang dirancang. Hal ini dilakukan untuk memastikan apakah sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan atau tidak dan. Pengujian *black box* dilakukan dengan menyalakan rangkaian sistem selama 1 jam tanpa henti dengan hasil pengujian yang dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 berikut :

Tabel 4. 1 Pengujian perangkat keras

No.	Fungsi	Skenario uji	Hasil yang diharapkan	Ya	Tidak
1	NodeM CU	Menampilkan hasil pengukuran suhu dan kelembapan oleh sensor pada <i>serial monitor</i> Arduino IDE	Dapat menampilkan hasil pengukuran suhu pada <i>serial monitor</i> Arduino IDE	Ya	
2	Sensor DHT22	Mengukur suhu udara dan kelembapan dalam kumbung	Dapat mengukur suhu udara dan kelembapan dalam kumbung	Ya	
3	Pompa air	Memompa air untuk menyiram jamur	Air terpompa oleh pompa dari wadah melalui selang untuk menyiram ketika kelembapan dalam kumbung jamur kurang dari 70% RH	Ya	

No.	Fungsi	Skenario uji	Hasil yang diharapkan	Ya	Tidak
4	Kipas angin	Menyala dan berputar untuk mengalirkan udara	Kipas menyala dan berputar saat suhu dalam kumbung tidak berada pada tingkat ideal yaitu di atas 28 °C	Ya	

Hasil pengujian *black box* pada perangkat keras dapat dilihat juga pada gambar 4.7 sampai gambar 4.8.



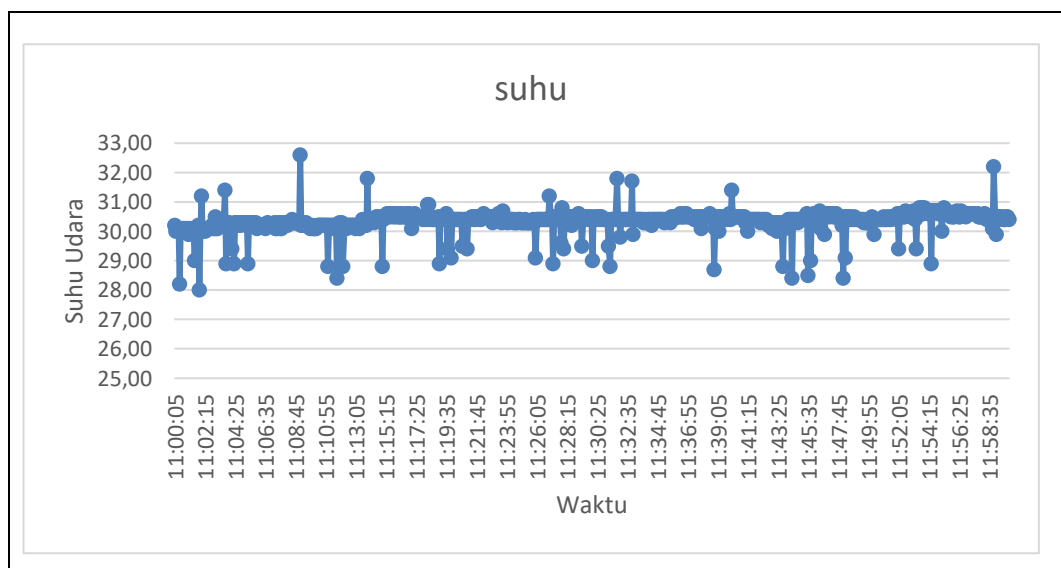
Gambar 4. 7 Pengujian *black box* perangkat keras

Pada gambar 4.7 terlihat di jendela terminal hasil pembacaan suhu dan kelembapan serta status kipas dan pompa. Pengujian ini membuktikan mikrokontroler dan sensor dapat bekerja dengan baik untuk menampilkan hasil bacaan sensor *serial monitor*.

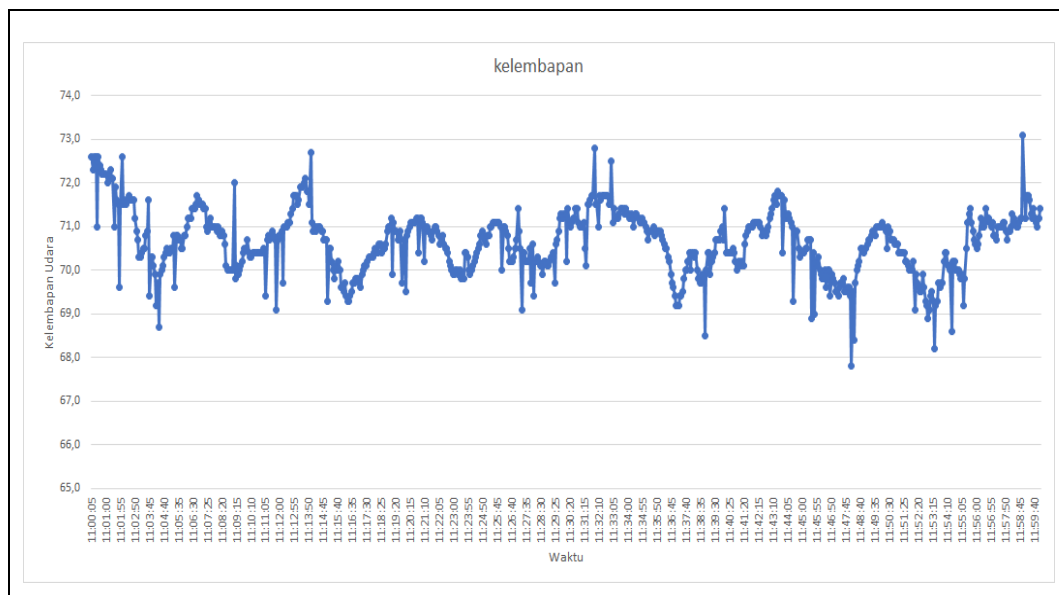


Gambar 4. 8 (a) Kipas menyala dan berputar (b) pompa menyala

Gambar 4.8 menunjukkan kipas dan pompa yang menyala ketika pembacaan suhu dan kelembapan oleh sensor memenuhi kondisi yang diberikan. Kipas angin menyala ketika suhu udara lebih tinggi dari 28°C Pompa air menyala ketika kelembapan udara yang terbaca kurang dari 70% RH.



Gambar 4. 9 Grafik pembacaan suhu Sensor DHT22



Gambar 4. 10 Grafik pembacaan kelembapan Sensor DHT22

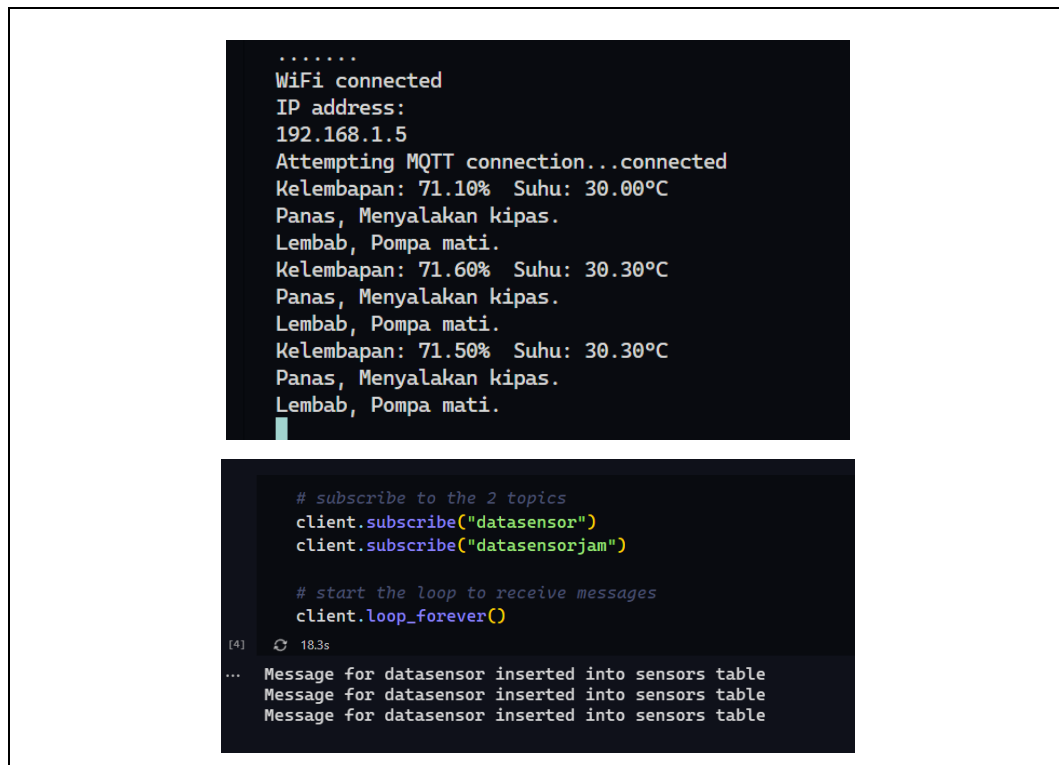
Pada Gambar 4. 9 dan Gambar 4. 10 menampilkan nilai bacaan suhu dan kelembapan udara dari sensor DHT22 yang menunjukkan bahwa sensor dapat bekerja sebagaimana fungsinya.

Tabel 4. 2 Pengujian perangkat lunak

No.	Fungsi	Keterangan	Hasil yang diharapkan	Ya	Tidak
1	MQTT	menghubungkan <i>broker</i> (NodeMCU) dan <i>client</i> (<i>laptop/smartphone</i>) untuk bertukar data	<i>Broker</i> (Wemos) dan <i>client</i> (<i>laptop/smartphone</i>) terhubung untuk bertukar data	Ya	
2	<i>Web Server Database</i>	Menyimpan data pengukuran suhu dan kelembapan oleh sensor secara <i>online</i> dan <i>real time</i>	Data hasil pengukuran suhu dan kelembapan dalam kumbung jamur tersimpan secara <i>online</i> dan dapat diakses <i>real time</i>	Ya	

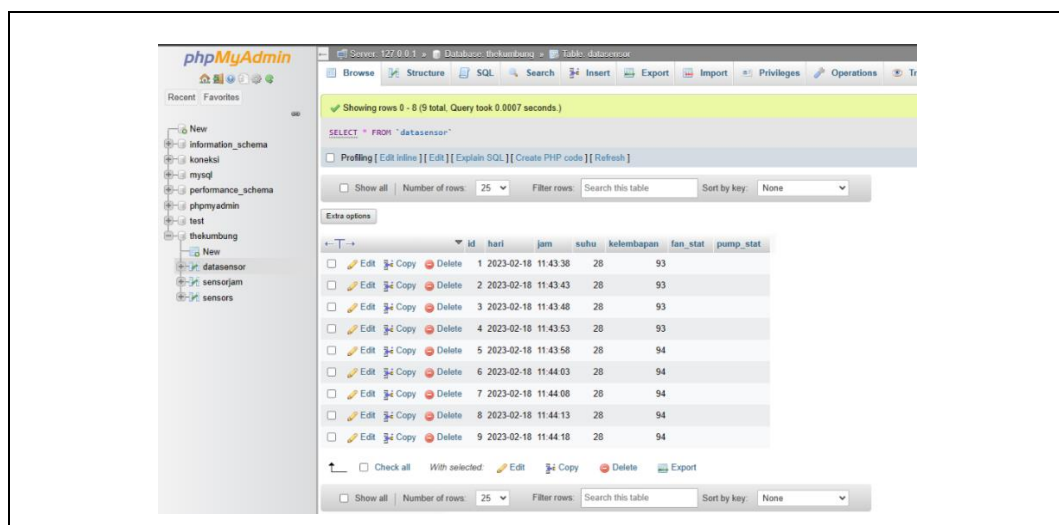
No.	Fungsi	Keterangan	Hasil yang diharapkan	Ya	Tidak
3	Website	Dapat menampilkan data pengukuran suhu dan kelembapan oleh sensor	Data pengukuran suhu dan kelembapan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik <i>time line</i>	Ya	
		Menampilkan keadaan suhu dan kelembapan kumbung terkini	Keadaan suhu dan kelembapan kumbung terkini dapat ditampilkan	Ya	
		Mengatur tingkat suhu dan kelembapan secara <i>wireless</i> dan <i>real time</i>	Tingkat suhu dan kelembapan ideal dapat diatur secara <i>wireless</i> dan <i>real time</i>	Ya	

Hasil pengujian *black box* pada perangkat lunak dapat dilihat juga pada gambar 4.11 sampai gambar 4.14.



Gambar 4. 11 Koneksi *broker* dengan *client* MQTT

Gambar 4. 11 adalah tampilan pada *serial monitor* ketika mikrokontroler berhasil terhubung ke *broker* MQTT, dapat dilihat terdapat percobaan penghubungan. Gambar di bawahnya adalah ketika *client* berhasil *subscribe* topik yang berisi data sensor dan langsung dimasukkan ke *database*.



Gambar 4. 12 Rekaman data sensor di *database*

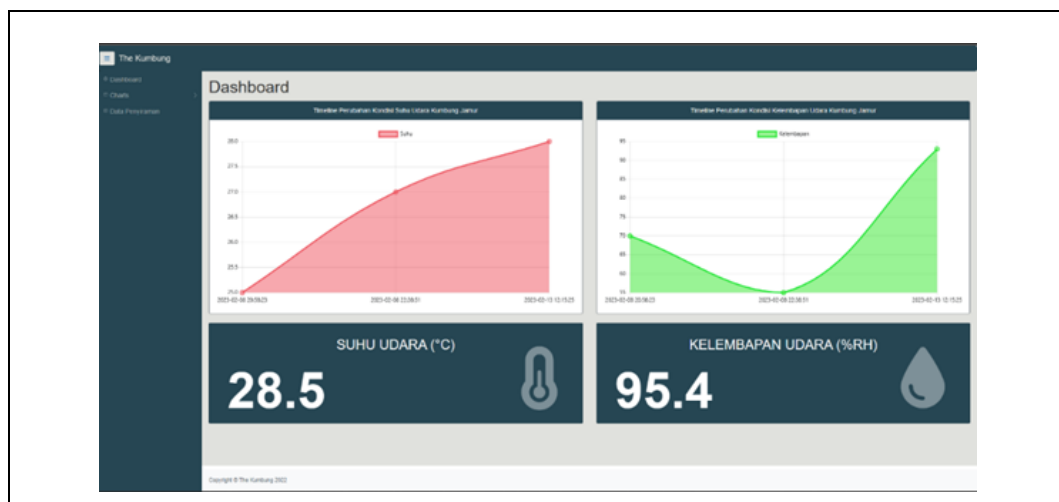
Gambar 4. 12 menampilkan hasil perekaman data kondisi kumbung jamur yang dikirim dari mikrokontroler dan dimasukkan oleh *laptop* sebagai *client*. Data

yang direkam berisi tanggal, jam, suhu udara, kelembapan udara, status kipas, dan status pompa. Proses perekaman ini terus memperbaharui secara mandiri setiap 5 detik, sehingga data yang didapat hampir mendekati waktu nyata.

No	Waktu	Suhu Udara (°C)	Kelembapan Udara (%RH)
1	2023-02-13 12:25:17	28.5	95.4
2	2023-02-13 12:25:15	28.6	95.3
3	2023-02-13 12:25:13	28.5	95
4	2023-02-13 12:25:11	28.6	94.9
5	2023-02-13 12:25:09	28.6	94.9
6	2023-02-13 12:25:07	28.6	94.9
7	2023-02-13 12:25:06	28.6	94.8
8	2023-02-13 12:25:03	28.6	94.8
9	2023-02-13 12:25:01	28.6	94.8
10	2023-02-13 12:24:59	28.6	94.8

Gambar 4. 13 Tampilan data rekaman suhu dan kelembapan di *website*

Gambar 4. 13 adalah tampilan dari halaman data penyiraman di *website* antarmuka sistem. Halaman tersebut menampilkan data yang direkam dari hasil bacaan sensor yang tersimpan dalam *database*.



Gambar 4. 14 Tampilan data rekaman suhu dan kelembapan di *website*

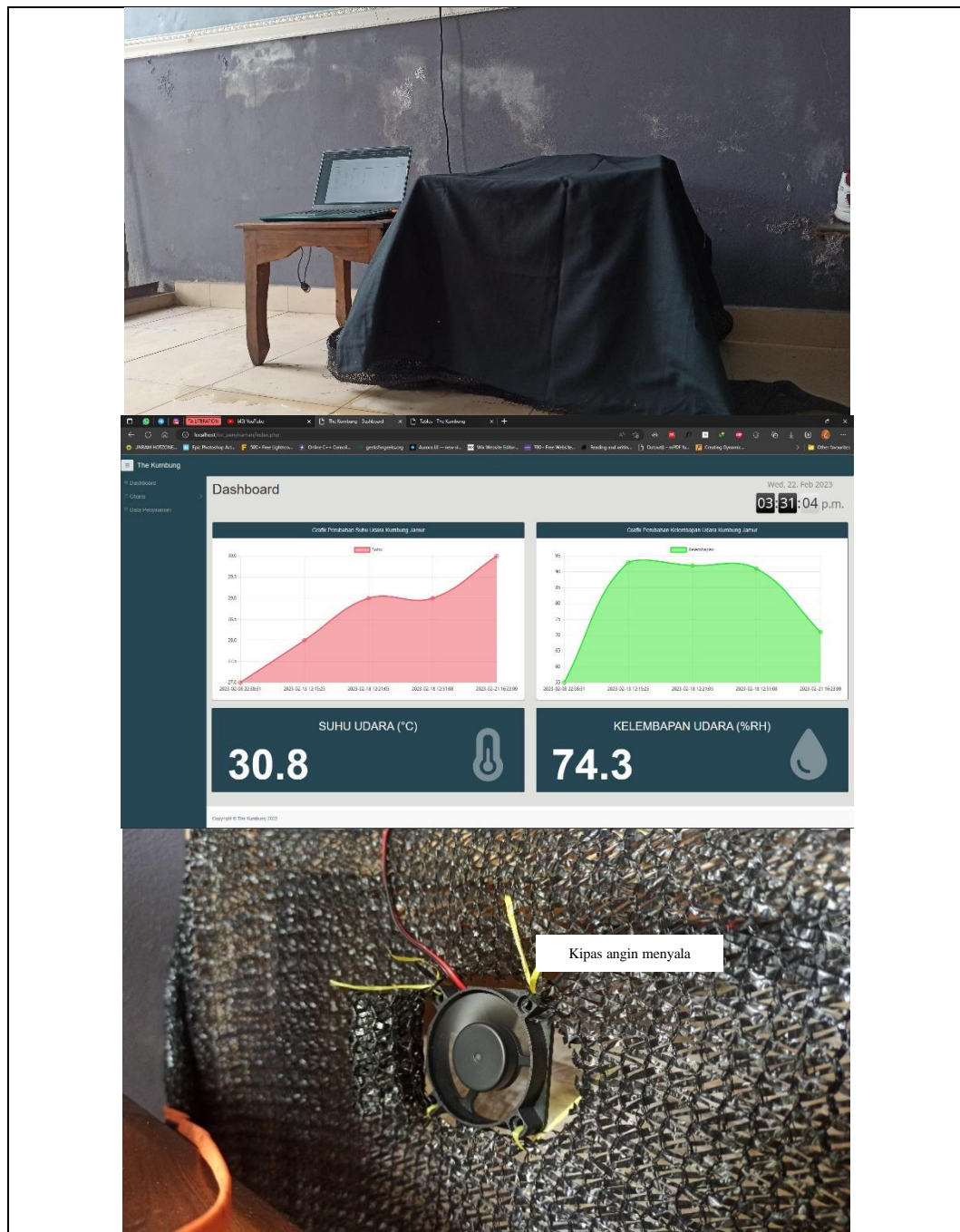
Gambar 4. 14 adalah tampilan halaman *website* antarmuka yang menampilkan nilai suhu dan kelembapan terkini di dalam kumbung jamur. Halaman ini juga menampilkan grafik perubahan kondisi kumbung jamur pada rentang waktu 30 menit setiap hari.

4.2.2 Pengujian Kelayakan Sistem

Pengujian kelayakan sistem dilakukan untuk menunjukkan bahwa rangkaian sistem yang dibuat berfungsi dengan baik dan berjalan sebagaimana mestinya. Pada sub bab ini, dipaparkan hasil pengujian kelayakan sistem berdasarkan skenario pengujian lapangan yang disiapkan pada tabel 3.4.

Pengujian dilakukan di rumah peneliti selama 12 jam setiap hari selama 7 hari. Di dalam kumbung jamur ditempatkan 4 baglog jamur tiram siap kembang dan menetapkan kondisi ideal kumbung jamur di mana suhu udara harus berada di bawah 28 °C dan kelembapan udara lebih tinggi dari 70% RH.

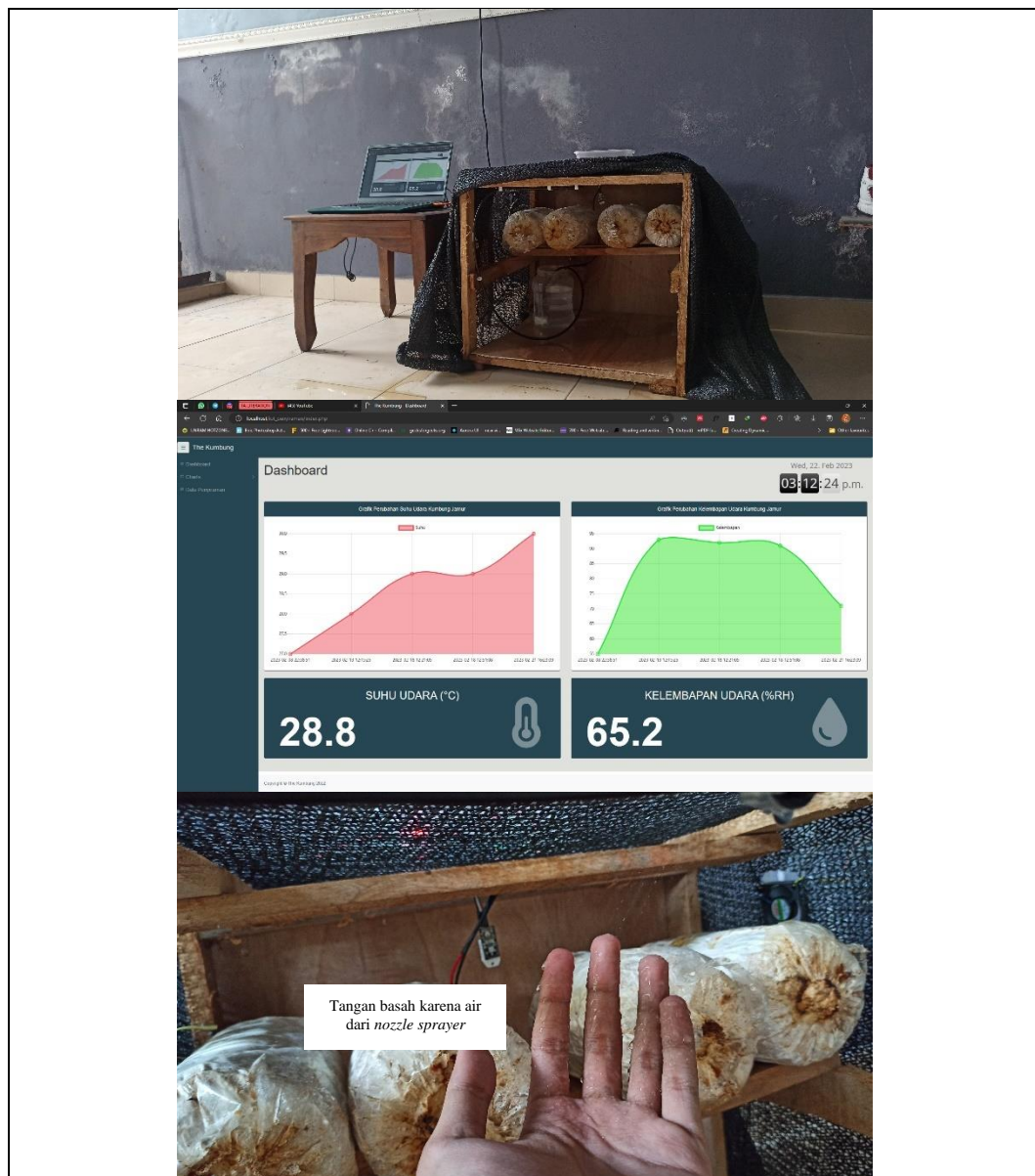
1. Pengujian dengan kondisi suhu udara tinggi dalam kumbung jamur, pengujian ini bertujuan untuk menguji kemampuan sistem merespon perubahan suhu udara di dalam kumbung jamur. Pengujian dilakukan dengan cara membatasi sirkulasi udara kumbung jamur dengan menutup kumbung dengan kain, kemudian melihat hasil pembacaan suhu udara dalam kumbung, apabila suhu udara lebih tinggi dari 28 °C maka kipas angin akan menyala.



Gambar 4. 15 Uji kelayakan sistem skenario pertama

Dapat dilihat pada gambar 4.13, suhu udara dalam kumbung jamur sangat tinggi. Ketika suhu udara di dalam kumbung jamur melewati batas yang ditetapkan, kipas otomatis menyala untuk menurunkan suhu udara di dalam kumbung jamur.

2. Pengujian skenario kelembapan udara rendah dalam kumbung jamur, pengujian dilakukan untuk menguji kemampuan sistem merespon perubahan kelembapan udara dalam kumbung jamur. Pengujian dilakukan dengan cara membebaskan sirkulasi udara kumbung jamur dengan membebaskan sirkulasi udara, kemudian melihat hasil pembacaan kelembapan udara dalam kumbung, apabila kelembapan udara lebih rendah dari 70% RH maka pompa air akan menyala.



Gambar 4. 16 Uji kelayakan sistem skenario kedua

Gambar 4.14 memperlihatkan tingkat kelembapan udara dalam kumbung jamur yang berada di bawah batas akibat sirkulasi udara yang diperluas, hal ini

mengakibatkan uap air dalam udara berkurang di dalam kumbung jamur. Ketika sensor mendeteksi kelembapan udara berada di bawah batas, mikrokontroler mengirim data tingkat kelembapan terkini dan menyalakan pompa untuk menyiram air untuk menaikkan kelembapan udara kembali.

Berdasarkan hasil pengujian sistem di atas, rangkaian dapat bekerja dan merespon dengan baik perubahan kondisi lingkungan yang terjadi. Respon yang diberikan sistem yaitu menyalakan kipas ketika sensor membaca suhu udara di dalam kumbung jamur lebih tinggi dari 28 °C dan menyalakan pompa air ketika kelembapan udara di dalam kumbung jamur kurang dari 70% RH. Batasan suhu ini dijadikan acuan sebagaimana dibahas dalam penelitian yang menyatakan suhu ruang kumbung jamur yang baik berada di antara 27°C-29°C dan kelembapan antara 70%RH-90%RH [2].

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilaksanakan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Rangkaian sistem kumbung jamur pintar berbasis IoT dengan kendali sensor suhu, kelembapan, dan penyiraman berhasil dibuat. Kendali sensor bekerja sesuai dengan pengaturan di mana sistem akan menyalakan kipas ketika suhu udara dalam kumbung jamur lebih tinggi dari 28°C dan menyalakan pompa air ketika kelembapan udara dalam kumbung jamur kurang dari 70% RH. Data menunjukkan rangkaian sistem peka terhadap perubahan kondisi di dalam kumbung jamur secara otomatis dan dapat diaplikasikan untuk budidaya jamur tiram.
2. Protokol MQTT dapat digunakan untuk menghubungkan perangkat pengguna dengan kumbung jamur sehingga pengguna yang terdiri dari petani dan peneliti dapat mengetahui kondisi terkini di dalam kumbung jamur. Protokol MQTT membuat sistem dapat memperoleh rekaman pembacaan suhu dan kelembapan udara dalam kumbung jamur secara *real time* dan mengirimkan data-datanya ke *database* untuk disajikan kepada petani secara *real time* juga.

5.2 Saran

Sebagai upaya untuk mengembangkan hasil yang didapatkan dalam penelitian ini, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Jika rancang bangun tugas akhir ini diaplikasikan ke ruangan budidaya yang lebih luas, maka perangkat sensor, kipas, dan pompa harus disesuaikan dengan ukuran ruangan.
2. Pengembangan selanjutnya dapat menambahkan fitur notifikasi terkait kondisi pada kumbung jamur.
3. Untuk pengembangan lebih lanjut, penelitian ini sebaiknya menggunakan komunikasi 2 arah sehingga aplikasi pengguna tidak hanya bisa memantau

kondisi kumbung jamur melainkan dapat juga melakukan pengontrolan pada sistem pendingin dan penyiraman apabila sewaktu-waktu terjadi *machine error*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sofwan, Y. Wafdulloh, M. R. Akbar, and B. Setiyono, 'Sistem Pengaturan Dan Pemantauan Suhu Dan Kelembapan Pada Ruang Budidaya Jamur Tiram Berbasis IoT (*Internet of Things*)', *Transmisi*, vol. 22, no. 1, 2020, doi: 10.14710/transmisi.22.1.1-5.
- [2] P. D. Rebiyanto and A. Rofii, 'Rancang Bangun Sistem Kontrol dan *Monitoring* Kelembaban Dan Temperatur Ruangan pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis *Internet of Things*', *Jurnal Kajian Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta*, vol. 2, no. Februari, pp. 71–140, 2018.
- [3] I. Aminudin, 'Pengembangan Kontrol Suhu dan Kelembapan Otomatis Dalam Budidaya Jamur Tiram Berbasis Arduino Uno', 2020.
- [4] A. Reza *et al.*, 'Sistem Budidaya Jamur Berbasis *Internet of Things* Menggunakan Telegram Bot', *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, vol. 5, no. 1, pp. 28–33, Sep. 2018.
- [5] M. Yasir, 'Rancang Bangun Sistem Pemantauan dan Pengendalian Suhu dan Kelembaban pada Media Tumbuh Jamur Berbasis IoT', Universitas Sumatera Utara, Medan, 2019.
- [6] A. Kurniawan, 'Rancang Bangun Kendali Otomatis Suhu dan *Monitoring* Kelembaban Udara Pada Ruangan Budidaya Jamur Tiram Berbasis IoT Menggunakan Protokol MQTT', Universitas Semarang, Semarang, 2019.
- [7] R. Nur *et al.*, 'Pengatur Suhu, Kelembaban, dan Intensitas Cahaya Pada Kumbung Jamur Tiram Menggunakan IoT', *Journal of Academic & Multidicipline Research*, vol. 1, no. 1, pp. 15–23, Sep. 2021.
- [8] F. E. Prasetyadana, 'Implementasi *Internet of Things* (IoT) pada Budidaya Jamur Tiram', Universitas Jember, 2020.
- [9] D. Soulthan Rijabi, 'Perancangan *Smart Monitoring System* pada Ppembudidayaan Jamur Tiram Berbasis Pemrograman Arduino dan Labview', Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [10] Ansoruddin, 'Pengaruh Berbagai Media Pada Baglog Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Jamur Tiram (*Pleurotus Ostreatus*)', in *Sinergi Hasil Penelitian Dalam Menghasilkan Inovasi Di Era Revolusi 4.0*, Kisaran, Sep. 2020, pp. 998–1007.
- [11] J. Alvin and M. Ilham, 'Perancangan *Prototype Sistem Monitoring* Dan Kendali Pada Kandang Ayam Broiler Berbasis *Internet of Things* (IoT)', Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Palcomtech, 2020. Accessed: Dec. 06, 2021. [Online]. Available: <http://repo.palcomtech.ac.id/id/eprint/130>

- [12]K. Singh Kaswan, S. Pal Singh, and S. Sagar, ‘*Role Of Arduino In Real World Applications*’, *International Journal of Scientific & Technology Research*, vol. 9, p. 1, 2020, [Online]. Available: www.ijstr.org
- [13]S. Arief Hendra, ‘Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22 Studi Komparatif pada Platform ATMEL AVR dan Arduino’, *Jurnal Infotel*, vol. 6, no. 2, 2014.
- [14]A. Nafil Akhdan, ‘Alat Kontrol Suhu dan Kelembaban Otomatis Pada Ruang Budidaya Jamur Tiram Berbasis ATmega32’, 2018. [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/DHT22.pdf>
- [15]‘*Spray Nozzles / Types and Usage for Horticulture* | Royal Brinkman’. <https://royalbrinkman.com/knowledge-center/mechanical-equipment/types-spray-nozzles> (accessed Jun. 22, 2022).
- [16]T. Budioko, ‘Sistem *Monitoring* Suhu Jarak Jauh Berbasis *Internet of Things* Menggunakan Protokol MQTT’, 2016.