

# IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL SUHU DAN KELEMBABAN *GREENHOUSE* UNTUK BUDIDAYA JAMUR TIRAM BERBASIS ANDROID DAN IOT

Ibnu Yahya Dwinanda, Andri Pramuntadi, Ahmad Subhan Yazid, Dita Danianti

Teknik Informatika, Universitas Alma Ata

Jl. Brawijaya No.99, Jadan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

andripramuntadi@almaata.ac.id

## ABSTRAK

Jamur tiram merupakan jenis jamur kayu yang kerap ditemukan tumbuh subur di alam bebas serta memiliki nilai ekonomis tinggi dengan kandungan protein, vitamin, dan mineral yang bermanfaat. Namun, produksi jamur di Indonesia mengalami penurunan sejak tahun 2020–2023, yang disebabkan oleh beberapa faktor dengan faktor utama adalah lingkungan budidaya maupun pengendalian kondisi. Dalam proses budidaya jamur tiram memerlukan suhu optimal 22–28°C dan kelembaban 80–90% RH. Saat ini, Sebagian besar petani masih menggunakan metode konvensional seperti penyemprotan manual dalam mengendalikan suhu dan kelembaban *greenhouse* jamur. Upaya tersebut nyataanya kurang efisien dan tidak dapat menyesuaikan apabila terjadi fluktuasi kondisi lingkungan secara *real-time*. Untuk itu, diperlukan sistem yang mampu memonitoring serta mengontrol suhu dan kelembaban ruangan *greenhouse* yang dibutuhkan untuk mengoptimalkan pertumbuhan jamur tiram. Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring dan kontrol otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) dan Android untuk mengoptimalkan kondisi *greenhouse* untuk budidaya jamur tiram. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengembangan prototype yang terdiri dari tahapan identifikasi kebutuhan, perancangan, pembuatan, pengujian, dan evaluasi sistem. Sistem ini menggunakan sensor *DHT22* untuk memantau suhu dan kelembaban, *NodeMCU ESP8266* sebagai pemroses data, serta relay untuk mengendalikan kipas dan pompa air. Data ditampilkan secara *real-time* melalui aplikasi Android berbasis Kotlin, memungkinkan pemantauan jarak jauh secara efisien. Hasil penelitian ini dapat diterapkan sebagai sistem yang memberikan kemudahan monitoring dan pengontrolan bagi petani jamur tiram. Selain itu, sistem ini dapat menjadi referensi untuk pengembangan teknologi IoT dalam agrikultur.

**Kata kunci :** *IoT, Android, Kontrol Suhu Kelembaban, NodeMCU*

## 1. PENDAHULUAN

Pertanian Indonesia memiliki keunggulan dari sumber daya alam yang melimpah serta kondisi geografi dan lingkungan yang mendukung budidaya berbagai tanaman, mulai dari pangan dan hortikultura hingga budidaya jamur. Jamur, khususnya jamur tiram, merupakan komoditas bernilai ekonomis tinggi karena kandungan protein, vitamin, dan mineralnya. Namun, meskipun potensi budidaya menjanjikan, data dari Badan Pusat Statistik dari tahun 2020 hingga tahun 2023 menunjukkan produksi jamur mengalami penurunan drastis seperti yang dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 1 Jumlah produksi jamur(ton) di Indonesia

| Produksi Jamur (ton) |        |        |        |
|----------------------|--------|--------|--------|
| 2020                 | 2021   | 2022   | 2023   |
| 3368.85              | 904.20 | 631.55 | 608.26 |

(Sumber : Badan Pusat Statistik tahun 2023)

Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa penurunan yang signifikan dari 3.368,85 ton pada tahun 2020 menjadi 608,26 ton pada tahun 2023. Penurunan ini sebagian besar diakibatkan oleh fluktuasi suhu dan kelembaban yang tidak stabil, yang sangat mempengaruhi pertumbuhan jamur. Contoh nyata terlihat pada budidaya jamur tiram oleh petani seperti Syaiful Hambali, yang mengalami penurunan produksi

signifikan akibat perubahan kondisi lingkungan di *greenhouse*.

Pemantauan secara manual terhadap kondisi lingkungan ini ternyata kurang efektif dan mengandalkan tenaga kerja yang banyak, sehingga meningkatkan biaya produksi. Untuk mengatasi tantangan ini, penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan aplikasi Android muncul sebagai solusi potensial. IoT memungkinkan pemantauan dan pengontrolan suhu serta kelembaban secara *real-time* dan otomatis, sehingga membantu menciptakan kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan jamur. Sejumlah penelitian juga telah membuktikan bahwa sistem berbasis IoT mampu mempertahankan kondisi ideal, meningkatkan efisiensi, dan mendukung konsep *smart farming* dalam budidaya jamur tiram.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem kontrol suhu dan kelembaban pada *greenhouse* budidaya jamur tiram berbasis Android dan IoT di Syaiful Jamur, guna mendukung proses monitoring dan pengendalian lingkungan secara otomatis, dan *real-time*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian sebelumnya berjudul “Sistem Kontrol Suhu Dan Kelembaban Pada Budidaya Jamur Tiram

Berbasis Iot” menunjukkan bahwa sistem kontrol suhu dan kelembaban yang di bangun dalam penelitian ini berjalan dengan baik dengan Suhu yang diatur untuk kumbung budidaya jamur tiram dalam alat kontrol ini adalah dalam range 22-26 °C, sedangkan kelembapan berada pada rentang 80-90% RH, dan Nilai yang tertampil dalam aplikasi tersebut dapat di monitoring walaupun dengan jarak  $\pm 100$  meter[1].

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, studi ini menggunakan sensor DHT22 yang memiliki tingkat akurasi lebih tinggi dibandingkan dengan sensor DHT11. Selain itu, penelitian ini juga menambahkan aktuator berupa lampu pijar untuk meningkatkan suhu ruangan pada *greenhouse* budidaya jamur tiram.

## 2.2. Jamur Tiram

Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) merupakan jamur kayu yang tumbuh secara alami di daerah berhutan, terutama di wilayah pegunungan yang bersuhu sejuk. Sebagai organisme saprofit, jamur ini menyerap nutrisi dari bahan organik seperti kayu lapuk karena tidak memiliki klorofil. Ciri khas jamur tiram adalah tubuh buahnya yang berwarna putih dan berbentuk seperti cangkang tiram, serta kandungan gizinya yang tinggi, termasuk protein, vitamin, mineral, dan 18 *asam amino esensial*, tanpa kolesterol[2]

Dalam budidayanya, jamur tiram biasanya ditanam menggunakan media organik seperti serbuk gergaji, sekam padi, atau ampas tebu. Serbuk gergaji menjadi media yang umum digunakan karena kandungan lignin dan nutrisinya mendukung pertumbuhan jamur secara optimal.

Keberhasilan budidaya sangat dipengaruhi oleh faktor suhu dan kelembaban. Jamur tiram tumbuh ideal pada suhu 22–28°C dan kelembaban 80–90% RH. Ketidaksesuaian kondisi ini dapat menghambat pertumbuhan miselium atau menyebabkan deformasi tubuh buah. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan lingkungan yang tepat, baik secara manual maupun otomatis, seperti melalui sistem kontrol berbasis *Internet of Things* (IoT). Faktor lain yang juga memengaruhi adalah kualitas *substrat*, kondisi lingkungan sekitar, dan bibit yang digunakan[3]

## 2.3. Greenhouse

*Greenhouse* atau rumah kaca adalah bangunan tertutup yang umumnya dilapisi kaca atau plastik, dirancang untuk menciptakan kondisi lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman. Struktur ini biasanya dilengkapi dengan sistem pengaturan suhu, kelembaban, distribusi air, dan pupuk. Di negara-negara dengan industri pertanian maju seperti Amerika Serikat, Jepang, dan negara Eropa, penggunaan *greenhouse* telah meluas dalam mendukung produksi hortikultura sepanjang tahun.[4]

Dengan kemajuan teknologi, konsep *smart greenhouse* mulai diadopsi, termasuk penerapan *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian suhu serta kelembaban

secara otomatis melalui perangkat mobile. Penerapan ini sangat relevan dalam budidaya jamur tiram yang membutuhkan kondisi lingkungan tertentu agar dapat tumbuh secara optimal.

## 2.4. Internet of Things

*Internet of Things* (IoT) merupakan inovasi dalam perkembangan teknologi internet yang memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan. Teknologi ini mendukung fungsi seperti penginderaan, pengendalian, pemantauan, serta pengolahan data, baik secara lokal maupun melalui cloud. Perangkat IoT dapat berupa sensor, aktuator, atau alat pintar lainnya yang mampu bertukar data dan memberikan respons secara otomatis sesuai kebutuhan pengguna, termasuk dari jarak jauh[5].

IoT memanfaatkan berbagai antarmuka komunikasi, baik kabel maupun nirkabel, serta mendukung integrasi dengan sistem tertanam. Penggunaannya telah meluas pada berbagai bidang, seperti pertanian, industri, hingga transportasi[6].

Dalam konteks pertanian, data yang dikumpulkan dari sensor lingkungan seperti kelembaban atau suhu dapat digunakan untuk pengambilan keputusan otomatis, seperti penjadwalan penyiraman atau pengaturan suhu ruang tanam.

Pertumbuhan IoT secara global sangat pesat dan menghadirkan peluang besar untuk otomatisasi serta efisiensi sistem, meskipun juga disertai tantangan teknis dan keamanan yang perlu diperhatikan.

## 2.5. Android

Android adalah sistem operasi berbasis Linux yang dirancang untuk perangkat bergerak seperti smartphone dan tablet. Android dikembangkan oleh Google dan bersifat *open source*, sehingga memungkinkan pengembangan untuk membangun aplikasi secara fleksibel menggunakan bahasa pemrograman seperti Java atau Kotlin melalui Android Studio sebagai lingkungan pengembangannya[7]

## 2.6. Kotlin

Kotlin adalah bahasa pemrograman modern yang dikembangkan oleh *JetBrains* dan dirancang untuk interoperabilitas penuh dengan Java. Kotlin bersifat *statically typed* dan banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi Android karena sintaksnya yang ringkas, aman, dan efisien. Saat ini, Kotlin telah menjadi bahasa pemrograman utama yang direkomendasikan oleh Google untuk pengembangan aplikasi Android[8].

## 2.7. DHT22

DHT22 (atau AM2302) merupakan sensor digital yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban lingkungan. Sensor ini memanfaatkan teknologi kelembaban kapasitif serta *thermistor* untuk mendeteksi kondisi udara, dan hasil pengukuran

dikirimkan dalam bentuk sinyal digital melalui pin data[9].

Dalam penelitian ini, DHT22 digunakan bersama NodeMCU ESP8266 untuk menampilkan data suhu dan kelembapan secara *real-time*. Sensor ini dikenal memiliki akurasi tinggi, stabilitas baik, dan dilengkapi dengan koefisien kalibrasi yang tersimpan dalam memori OTP (*One-Time Programmable*), sehingga dapat memberikan pembacaan yang akurat dan cepat.

Terdapat dua jenis DHT22, yaitu sensor dan modul. Modul DHT22 lebih praktis digunakan karena telah dilengkapi dengan komponen pendukung seperti kapasitor dan resistor internal, serta hanya memiliki tiga pin. Selain itu, modul ini umumnya menawarkan akurasi yang lebih baik dan fitur anti-gangguan yang efektif, menjadikannya ideal untuk sistem monitoring berbasis mikrokontroler seperti NodeMCU[10].

## 2.8. NodeMCU

NodeMCU ESP8266 adalah modul mikrokontroler yang mengintegrasikan chip ESP8266, yang memungkinkan perangkat terhubung ke jaringan Wi-Fi. Modul ini mendukung bahasa pemrograman Lua dan juga kompatibel dengan Arduino IDE, sehingga memudahkan dalam pengembangan aplikasi berbasis IoT[11].

NodeMCU dilengkapi dengan port microUSB untuk pemrograman dan suplai daya, serta tombol reset dan flash. Kemampuannya dalam menangani koneksi internet, jumlah pin I/O yang cukup, serta fleksibilitas dalam pemrograman menjadikannya pilihan tepat untuk proyek IoT seperti sistem monitoring suhu dan kelembapan[12].

Meskipun awalnya menggunakan *firmware Lua*, NodeMCU juga dapat diprogram menggunakan Arduino IDE setelah proses konfigurasi dan flashing *firmware* yang sesuai. Fitur ini membuat NodeMCU semakin populer karena dapat digunakan dengan berbagai platform pengembangan.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1. Observasi

Metode Observasi dilakukan dengan mencari data yang di butuhkan seperti melihat sistem yang sudah berjalan di *greenhouse* jamur tiram, setelah melakukan penelitian secara langsung ke lapangan penelitian maka di dapatkan informasi yang dibutuhkan untuk memecahkan masalah yang ada di *greenhouse* jamur tiram.

### 3.2. Studi Literatur

Studi literatur sejenis adalah kegiatan untuk menemukan dokumen atau literatur yang memiliki kesamaan atau berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Literatur sejenis yang diperoleh dalam bentuk skripsi, jurnal dan produk sejenis kemudian ditelaah dan dikaji sehingga penelitian ini dapat menambah kontribusi dalam perkembangan keilmuan dan dapat melengkapi penelitian atau sistem yang ada.

### 3.3. Wawancara

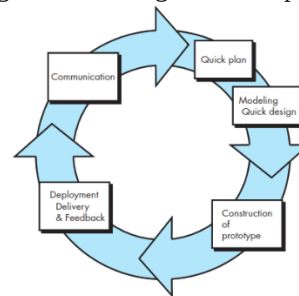
Wawancara atau interview merupakan teknik pengumpulan data dengan cara bertatap muka secara langsung antara pewawancara dengan informan. Disini peneliti melakukan wawancara dengan narasumber utama yaitu Syaiful Hambali sebagai pemilik *greenhouse* jamur syaiful jamur menggunakan teknik wawancara terstruktur dimana peneliti menggunakan daftar pertanyaan yang telah peneliti susun sebelumnya. Dengan melakukan wawancara, data yang diperoleh menjadi lebih akurat dan sesuai dengan fakta yang ada di lapangan

### 3.4. Jenis Penelitian

Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode menggunakan pendekatan *research and development* (R&D), yaitu metode yang digunakan untuk mengembangkan produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk menguji efektivitas produk agar hasilnya dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah[13].

### 3.5. Metode Pengembangan Sistem

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem dengan metode *prototype*.

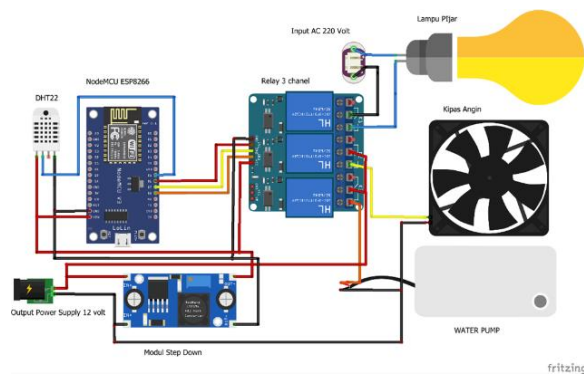


Metode *prototype* adalah pendekatan dalam pengembangan sistem yang bertujuan membangun model awal (*prototype*) untuk memahami kebutuhan pengguna melalui umpan balik secara langsung. Dengan metode ini, sistem akhir diharapkan lebih sesuai dengan harapan dan kebutuhan pengguna. Tahapan dalam metode *prototype* meliputi: pengumpulan kebutuhan untuk mengidentifikasi kebutuhan dasar pengguna, perancangan cepat untuk membuat desain awal sistem, pembuatan *prototype* sebagai model awal sistem, evaluasi pengguna dengan menguji *prototype* dan mengumpulkan masukan, perbaikan *prototype* berdasarkan umpan balik tersebut, dan terakhir implementasi serta pengujian sistem secara menyeluruh. Proses ini bersifat iteratif hingga sistem memenuhi spesifikasi yang diinginkan[14].

### 3.6. Perancangan Sistem

Perancangan sistem dibagi menjadi beberapa bagian dimulai dengan desain perangkat keras, desain perangkat lunak, *flowchart*, *use case diagram* dan *activity diagram*.

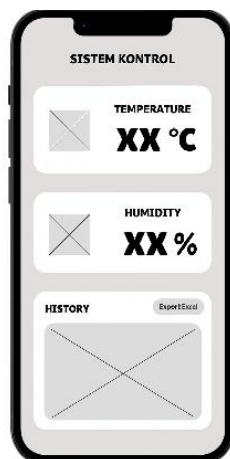
### 3.7. Desain Perangkat Keras



Gambar 1. Desain perangkat keras

Gambar 1. Menunjukkan *wiring diagram* perangkat keras diagram rangkaian *wiring sistem* yang dimulai dari *power supply* 12 volt sebagai sumber utama. Tegangan ini dibagi untuk mengaktifkan pompa dan kipas, serta diturunkan menjadi 5 volt menggunakan modul *step-down* agar sesuai dengan kebutuhan *NodeMCU* dan *relay*. Sensor *DHT22* terhubung ke pin D5 untuk mengirimkan data suhu dan kelembaban, sedangkan relay 3-channel digunakan untuk mengontrol lampu pijar (pin D6), kipas angin (pin D7), dan pompa air (pin D8). Rangkaian ini memastikan distribusi daya stabil dan mendukung kontrol otomatis yang terintegrasi dengan aplikasi Android.

### 3.8. Desain Perangkat Lunak



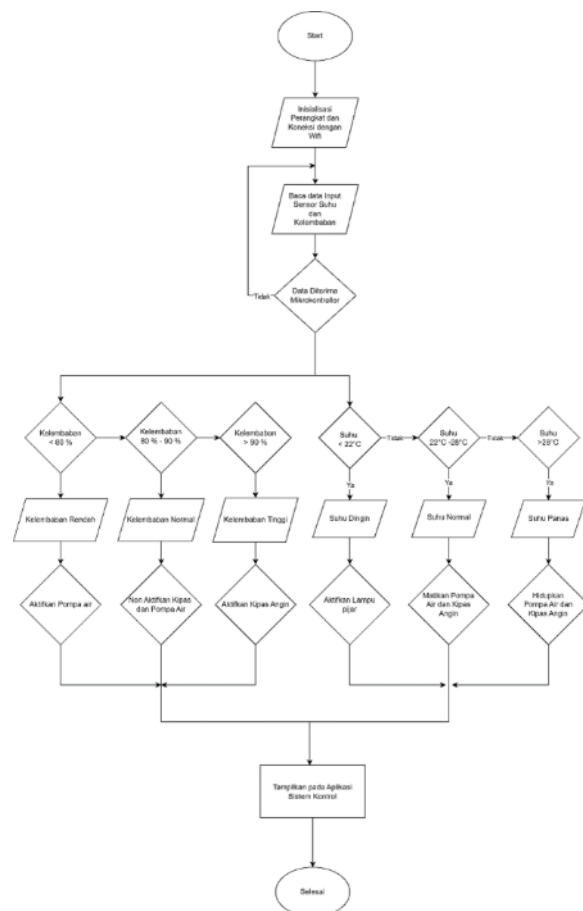
Gambar 2. Desain perangkat lunak

Gambar tersebut menunjukkan tampilan antarmuka aplikasi sistem kontrol suhu dan kelembaban berbasis Android. Tampilan ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: panel suhu (temperature), panel kelembaban (humidity), dan panel riwayat (history). Pada bagian suhu dan kelembaban, ditampilkan nilai *real-time* dari sensor *DHT22* dalam bentuk angka dengan satuan °C dan %. Sementara itu, pada bagian history, pengguna dapat melihat grafik perubahan suhu dan kelembaban yang tersimpan setiap 1 jam sekali, serta disediakan tombol

*Export Excel* untuk mengunduh data historis dalam format file Excel. Tampilan ini dirancang agar informatif, sederhana, dan mudah digunakan oleh pengguna dalam memantau kondisi lingkungan budidaya jamur tiram secara efisien.

### 3.9. Flowchart

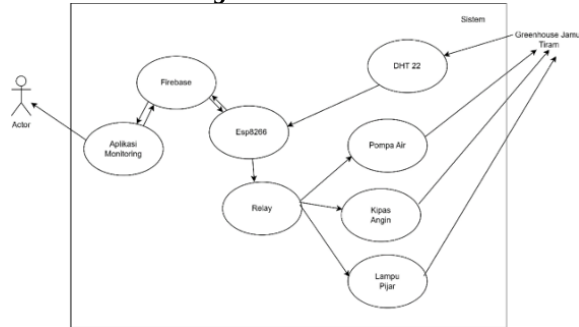
*Flowchart* atau diagram alir adalah gambaran visual yang menunjukkan tahapan, urutan, dan pengambilan keputusan dalam suatu proses sistem. Diagram ini menggunakan simbol-simbol tertentu untuk merepresentasikan aktivitas, kondisi, serta alur logika yang terjadi selama proses berlangsung.



Gambar 3. Flowchart Sistem

*Flowchart* sistem menggambarkan alur kerja yang dimulai dari inisialisasi koneksi Wi-Fi, diikuti dengan pembacaan data suhu dan kelembaban secara berkala. Berdasarkan hasil pembacaan, sistem akan mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat (lampu, kipas, pompa) sesuai dengan parameter ambang batas yang telah ditetapkan. Suhu < 22°C akan mengaktifkan lampu pijar, suhu > 28°C mengaktifkan kipas angin, dan rentang normal 22–28°C mematikan seluruh perangkat. Pada kelembaban < 80% pompa akan diaktifkan, > 90% kipas diaktifkan, sedangkan rentang 80–90% dianggap normal. Seluruh data ditampilkan secara *real-time* pada aplikasi Android, disertai notifikasi jika kondisi suhu atau kelembaban berada di luar batas normal.

### 3.10. Use Case Diagram



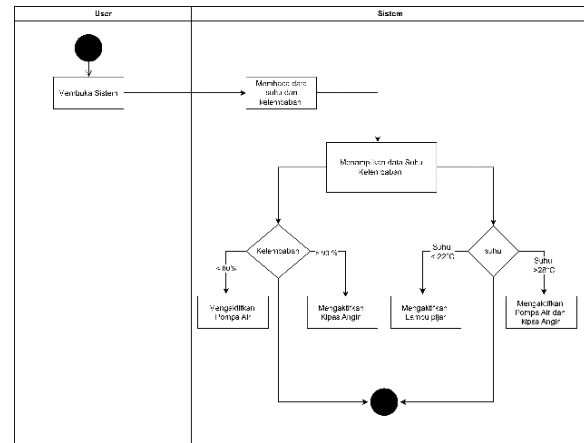
Gambar 4. Use Case Diagram

*Use Case Diagram* menggambarkan peran pengguna sebagai pengawas sistem yang bekerja secara otomatis dalam menjaga suhu dan kelembaban. Sensor *DHT22* membaca data lingkungan yang kemudian diproses oleh mikrokontroler *ESP8266* dan dikirim ke *Firestore* untuk ditampilkan secara *real-time* pada aplikasi monitoring. Jika terdeteksi penyimpangan dari batas suhu atau kelembaban yang ditentukan, sistem akan mengirim perintah otomatis ke *ESP8266* untuk mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat seperti pompa, kipas, atau lampu pijar melalui relay.

### 3.11. Activity Diagram

*Activity Diagram* tersebut menjelaskan tentang aktivitas yang harus dilakukan oleh user untuk memonitoring sistem kontrol suhu dan kelembaban dengan proses di mulai dengan cara user membuka sistem, maka sistem kontrol akan bekerja membaca data suhu dan kelembaban terlebih dahulu, setelah data berhasil didapatkan maka data suhu dan kelembaban

tersebut akan di tampilkan pada aplikasi, apabila hasil pembacaan data suhu dan kelembaban di luar rentang ideal suhu dan kelembaban maka sistem akan mengirimkan perintah untuk melakukan tindakan yang sesuai untuk menyesuaikan kondisi agar kembali ke rentang ideal suhu dan kelembaban untuk budidaya jamur tiram.



Gambar 5. Activity Diagram

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini disajikan hasil dari proses perancangan dan implementasi sistem kontrol suhu dan kelembaban untuk budidaya jamur tiram berbasis *Internet of Things (IoT)*. Pembahasan mencakup perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, data hasil pengujian sistem selama 24 jam, serta tampilan antarmuka dari aplikasi Android yang dikembangkan.

### 4.1. Blackbox Testing Hardware

Tabel 2. Black box testing hardware

| Tes id | Deskripsi                                                                       | Hasil yang diharapkan                                                    | Hasil yang didapat                                                          | Status |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------|
| TS1    | Baca Sensor suhu dan kelembaban                                                 | Sistem dapat membaca sensor suhu dan kelembaban                          | Sistem berhasil membaca sensor suhu dan kelembaban                          | Sesuai |
| TS2    | Mengirimkan seluruh data sensor ke firebase                                     | Sistem dapat mengirimkan seluruh data sensor ke firebase                 | Sistem berhasil mengirimkan seluruh data sensor ke firebase                 | Sesuai |
| TS3    | Mengirimkan data suhu dan kelembaban setiap satu jam sekali ke history firebase | Sistem dapat mengirimkan data ke history firebase setiap satu jam sekali | Sistem berhasil mengirimkan data ke history firebase setiap satu jam sekali | Sesuai |
| TS4    | Membaca nilai data dari atribut mesin di firebase                               | Sistem dapat membaca data nilai dari atribut mesin di firebase.          | Sistem berhasil membaca data nilai dari atribut mesin di firebase.          | Sesuai |
| TS5    | Sistem memberikan perintah ke relay                                             | Sistem dapat memberikan perintah mengaktifkan dan menonaktifkan alat     | Sistem berhasil memberikan perintah mengaktifkan dan menonaktifkan alat     | Sesuai |

Pada tabel ini dijelaskan skenario pengujian menggunakan metode *Black Box Testing* untuk perangkat keras sistem. Pengujian dilakukan dengan fokus pada fungsionalitas utama yang diharapkan dari sistem. Setiap pengujian mencakup identifikasi fungsi sistem, hasil yang diharapkan, dan hasil aktual di lapangan. Berdasarkan hasil yang ditampilkan, seluruh

pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan spesifikasi, mulai dari pembacaan sensor, pengiriman data ke *Firestore*, pencatatan data history, pembacaan atribut kontrol, hingga aktivasi perangkat melalui relay.

## 4.2. Blackbox Testing Software

Tabel 3. Blackbox testing software

| Test Id | Deskripsi                             | Hasil yang diharapkan                                                               | status |
|---------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| TA1     | Baca data sensor dht dari firebase    | Data sensor dht dapat dibaca oleh aplikasi sistem kontrol                           | Sesuai |
| TA2     | Baca data history dht dari firebase   | Data sensor dht dapat dibaca oleh aplikasi sistem kontrol                           | Sesuai |
| TA3     | Tampilkan data humidity dari firebase | Data humidity dapat ditampilkan dalam aplikasi                                      | Sesuai |
| TA4     | Tampilkan data history dari firebase  | Data humidity dapat ditampilkan dalam aplikasi                                      | Sesuai |
| TA5     | Mengirimkan notifikasi kondisi        | Mengirimkan notifikasi apabila terjadi kondisi suhu dan kelembaban yang tidak ideal | sesuai |

Pada tabel 3 tersebut dijelaskan skenario pengujian aplikasi menggunakan metode *Black Box Testing* yang difokuskan pada pengujian fungsionalitas antarmuka pengguna (*user interface*) dalam membaca dan menampilkan data dari *Firestore*. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi sistem kontrol mampu mengambil dan menampilkan data sensor suhu dan kelembaban secara *real-time* maupun historis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi berjalan sesuai dengan yang diharapkan, mulai dari pembacaan data sensor *DHT22* dan data history dari *Firestore*, hingga mengirimkan notifikasi apabila terjadi perubahan kondisi suhu dan kelembaban yang tidak sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan jamur tiram.

## 4.3. Tampilan Menu Utama



Gambar 6. Tampilan menu utama

Gambar 6. menampilkan hasil data pembacaan data dari *greenhouse*, berapa jumlah humidity dan temperaturnya serta menampilkan diagram history.

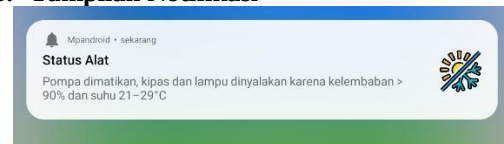
## 4.4. Tampilan History



Gambar 7. Tampilan History

Gambar 7. Menunjukkan history pembacaan data yang tersimpan setiap satu jam sekali pada hari tersebut, data yang ditampilkan berjumlah 10 data.

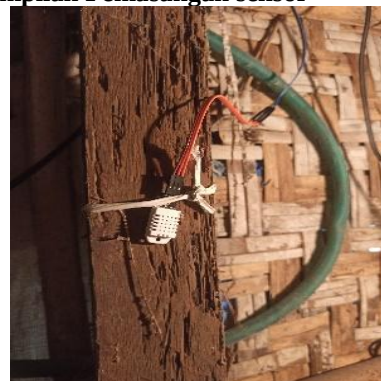
## 4.5. Tampilan Notifikasi



Gambar 8. Notifikasi

Gambar 8. menunjukkan tampilan notifikasi pada aplikasi ketika terjadi perubahan suhu dan kelembaban yang memicu sistem kontrol untuk melakukan penyesuaian secara otomatis sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

## 4.6. Tampilan Pemasangan sensor



Gambar 9. Pemasangan sensor



Gambar 9. menampilkan proses pemasangan sensor *DHT22* yang berfungsi untuk membaca data suhu dan kelembaban di dalam *greenhouse* secara *real-time*.

#### 4.7. Tampilan Pemasangan Mikrokontroler



Gambar 10. Pemasangan mikrokontroler

Gambar 10. menampilkan pemasangan mikrokontroler *NodeMCU ESP8266* yang berperan sebagai pusat pengendali sistem, menerima data dari sensor dan mengirimkan perintah ke *aktuator* berdasarkan hasil pemrosesan data suhu dan kelembaban.

#### 4.8. Tampilan Pemasangan Nozzle



Gambar 11. Pemasangan nozzle

Gambar 11 menampilkan pemasangan nozzle yang terhubung dengan pompa air dan berfungsi untuk

menyemprotkan air dalam bentuk kabut guna meningkatkan kelembaban di dalam *greenhouse*.

#### 4.9. Tampilan Pemasangan Lampu



Gambar 12. Pemasangan lampu

Gambar 12 menampilkan pemasangan lampu pijar yang digunakan sebagai elemen pemanas untuk menaikkan suhu apabila suhu di dalam *greenhouse* berada di bawah batas yang ditentukan.

#### 4.10. Tampilan Pemasangan Kipas Angin



Gambar 13. Pemasangan kipas

Gambar 13 menampilkan pemasangan kipas angin yang berfungsi untuk menurunkan suhu dan mengurangi kelembaban ketika nilainya melebihi ambang batas optimal bagi pertumbuhan jamur tiram.

#### 4.11. Data Sistem Kontrol

Tabel 4. Data hasil implementasi

| Waktu         | Suhu        | Kelembaban  | Keterangan umum                                                                 |
|---------------|-------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 12.00 – 16.00 | 27.1 – 28.4 | 86.9 – 90.7 | Siang hari, suhu tinggi, kelembaban ideal untuk pertumbuhan jamur.              |
| 17.00 – 06.00 | 23.6 – 26.5 | 85.7 – 92.2 | Malam – dini hari, suhu menurun bertahap, kelembaban meningkat secara alami.    |
| 07.00 – 11.00 | 24.3 – 28.1 | 79.8 – 89.8 | Pagi hari, suhu mulai naik, kelembaban menurun, perlu aktivasi otomatis sprayer |

Data sistem kontrol merupakan data hasil implementasi penggunaan alat sistem kontrol, hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem berhasil memantau suhu dan kelembaban selama 24 jam. Pada siang hari (12.00–16.00), suhu tinggi dengan kelembaban ideal. Malam hingga dini hari (17.00–06.00), suhu menurun dan kelembaban meningkat alami. Sementara pagi hari (07.00–11.00), suhu mulai naik dan kelembaban menurun sehingga diperlukan aktivasi otomatis sprayer untuk menjaga kondisi optimal.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol suhu dan kelembaban otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) pada *greenhouse* budidaya jamur tiram. Sistem mampu menjaga suhu pada kisaran 21°C–28°C dan kelembaban 80%–90% RH secara *real-time* menggunakan sensor *DHT22*, *NodeMCU ESP8266*, serta *aktuator* berupa kipas, lampu, dan pompa dengan sprayer. Pemantauan dilakukan melalui aplikasi Android yang dikembangkan menggunakan Android Studio dan Kotlin, dengan *Firestore* sebagai basis data *real-time* dan *Arduino IDE* untuk pemrograman perangkat. Untuk pengembangan ke depan, disarankan agar sistem dilengkapi dengan algoritma kontrol cerdas seperti *Fuzzy Logic*, *PID*, atau pendekatan *machine learning* berbasis data historis guna meningkatkan adaptivitas dan efisiensi sistem..

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ramadhana Mutiara and Putra Suwanda, "SISTEM KONTROL SUHU DAN KELEMBAPAN PADA BUDIDAYA JAMUR TIRAM BERBASIS IoT," p. 90, 2020.
- [2] S. Sakul, S. Komansilan, J. W. Pontoh, F. Peternakan, U. Sam, and R. Manado, "Sifat Fisik dan Kimia Sari Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus*) Sebagai Bahan Penstabil Alami Yogurt," *Jurnal Sains Peternakan*, vol. 10, no. 2, pp. 22–27, 2022.
- [3] Abdul, Chindra, Zulfi, and Pareza Alam, "Perancangan Sistem Kontrol Suhu dan Monitoring Serta Kelembapan Kumbung Jamur Tiram Menggunakan Mist Maker Berbasis IoT (Internet of Thing)," *Jurnal PROCESSOR*, vol. 17, no. 2, pp. 82–90, Oct. 2022, doi: 10.33998/processor.2022.17.2.1231.
- [4] Annisa Medina Sari, "Pengertian Rumah Kaca," Fakultas Pertanian UMSU. Accessed: Jun. 12, 2025. [Online]. Available: <https://faperta.umsu.ac.id/pengertian-rumah-kaca/>
- [5] I. P. Sari, A. Novita, A.-K. Al-Khowarizmi, F. Ramadhani, and A. Satria, "Pemanfaatan Internet of Things (IoT) pada Bidang Pertanian Menggunakan Arduino UnoR3," *Blend Sains Jurnal Teknik*, vol. 2, no. 4, pp. 337–343, Jun. 2024, doi: 10.56211/blendsains.v2i4.505.
- [6] R. Nia Rachmadita, I. Erawati, R. Budiawati, D. Asa Utari, and T. Ardliyana, "Pengenalan Sistem IoT Pada Pemanfaatan Kebutuhan Sehari-Hari," *Jurnal Cakrawala Maritim*, vol. 7, pp. 21–32, 2024, [Online]. Available: <http://jcm.ppns.ac.id>
- [7] M. Krisna Raditya, "Evolusi Sistem Operasi Android: Sebuah Tinjauan Literatur," *Jurnal Pelita Teknologi*, vol. 18, no. 1, pp. 65–74, 2023.
- [8] F. Setyo Efendi, L. Fanani, and A. Afif Supianto, "Rancang Bangun Aplikasi Pendukung untuk Observasi Kelas berbasis Mobile," vol. 4, no. 6, pp. 1828–1840, 2020, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [9] F. A. Haq, A. Pramuntadi, D. P. Wijaya, and D. Danianti, "Perancangan Sistem Pemantauan Kelembaban Tanah, Kelembaban Udara, dan Suhu Udara pada Lahan Pembibitan Kakao Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Internet of Things (Strudi Kasus: Pembibitan Efendi Farm)," *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 7, no. 3, pp. 1882–1889, Jul. 2024, doi: 10.31004/jutin.v7i3.32153.
- [10] I. ' Ad Suwandi, "Perancangan Sistem Pengukuran Suhu Dan Kelembaban Otomatis Dengan Md\_Parola Dan Sensor Dht22," *JPER) Sekolah Tinggi Teknologi Bontang CCS*, vol. 1, no. 2, pp. 30–37, 2023, doi: <https://doi.org/10.59811/jper.v1i2.88>.
- [11] M. Safii, N. Indrayani, D. Universitas Mulia, J. Z. Letjend TNI Maulani No, and B. Kota Sur-el, "PERANCANGAN PIRANTI LUNAK RESPONSIVE UNTUK MONITORING RUANGAN SERVER MENGGUNAKAN NODEMCU ESP8266 BERBASIS INTERNET OF THINGS," *Jurnal Ilmiah MATRIK*, vol. 22, no. 3, 2020, doi: <https://doi.org/10.33557/jurnalmatrik.v22i3.1121>.
- [12] Susantoi Permatasari Izmi, Setiawan Budhy, and Nurcahyo Sidik, "Akuisi Data Pada Stasiun Cuaca Berbasis Nodemcu ESP8266," *JURNAL ELKOLIND*, vol. 7, no. 1, pp. 71–76, 2020.
- [13] Okpatrioka, "Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan," *DHARMA ACARIYA NUSANTARA: Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya*, vol. 1, no. 1, pp. 86–100, 2023, doi: <https://doi.org/10.47861/jdan.v1i1.154>.
- [14] T. Wulandari, A. Pramuntadi, D. Prastowo, and D. Danianti, "RANCANG BANGUN SISTEM PENGGAJIAN KARYAWAN BERBASIS WEBSITE PADA KLINIK NU MUNTILAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE PROTOTYPE," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* 11467, vol. 8, no. 6, pp. 11467–11473, 2024