



**REAL TIME SYSTEM AND INTERNET OF THINGS FINAL PROJECT REPORT**  
**DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING**  
**UNIVERSITAS INDONESIA**

**Smart Factory Ventilation System**

**GROUP 2**

|                              |                   |
|------------------------------|-------------------|
| <b>RIVI YASHA HAFIZHAN</b>   | <b>2306250535</b> |
| <b>AZKA NABIHAN HILMY</b>    | <b>2306250541</b> |
| <b>MUHAMAD DZAKY MAULANA</b> | <b>2306264401</b> |
| <b>SAMIH BASSAM</b>          | <b>2306250623</b> |

## PREFACE

Laporan ini disusun sebagai bagian dari Proyek Akhir mata kuliah *Real Time System and Internet of Things*. Proyek ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem ventilasi pintar berbasis IoT yang dapat memantau dan mengontrol kondisi lingkungan pabrik secara otomatis.

Dalam proses penggerjaannya, tim kami melalui beberapa tahap mulai dari perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, integrasi sistem, hingga pengujian secara langsung. Proyek ini memberikan pengalaman praktis tentang bagaimana mikrokontroler, sensor, aktuator, serta platform IoT dapat digabungkan menjadi satu sistem yang berfungsi secara real-time dan responsif.

Kami mengucapkan terima kasih kepada dosen pengampu serta semua pihak yang telah membantu memberikan bimbingan, fasilitas, dan dukungan selama penyusunan proyek ini. Harapannya, laporan ini dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai proses pengembangan sistem serta dapat menjadi referensi bagi mahasiswa lainnya yang mengerjakan proyek serupa.

Depok, December 7, 2025

Group IP-X/P-X/R-X

## TABLE OF CONTENTS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CHAPTER 1.....</b>                         | <b>4</b>  |
| <b>INTRODUCTION.....</b>                      | <b>4</b>  |
| 1.1    PROBLEM STATEMENT.....                 | 4         |
| 1.3    ACCEPTANCE CRITERIA.....               | 5         |
| 1.4    ROLES AND RESPONSIBILITIES.....        | 5         |
| 1.5    TIMELINE AND MILESTONES.....           | 5         |
| <b>CHAPTER 2.....</b>                         | <b>7</b>  |
| <b>IMPLEMENTATION.....</b>                    | <b>7</b>  |
| 2.1    HARDWARE DESIGN AND SCHEMATIC.....     | 7         |
| 2.2    SOFTWARE DEVELOPMENT.....              | 7         |
| 2.3    HARDWARE AND SOFTWARE INTEGRATION..... | 8         |
| <b>CHAPTER 3.....</b>                         | <b>9</b>  |
| <b>TESTING AND EVALUATION.....</b>            | <b>9</b>  |
| 3.1    TESTING.....                           | 9         |
| 3.2    RESULT.....                            | 9         |
| 3.3    EVALUATION.....                        | 10        |
| <b>CHAPTER 4.....</b>                         | <b>11</b> |
| <b>CONCLUSION.....</b>                        | <b>11</b> |

## **CHAPTER 1**

### **INTRODUCTION**

#### **1.1 PROBLEM STATEMENT**

Lingkungan pabrik sering mengalami masalah serius terkait kondisi suhu dan kelembaban yang tidak terkontrol dengan baik. Aktivitas produksi yang intensif menghasilkan peningkatan suhu dan kelembaban udara yang dapat berdampak negatif terhadap berbagai aspek operasional. Kondisi ini menyebabkan ketidaknyamanan bagi pekerja. Kondisi ini juga dapat meningkatkan risiko kerusakan peralatan akibat overheating, menurunkan kualitas produk, serta berpotensi menimbulkan resiko kesehatan bagi pekerja di area dengan ventilasi yang buruk.

Sistem ventilasi konvensional yang ada saat ini memiliki berbagai keterbatasan signifikan. Sistem manual atau semi-otomatis tradisional cenderung lambat dalam merespons perubahan kondisi karena memerlukan intervensi manusia untuk menyesuaikan pengaturan ventilasi. Hal ini menyebabkan konsumsi energi yang tidak efisien karena kipas beroperasi pada kecepatan tetap tanpa mempertimbangkan kondisi aktual lingkungan. Sistem konvensional juga kurang fleksibel dan tidak dapat beradaptasi secara real-time dengan perubahan kondisi yang dinamis. Lebih lanjut, keterbatasan dalam monitoring membuat supervisor kesulitan memantau kondisi lingkungan pabrik dari jarak jauh atau saat berada di area lain.

Era Industri 4.0 menuntut transformasi menuju sistem yang lebih cerdas dan terkoneksi. Kebutuhan akan remote monitoring menjadi sangat penting agar manajemen dapat memantau kondisi pabrik dari mana saja secara real-time. Data logging historis diperlukan untuk analisis tren dan pengambilan keputusan berbasis data. Sistem alert otomatis menjadi krusial untuk memberikan notifikasi saat kondisi mencapai level kritis. Selain itu, kontrol terpusat yang terintegrasi dengan sistem manajemen gedung menjadi keharusan untuk optimalisasi operasional secara menyeluruh.

## 1.2 PROPOSED SOLUTION

Smart Factory Ventilation System yang dikembangkan menggunakan ESP32 dirancang dengan pendekatan IoT yang mampu melakukan monitoring dan kontrol ventilasi secara otomatis dan adaptif terhadap kondisi lingkungan pabrik. Aspek monitoring real-time, sistem memanfaatkan sensor DHT11 untuk membaca data suhu dan kelembapan. Data yang terbaca kemudian dikirim ke cloud melalui platform Blynk IoT untuk visualisasi secara langsung. Dashboard Blynk menampilkan gauge suhu dan kelembapan, memungkinkan supervisor untuk memantau kondisi pabrik dari mana saja dan kapan saja melalui smartphone atau komputer mereka.

Sistem kontrol ventilasi menjadi inti dari solusi ini. Logika kontrol otomatis yang diimplementasikan dalam taskProcessing mampu mengambil keputusan cerdas berdasarkan data sensor. Ketika suhu melampaui threshold  $26^{\circ}\text{C}$  atau kelembapan melebihi 70%, sistem secara otomatis akan membuka jendela menggunakan servo motor yang terpasang pada pin 13. Kecepatan kipas DC yang dikontrol melalui driver L298 disesuaikan secara proporsional dengan nilai suhu menggunakan fungsi map yang memetakan rentang suhu ke nilai PWM antara 150 hingga 255. Pendekatan ini memastikan efisiensi energi karena kipas hanya beroperasi pada kecepatan yang diperlukan.

Dual-mode operation memberikan fleksibilitas maksimal bagi operator. Mode otomatis mengoperasikan sistem berdasarkan threshold suhu dan kelembapan yang telah dikonfigurasi, dengan kecepatan kipas yang dipetakan secara linier sesuai nilai suhu. Mode manual dapat diaktifkan melalui tombol fisik yang menggunakan interrupt service routine (ISR) onManualButtonPress() dengan mekanisme debouncing, atau melalui Virtual Pin V4 pada dashboard Blynk. Saat dalam mode manual, operator dapat mengontrol pembukaan/penutupan jendela melalui Virtual Pin V5.

Secara keseluruhan, Smart Factory Ventilation System ini memberikan solusi yang pintar, efisien, dan mudah dikontrol untuk sistem ventilasi pabrik modern. Implementasi teknologi IoT, FreeRTOS, dan kontrol adaptif menjadikan sistem ini sejalan dengan konsep Industri 4.0 dan smart manufacturing, membawa transformasi nyata dalam pengelolaan lingkungan pabrik yang lebih baik, lebih hemat energi, dan lebih responsif terhadap kebutuhan operasional.

### **1.3 ACCEPTANCE CRITERIA**

Kriteria penerimaan dari proyek ini adalah sebagai berikut :

1. Ventilasi akan terbuka dan Kipas akan berjalan jika suhu  $> 26\text{C}$  atau kelembaban  $> 70\%$ , lalu menutup jika dibawah threshold.
2. Sistem dapat beralih antara mode Otomatis/Manual menggunakan tombol fisik (Pin 0) dengan ISR
3. Berhasil terhubung, lalu mengirimkan data suhu, kelembapan, status kerja (otomatis/manual) ke Blynk.
4. Memperbarui indikator status jendela, kipas, dan mode di Blynk.
5. Menjalankan tiga Task FreeRTOS secara concurrent tanpa deadlock.

### **1.4 ROLES AND RESPONSIBILITIES**

The roles and responsibilities assigned to the group members are as follows:

| Roles  | Responsibilities  | Person                |
|--------|---|-----------------------|
| Role 1 | Merancang dan mengimplementasikan logika kontrol otomatis (threshold suhu $26^\circ\text{C}$ , kelembapan 70%)  | Azka Nabihan          |
| Role 2 | Konfigurasi koneksi WiFi dan Blynk IoT (Template ID, Device Name, Auth Token)   | Rivi Yasha            |
| Role 3 | Merancang dan merakit rangkaian elektronik lengkap (ESP32, DHT11, Servo, Buzzer, Button)  | Muhamad Dzaky Maulana |
| Role 4 | Mengimplementasikan arsitektur FreeRTOS dengan 3 tasks (taskReadSensor, taskProcessing, taskBlynk). Merancang dan merakit rangkaian elektronik lengkap ( L298N) | Samih Bassam          |

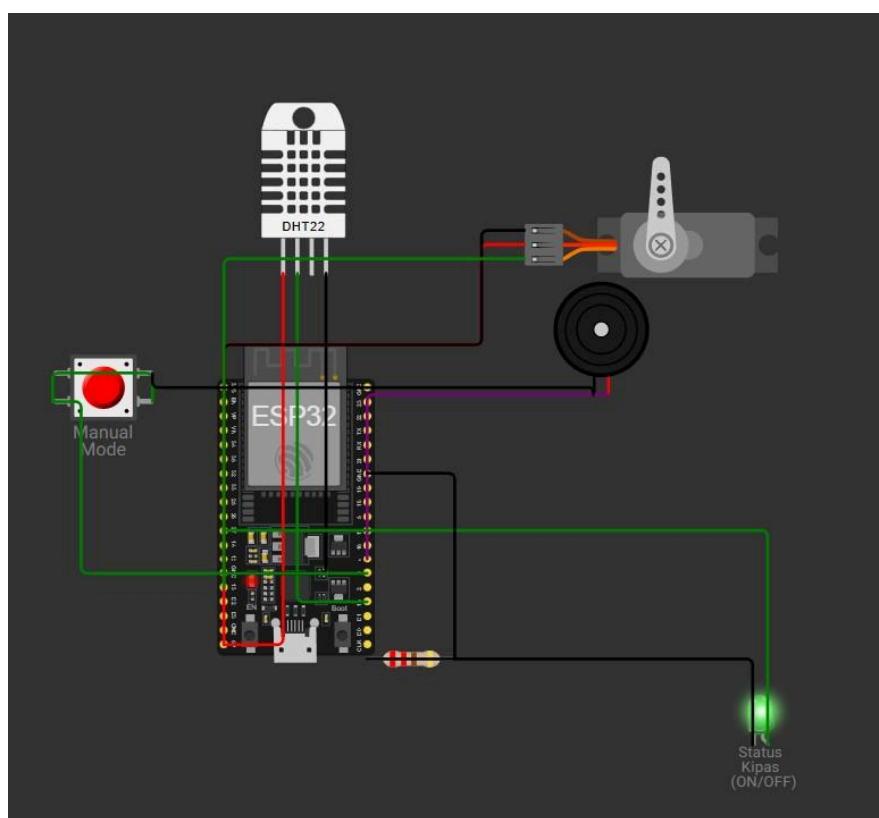
Table 1. Roles and Responsibilities

## 1.5 TIMELINE AND MILESTONES

## CHAPTER 2

### IMPLEMENTATION

#### 2.1 HARDWARE DESIGN AND SCHEMATIC



Perancangan perangkat keras pada sistem ini difokuskan pada pengembangan unit kendali lingkungan yang tangguh dengan menggunakan ESP32 Development Board sebagai mikrokontroler utama. Pemilihan ESP32 pemrosesan data sensor dan komunikasi jaringan berjalan secara simultan tanpa hambatan. Sistem ini mengintegrasikan sensor DHT11 yang dihubungkan pada pin GPIO 15 sebagai instrumen utama akuisisi data, yang bertugas memantau fluktuasi suhu dan kelembaban relatif di lingkungan pabrik secara *real-time*. Akurasi pembacaan dari sensor ini menjadi pondasi utama bagi algoritma sistem dalam menentukan tindakan otomatisasi yang diperlukan untuk menjaga stabilitas kondisi ruangan.

Untuk merealisasikan mekanisme ventilasi fisik, sistem ini menggunakan dua jenis aktuator elektromekanis dengan karakteristik yang berbeda. Aktuator pertama adalah Motor Servo yang terhubung pada GPIO 13, yang berfungsi untuk mensimulasikan pergerakan engsel jendela ventilasi dengan presisi sudut 0 hingga 90 derajat. Aktuator kedua adalah Dinamo yang difungsikan sebagai kipas pendingin (*exhaust fan*), yang dikendalikan melalui modul *driver* motor L298N. Modul driver ini dihubungkan ke ESP32 melalui tiga jalur kontrol: GPIO 27 dan GPIO 25 untuk menentukan arah putaran motor (Input 1 dan Input 2), serta GPIO 14 untuk pin *Enable* (ENA) yang menerima sinyal PWM guna mengatur kecepatan putaran kipas secara variabel. Sebagai catatan, untuk pada wokwi yagn tidak memiliki motor driver dan dinamo maka diganti dengan lampu.

## 2.2 SOFTWARE DEVELOPMENT

Pengembangan perangkat lunak sistem ini dibangun di atas kerangka kerja Arduino pada platform ESP32 dengan menerapkan arsitektur *Real-Time Operating System* (FreeRTOS) untuk menjamin stabilitas *multitasking*. Struktur program didekomposisi menjadi tiga *task* independen yang berjalan secara konkuren dengan prioritas yang terukur. *Task* pertama, *taskReadSensor* (Prioritas 1), bertindak sebagai *Producer* yang bertugas mengakuisisi data suhu dan kelembapan dari sensor DHT11 setiap interval dua detik. *Task* kedua, *taskProcessing* (Prioritas 2), berfungsi sebagai *Consumer* yang menjalankan logika inti kendali sistem dan manajemen aktuator . *Task* ketiga, *taskBlynk* (Prioritas 2), didedikasikan secara eksklusif untuk menangani manajemen koneksi WiFi dan protokol komunikasi dengan server Blynk pada *Core 0*, terpisah dari logika sensor untuk mencegah latensi jaringan mempengaruhi kinerja kendali fisik.

Mekanisme komunikasi antar-proses (*Inter-Process Communication*) dan kendali logika dirancang menggunakan primitif sinkronisasi FreeRTOS untuk keamanan data. Aliran data sensor ditransmisikan melalui antrian pesan *sensorQueue*, yang memungkinkan *taskProcessing* mengambil keputusan aktuasi berdasarkan data terbaru tanpa memblokir proses pembacaan sensor. Logika sistem membandingkan data tersebut dengan ambang batas (suhu  $> 26^{\circ}\text{C}$  atau kelembaban  $> 70\%$ ) untuk menggerakkan servo jendela dan mengatur kecepatan kipas secara proporsional menggunakan pemetaan PWM (nilai 150–255) . Selain itu, sistem mengimplementasikan *Interrupt Service Routine* (ISR) pada fungsi

*onManualButtonPress* yang dipicu oleh tombol fisik. ISR ini mengirimkan *manualSemaphore* ke *task* pemrosesan untuk mengaktifkan mode manual secara instan, memastikan respons yang deterministik terhadap intervensi pengguna .

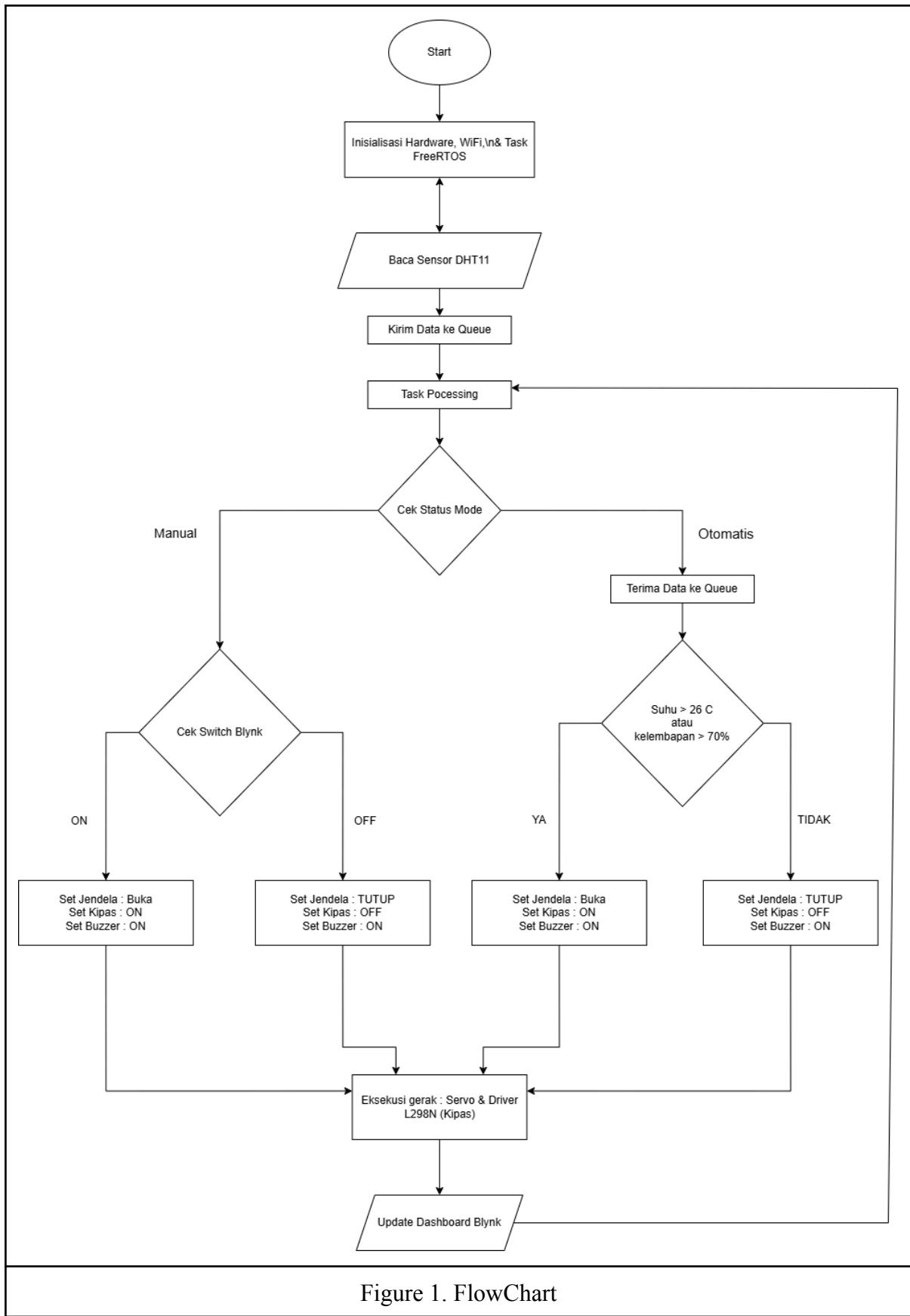


Figure 1. FlowChart

Untuk menjamin keandalan sistem jangka panjang (*system reliability*), strategi manajemen memori dan proteksi koneksi diterapkan secara ketat dalam kode program. Mengingat beban komputasi yang berat pada pustaka komunikasi IoT, alokasi memori *stack* untuk *taskBlynk* diperbesar hingga 8192 *byte* guna mengeliminasi risiko *stack overflow* yang kerap menyebabkan kegagalan sistem pada mikrokontroler. Kode program juga dilengkapi dengan mekanisme proteksi koneksi (*connection guard*), di mana fungsi pengiriman data ke aplikasi (*Blynk.virtualWrite*) dibungkus dalam blok kondisional yang memverifikasi status sambungan terlebih dahulu. Hal ini memastikan bahwa jika koneksi WiFi atau server terputus, sistem kendali lokal tetap beroperasi normal tanpa mengalami kemacetan (*blocking*) atau *crash* akibat kegagalan transmisi data .

## 2.3 HARDWARE AND SOFTWARE INTEGRATION

Tahap integrasi bertujuan untuk menghubungkan logika komputasi perangkat lunak dengan respons mekanis pada perangkat keras melalui antarmuka *General Purpose Input/Output* (GPIO). Secara lokal, sistem menggunakan pustaka *ESP32Servo* untuk mengkonversi perintah logika digital menjadi pergerakan sudut presisi pada motor servo jendela (0 hingga 90 derajat). Untuk pengendalian kipas, fungsi PWM (*ledcWrite*) digunakan untuk memodulasi sinyal tegangan ke *driver L298N*, di mana algoritma pemetaan diterapkan untuk mengubah data suhu terukur menjadi nilai siklus kerja (*duty cycle*) antara 150 hingga 255. Mekanisme integrasi ini memastikan bahwa aktuator bergerak secara halus dan proporsional sesuai dengan intensitas kondisi lingkungan yang dideteksi oleh sensor.

Integrasi *Internet of Things* (IoT) untuk aspek pemantauan diwujudkan melalui sinkronisasi data satu arah (*uplink*) ke platform Blynk menggunakan protokol *Virtual Pins*. Data suhu dan kelembaban yang telah diproses dikirimkan secara *real-time* ke pin V0 dan V1 agar dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik pada *dashboard* aplikasi seluler. Selain data sensor, status operasional aktuator fisik juga dilaporkan kembali ke aplikasi melalui pin V2 (indikator Jendela) dan V3 (indikator Kipas). Hal ini memberikan transparansi penuh bagi operator untuk memverifikasi secara visual bahwa perintah sistem telah dieksekusi dengan benar oleh mesin di lapangan.

Sisi pengendalian jarak jauh diimplementasikan melalui komunikasi dua arah (*downlink*) pada pin virtual V4 dan V5 yang berfungsi sebagai saluran input perintah pengguna. Fitur ini memfasilitasi intervensi manual, di mana perubahan status sakelar pada

aplikasi akan memicu fungsi *callback* di ESP32 yang secara instan mengesampingkan (*override*) logika sensor otomatis. Melalui integrasi ini, pengguna memiliki otoritas penuh untuk memaksa sistem membuka atau menutup ventilasi dalam kondisi darurat tanpa memerlukan interaksi fisik langsung dengan perangkat keras, membuktikan efektivitas penggabungan kendali lokal berbasis FreeRTOS dengan fleksibilitas konektivitas awan.

## CHAPTER 3

### TESTING AND EVALUATION

#### **3.1 TESTING**

Pengujian dilakukan untuk memastikan seluruh fungsi sistem bekerja sesuai dengan acceptance criteria. Pengujian dibagi menjadi tiga bagian: pembacaan sensor, logika kontrol otomatis, dan komunikasi dengan Blynk.

##### **1. Pengujian Pembacaan Sensor (DHT11)**

Sensor DHT11 diuji dengan mengeksposnya pada beberapa kondisi suhu dan kelembapan. Data yang terbaca harus konsisten dan muncul pada Serial Monitor serta terkirim ke dashboard Blynk. Pengujian berhasil ketika sensor menampilkan perubahan nilai secara real-time.

##### **2. Pengujian Mode Otomatis**

Pada mode otomatis, sistem diuji dengan mensimulasikan kondisi suhu tinggi ( $> 26^{\circ}\text{C}$ ) dan kelembapan tinggi ( $> 70\%$ ). Dalam kondisi ini, servo harus membuka ventilasi dan kipas harus berjalan dengan kecepatan sesuai nilai PWM yang dipetakan. Saat suhu/kelembapan turun di bawah threshold, ventilasi harus menutup dan kipas berhenti. Semua fungsi berjalan sesuai logika yang diharapkan.

##### **3. Pengujian Mode Manual**

Tombol fisik pada pin 0 diuji untuk memastikan ISR bekerja tanpa debounce error. Ketika tombol ditekan, mode harus langsung berpindah ke manual tanpa delay. Pada mode manual, kontrol bukaan jendela melalui Virtual Pin Blynk (V5) harus merespons dengan benar.

##### **4. Pengujian Koneksi Blynk & Pengiriman Data**

ESP32 diuji untuk memastikan koneksi WiFi stabil. Pengiriman data suhu, kelembapan, status mode, serta status ventilasi dan kipas berhasil tampil di dashboard

Blynk. Sistem juga diuji saat koneksi terputus; hasilnya, kendali lokal tetap berjalan normal tanpa menyebabkan crash atau freeze.

## 5. Pengujian FreeRTOS Tasks

Tiga task (taskReadSensor, taskProcessing, taskBlynk) diuji untuk memastikan berjalan secara paralel tanpa deadlock. Queue pengiriman data sensor dan semaphore untuk mode manual diuji, dan semua task bekerja stabil tanpa konflik resource.

### 3.2 RESULT

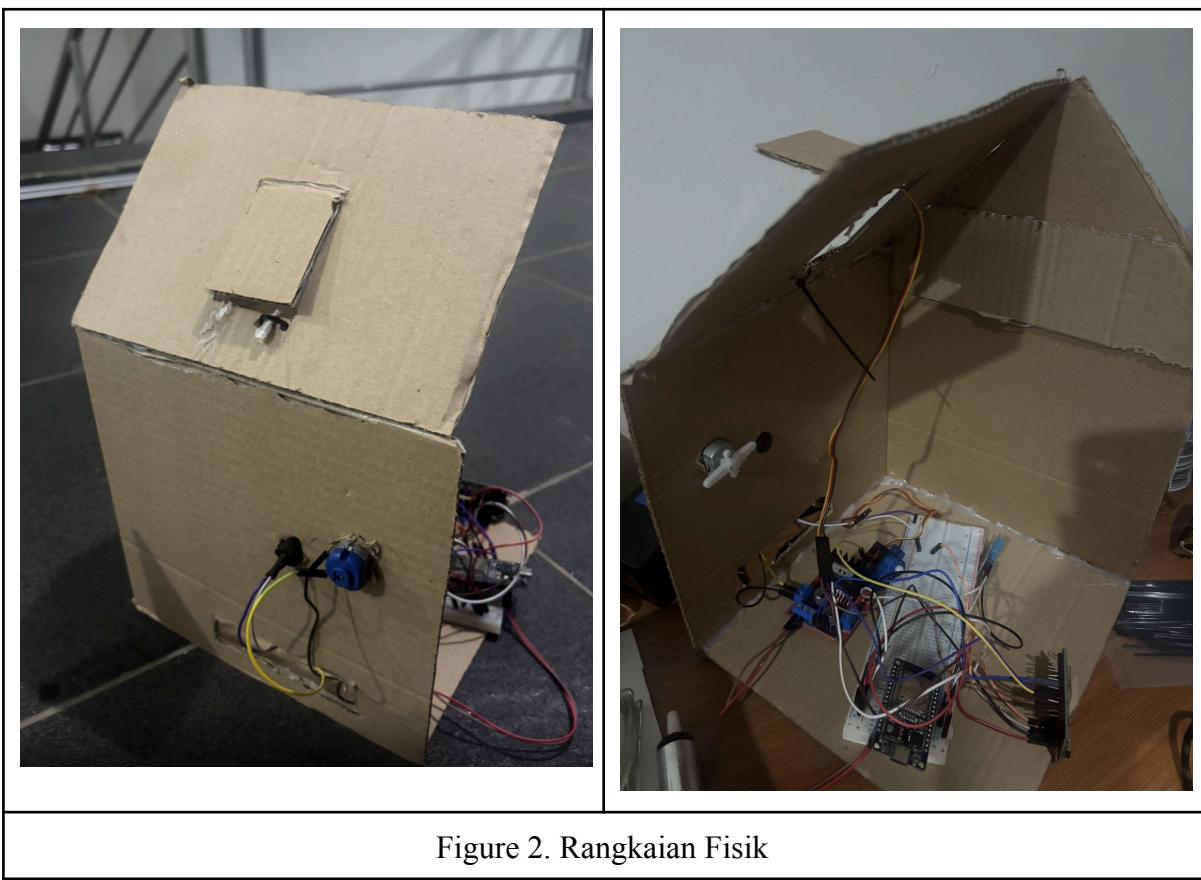


Figure 2. Rangkaian Fisik

Pengujian sistem menunjukkan bahwa Smart Factory Ventilation System dapat bekerja secara stabil dan responsif. Sensor DHT11 berhasil membaca dan mengirimkan data suhu serta kelembapan secara real-time ke Blynk tanpa delay yang berarti. Nilai yang tampil pada Serial Monitor dan dashboard Blynk konsisten satu sama lain.

Pada mode otomatis, sistem mampu membuka ventilasi dan menyalakan kipas dengan benar ketika suhu melebihi 26°C atau kelembapan melewati 70%. Kecepatan kipas berubah secara proporsional mengikuti suhu, dan mekanisme pembukaan servo berjalan halus tanpa lonjakan posisi. Ketika kondisi kembali normal, ventilasi menutup dan kipas berhenti sesuai logika yang dirancang.

Mode manual juga berfungsi sesuai harapan. Tombol fisik dapat mengubah mode secara instan melalui ISR, sedangkan kontrol manual via Blynk merespons dengan cepat tanpa gangguan dari task lain. Semua status perangkat termasuk mode, posisi ventilasi, dan kecepatan kipas tampil dengan benar pada dashboard.

Koneksi WiFi dan Blynk terbukti stabil selama pengujian. Ketika WiFi sengaja diputus, sistem lokal tetap berjalan tanpa error. Setelah koneksi kembali, perangkat otomatis tersinkron dengan dashboard tanpa perlu restart.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi antara hardware, FreeRTOS, dan IoT berjalan optimal. Sistem mampu memenuhi seluruh acceptance criteria yang telah ditetapkan.

### 3.3 EVALUATION

Secara keseluruhan, sistem ventilasi pintar yang dikembangkan menunjukkan performa yang stabil dan dapat memenuhi seluruh kebutuhan dasar pengendalian lingkungan pabrik. Integrasi antara sensor, aktuator, dan platform IoT berjalan baik, dan penggunaan FreeRTOS memberikan peningkatan besar dalam hal responsivitas serta pembagian beban kerja antar-task.

Namun, pengujian juga menunjukkan beberapa hal yang dapat ditingkatkan. Sensor DHT11 memiliki akurasi yang terbatas dan terkadang terjadi fluktuasi kecil pada nilai kelembapan. Menggunakan sensor yang lebih presisi seperti DHT22 atau SHT31 dapat memberikan hasil monitoring yang lebih baik. Selain itu, servo dan driver kipas membutuhkan suplai daya yang benar-benar stabil agar tidak terjadi drop tegangan saat aktuator aktif bersamaan.

Dari sisi perangkat lunak, alokasi memori yang besar pada taskBlynk terbukti efektif mencegah crash akibat beban komunikasi IoT. Meskipun begitu, sistem masih bisa ditingkatkan dengan menambahkan mekanisme fail-safe seperti watchdog timer untuk memastikan mikrokontroler tetap berjalan dalam kondisi ekstrem.

Dashboard Blynk berjalan baik untuk pemantauan jarak jauh, tetapi fitur tambahan seperti grafik historis, notifikasi otomatis ketika suhu melewati threshold, atau kontrol kipas bertingkat dapat meningkatkan pengalaman pengguna.

Secara umum, sistem ini sudah layak digunakan untuk skala kecil hingga menengah dan dapat menjadi dasar untuk pengembangan sistem ventilasi industri yang lebih canggih dan lebih presisi.

## CHAPTER 4

### CONCLUSION

Proyek *Smart Factory Ventilation System* berhasil dikembangkan sebagai solusi berbasis IoT untuk memantau dan mengendalikan kondisi suhu serta kelembapan di lingkungan pabrik. Sistem ini mampu bekerja secara otomatis maupun manual dengan respons yang cepat dan stabil, berkat integrasi antara ESP32, sensor DHT11, aktuator servo, driver motor L298N, serta platform Blynk.

Implementasi FreeRTOS memungkinkan tiga task utama berjalan secara paralel tanpa mengganggu satu sama lain, sehingga sistem tetap responsif meskipun terdapat proses pembacaan sensor, pengolahan logika, dan komunikasi jaringan yang terjadi secara bersamaan. Pengujian menunjukkan bahwa seluruh acceptance criteria terpenuhi: sistem dapat membaca data secara real-time, mengaktifkan ventilasi sesuai threshold, serta menampilkan status perangkat di dashboard IoT.

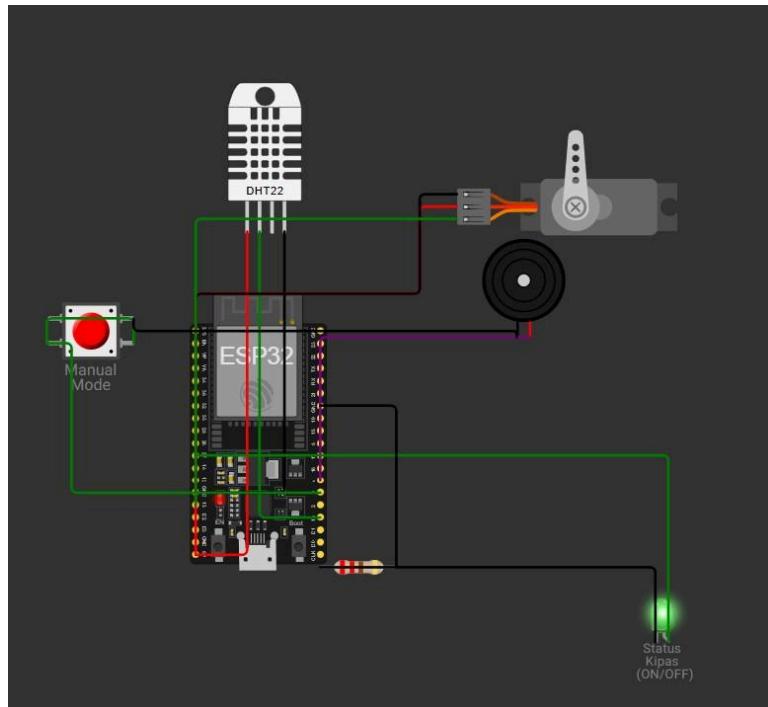
Meskipun sistem berjalan dengan baik, beberapa aspek dapat ditingkatkan seperti penggunaan sensor yang lebih akurat, optimasi suplai daya, dan penambahan fitur keamanan atau notifikasi otomatis. Dengan pengembangan lebih lanjut, sistem ini memiliki potensi untuk diterapkan pada skala industri yang lebih besar dan menjadi bagian dari implementasi *smart manufacturing* yang lebih modern dan efisien.

## REFERENCES

- [1]“Practical Sections | Digilab UI,” *Digilabdte.com*, 2025.  
<https://learn.digilabdte.com/books/internet-of-things/page/practical-sections>
- [2]“RTOS Fundamentals - FreeRTOS™,” *Freertos.org*, 2024.  
<https://www.freertos.org/Documentation/01-FreeRTOS-quick-start/01-Beginners-guide/01-RTOS-fundamentals>
- [3]“Queue | Digilab UI,” *Digilabdte.com*, 2025.  
<https://learn.digilabdte.com/books/internet-of-things/page/queue>
- [4]“4.3 Synchronization Me... | Digilab UI,” *Digilabdte.com*, 2025.  
<https://learn.digilabdte.com/books/internet-of-things/page/43-synchronization-mechanisms-in-freertos>
- [5]“5.4 Deep Dive: ESP32 H... | Digilab UI,” *Digilabdte.com*, 2025.  
<https://learn.digilabdte.com/books/internet-of-things/page/54-deep-dive-esp32-hardware-interrupts>
- [6]“7.2 Local Network Conn... | Digilab UI,” *Digilabdte.com*, 2025.  
<https://learn.digilabdte.com/books/internet-of-things/page/72-local-network-connectivity-with-wi-fi>
- [7]“9.3 Blynk Tutorial | Digilab UI,” *Digilabdte.com*, 2025.  
<https://learn.digilabdte.com/books/internet-of-things/page/93-blynk-tutorial>

## APPENDICES

### Appendix A: Project Schematic



Note : karena di wokwi tidak ada motor driver dan dinamo jadi ditandai dengan lampu.

**Blynk IoT Project** • Offline

+ Add Ta  
My or...

Live 1h 6h 1d 1w 1mo 3mo 6mo 1y 11y

Temperature Humidity

24 °C 61 %

Status Jendela Tertutup

Status Kipas OFF

Mode Manual Mode ...

Absolute Button Semu...

This image shows a screenshot of the Blynk IoT Project dashboard. At the top, there's a header with a green cube icon, the project name "Blynk IoT Project" in bold black font, and a status indicator "Offline". Below the header are several small icons: a gear, a bell, a person, a download arrow, three dots, and a magnifying glass labeled "Edit". A time selector bar below these icons includes options: "Live", "1h", "6h", "1d", "1w", "1mo" (highlighted in orange), "3mo" (orange), "6mo" (orange), "1y" (blue), "11y" (orange). The main content area contains six cards arranged in two rows of three. The first row has two circular gauge charts and one empty card. The second row has four cards: "Status Jendela" with a toggle switch set to "Tertutup" (open), "Status Kipas" with a toggle switch set to "OFF", "Mode Manual" with a toggle switch set to "Mode ...", and "Absolute Button" with a toggle switch set to "Semu...".

## Appendix B: Documentation

