

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Kajian Teoritis**

##### **1. Kopi**

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dikembangkan di Indonesia. Kopi tidak hanya digunakan sebagai bahan konsumsi, tetapi juga menjadi salah satu komoditas perdagangan yang berperan penting dalam sektor perkebunan dan industri. Beberapa jenis kopi yang banyak dikenal di Indonesia antara lain kopi Liberika, Robusta, Arabika, dan Ekselsa. Setiap jenis kopi memiliki karakteristik yang berbeda, baik dari segi cita rasa, aroma, bentuk biji, maupun kemampuan adaptasi terhadap lingkungan tumbuhnya (Alfaridzi & Musri, 2023).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Alfaridzi & Musri, 2023), kopi Liberika dijelaskan sebagai salah satu komoditas unggulan di Kepulauan Meranti yang membutuhkan perhatian pada proses penyimpanan agar kualitas, rasa, dan aromanya tetap terjaga. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kualitas kopi tidak hanya dipengaruhi oleh proses budidaya, tetapi juga oleh kondisi lingkungan selama penyimpanan.

(Ngaku & Kaleka, 2024) juga menjelaskan bahwa kopi sebagai komoditas perkebunan memerlukan penanganan pascapanen yang baik agar mutu produk dapat meningkat dan bertahan lama. Berdasarkan

uraian tersebut, kopi dalam penelitian ini diposisikan sebagai objek utama yang memerlukan pemantauan kondisi penyimpanan, khususnya suhu dan kelembaban, agar mutu biji kopi tetap terjaga.

## 2. Gudang Penyimpanan Kopi

Gudang penyimpanan kopi merupakan tempat yang digunakan untuk menyimpan biji kopi sebelum masuk ke tahap pengolahan lanjutan, distribusi, atau pemasaran. Gudang memiliki fungsi penting dalam menjaga kondisi biji kopi agar tetap aman dari kerusakan selama masa simpan. (Pane et al., 2022) menjelaskan bahwa penyimpanan biji kopi merupakan salah satu faktor penting untuk mempertahankan kualitas produk akhir, memenuhi permintaan pasar, dan menjaga stabilitas harga. Beberapa faktor penting dalam penyimpanan biji kopi meliputi kadar air, kelembaban relatif udara, kebersihan gudang, serta metode penyimpanan yang digunakan

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Ngaku & Kaleka, 2024), proses pengemasan dan penggudangan biji kopi bertujuan untuk memperpanjang daya simpan hasil. Biji kopi yang telah dikemas harus disimpan di gudang yang bersih, bebas dari bau asing, dan terhindar dari kontaminan. Selain itu, kondisi biji kopi perlu dimonitor selama penyimpanan, terutama terhadap kadar air, organisme pengganggu seperti tikus, serangga, jamur, serta faktor lain yang dapat merusak biji kopi.

(Alfaridzi & Musri, 2023) menjelaskan bahwa kurangnya pemahaman masyarakat mengenai cara penyimpanan dan suhu optimal pada penyimpanan kopi dapat menyebabkan kualitas kopi menjadi kurang maksimal, baik dari segi mutu, rasa, maupun aroma. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa ruang penyimpanan kopi perlu dipantau suhu dan kelembabannya agar kualitas biji kopi tetap terjaga dan kerusakan dapat diminimalkan.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, gudang penyimpanan kopi tidak hanya berfungsi sebagai tempat menaruh biji kopi, tetapi juga sebagai ruang yang kondisi lingkungannya harus dijaga. Kondisi gudang yang tidak terkontrol dapat menyebabkan perubahan kadar air, pertumbuhan jamur, serangan organisme pengganggu, perubahan aroma, dan penurunan mutu kopi. Oleh karena itu, penelitian ini merancang sistem monitoring suhu dan kelembaban gudang kopi berbasis *IoT* agar kondisi penyimpanan dapat dipantau secara lebih cepat, terukur, dan berkelanjutan.

### 3. Suhu dan Kelembaban pada Penyimpanan Kopi

Suhu dan kelembaban merupakan dua parameter penting dalam penyimpanan biji kopi. Suhu yang terlalu tinggi dapat mempercepat perubahan mutu biji kopi, sedangkan kelembaban yang terlalu tinggi dapat meningkatkan kadar air biji kopi. Kadar air yang meningkat dapat menyebabkan pertumbuhan jamur, perubahan warna, dan penurunan kualitas kopi selama masa simpan.

(Pane et al., 2022) menjelaskan bahwa temperatur dan kelembaban udara merupakan variabel penting dalam penyimpanan biji kopi karena dapat memengaruhi kadar air, warna biji, serangan serangga, dan mutu kopi. Penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa perubahan temperatur yang cepat dapat berdampak pada kelembaban udara dan berpotensi menyebabkan kondensasi.

(Alfaridzi & Musri, 2023) menjelaskan bahwa kurangnya pemahaman masyarakat mengenai suhu dan kelembaban penyimpanan kopi dapat menyebabkan kualitas, rasa, dan aroma kopi menjadi kurang maksimal. Oleh karena itu, suhu dan kelembaban dipilih sebagai parameter utama dalam penelitian ini karena keduanya berhubungan langsung dengan kualitas penyimpanan biji kopi.

#### 4. *Internet of Things (IoT)*

*IoT* merupakan konsep teknologi yang memungkinkan perangkat fisik terhubung dengan jaringan internet untuk melakukan pertukaran data. Teknologi ini memungkinkan sensor, *microcontroller*, dan sistem pemantauan bekerja secara terintegrasi. Dengan adanya *IoT*, data dari lingkungan dapat dikumpulkan secara otomatis, dikirim melalui jaringan internet, dan ditampilkan kepada pengguna secara jarak jauh.

(Saepudin, 2022) menjelaskan bahwa perangkat *IoT* yang terhubung ke jaringan internet dapat memberikan kemudahan dalam proses pemantauan jarak jauh dan membantu pengguna mengambil keputusan berdasarkan data *historis*. Dalam penelitian tersebut, *IoT*

digunakan untuk melakukan monitoring suhu dan kelembaban pada gudang penyimpanan bahan kulit secara *real-time*.

(Buchori & Mufti, 2024) juga menjelaskan *IoT* memungkinkan perangkat fisik saling terhubung dan bertukar data sehingga sistem pemantauan suhu dan kelembaban dapat dirancang secara lebih efisien, *real-time*, dan terpusat. Berdasarkan uraian tersebut, *IoT* digunakan dalam penelitian ini karena sistem yang dibangun membutuhkan pembacaan data sensor, pengiriman data, tampilan jarak jauh, dan notifikasi otomatis.

##### 5. Sistem Monitoring Berbasis *IoT*

Sistem *monitoring* berbasis *IoT* merupakan sistem pemantauan yang memanfaatkan sensor, *microcontroller*, jaringan internet, dan media tampilan untuk menyajikan data kepada pengguna. Sistem ini dapat digunakan untuk memantau kondisi lingkungan secara otomatis tanpa harus melakukan pengecekan manual secara terus-menerus. Dengan sistem ini, perubahan kondisi lingkungan dapat diketahui secara lebih cepat.

(Alfaridzi & Musri, 2023) mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembaban ruang penyimpanan kopi Liberika menggunakan sensor *DHT22*, *NodeMCU ESP8266*, *database*, dan *website*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis *IoT* dapat digunakan untuk mengetahui kondisi suhu dan kelembaban ruang penyimpanan kopi secara jarak jauh.

(Santosa et al., 2023) juga menjelaskan bahwa sistem monitoring suhu dan kelembaban berbasis *IoT* dapat mempermudah pengguna dalam memantau kondisi ruangan secara *real-time* dan menghasilkan data yang lebih akurat serta efisien dibandingkan metode pencatatan konvensional. Berdasarkan penelitian tersebut, sistem monitoring berbasis *IoT* pada penelitian ini dirancang untuk menggantikan pemantauan manual pada gudang kopi.

#### 6. Sensor *DHT22*

Sensor *DHT22* merupakan sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Sensor ini banyak digunakan dalam sistem pemantauan lingkungan karena mampu membaca dua parameter sekaligus, yaitu suhu dan kelembaban. *DHT22* juga memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan *DHT11*, sehingga sesuai digunakan pada sistem yang membutuhkan pembacaan data lingkungan secara stabil.

(Puspasari et al., 2020) melakukan penelitian mengenai analisis akurasi sensor *DHT22* berbasis Arduino terhadap *thermohygrometer* standar. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sensor *DHT22* memiliki nilai kesalahan rata-rata sebesar 2,99% untuk kelembaban dan -2,31% untuk suhu, sehingga akurasinya masih dapat diterima untuk pengukuran suhu dan kelembaban.

(Alfaridzi & Musri, 2023) juga menggunakan sensor *DHT22* dalam sistem monitoring suhu dan kelembaban ruang penyimpanan kopi

Liberika. Berdasarkan kedua penelitian tersebut, *DHT22* digunakan dalam penelitian ini sebagai sensor utama karena mampu membaca suhu dan kelembaban gudang kopi secara cukup akurat dan sesuai dengan kebutuhan sistem monitoring.

## 7. *ESP32-C6*

*ESP32-C6* merupakan *microcontroller* atau *System on Chip* (SoC) yang dikembangkan oleh Espressif untuk kebutuhan perangkat berbasis *IoT*. Berdasarkan *datasheet* resmi Espressif, *ESP32-C6* mendukung *WiFi 6* pada pita 2,4 GHz, *Bluetooth 5 LE*, *Zigbee*, dan *Thread* berbasis *IEEE 802.15.4*. Selain itu, *ESP32-C6* menggunakan prosesor *RISC-V 32-bit*, memiliki dukungan *GPIO*, serta dilengkapi beberapa antarmuka komunikasi seperti *UART*, *SPI*, *I2C*, *I2S*, *USB Serial/JTAG*, *PWM*, *ADC*, dan *timer*. Fitur tersebut menjadikan *ESP32-C6* sesuai digunakan sebagai pusat kendali pada sistem *IoT* yang membutuhkan pemrosesan data sensor dan konektivitas nirkabel (Systems, 2024).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Mota et al., 2025), *ESP32-C6* digunakan sebagai perangkat utama dalam pengembangan sistem monitoring *CO2* berbasis *IoT* yang terintegrasi dengan protokol Matter. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa *ESP32-C6* dipilih karena mendukung komunikasi *WiFi*, BLE, *Zigbee*, dan *Thread*, serta memiliki *GPIO* yang dapat digunakan untuk komunikasi dengan sensor melalui antarmuka seperti *I2C*, *SPI*, *I2S*, dan *UART*. Sistem yang dikembangkan

menunjukkan bahwa *ESP32-C6* dapat digunakan sebagai perangkat *IoT* untuk membaca data sensor dan mengirimkannya ke ekosistem pemantauan berbasis jaringan.

(Atarian et al., 2026) melakukan penelitian mengenai performa QoS beberapa varian *ESP32* dan *Raspberry Pi* pada jaringan menggunakan protokol *TCP* dan *UDP*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa *ESP32-C6* memiliki spesifikasi *single-core RISC-V 160 MHz*, *512 KB SRAM*, *320 KB ROM*, *WiFi 6 2,4 GHz*, serta dukungan *IEEE 802.15.4* untuk *Thread* dan *Zigbee*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *ESP32-C6* memiliki performa yang cukup stabil untuk aplikasi *IoT* ringan, terutama pada pengujian *latency* dan *jitter*. Namun, penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa performa komunikasi perangkat *IoT* tetap dipengaruhi oleh kemampuan pemrosesan, ukuran *buffer*, dan protokol komunikasi yang digunakan.

Berdasarkan beberapa uraian tersebut, *ESP32-C6* digunakan dalam penelitian ini sebagai *microcontroller* utama untuk sistem *monitoring* suhu dan kelembaban gudang kopi berbasis *IoT*. *ESP32-C6* berfungsi membaca data suhu dan kelembaban dari sensor *DHT22*, memproses data, menampilkan data pada *LCD 1.47 inci*, mengirimkan data ke *dashboard website*, serta mengaktifkan notifikasi melalui *Bot Telegram* ketika nilai suhu atau kelembaban melebihi batas yang telah ditentukan. Dengan dukungan konektivitas *WiFi* dan kemampuan pengolahan data sensor, *ESP32-C6* dinilai sesuai untuk membangun

sistem pemantauan gudang kopi yang dapat bekerja secara lokal maupun jarak jauh.

#### 8. *Dashboard Website*

*Dashboard website* merupakan media tampilan berbasis web yang digunakan untuk menyajikan data hasil pemantauan. *Dashboard* dapat menampilkan data dalam bentuk angka, tabel, grafik, status kondisi, dan riwayat pembacaan sensor. Dengan adanya *dashboard website*, pengguna dapat melakukan pemantauan dari jarak jauh selama perangkat terhubung dengan jaringan internet.

(Saepudin, 2022) menjelaskan bahwa data dari perangkat *IoT* dapat dikirim melalui jaringan internet, disimpan ke *database*, dan ditampilkan pada *dashboard monitoring* sebagai data *historis*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa *dashboard* dapat membantu pengguna membaca kondisi lingkungan secara lebih terstruktur dan mendukung pengambilan keputusan.

(Buchori & Mufti, 2024) juga menjelaskan bahwa *website monitoring* dapat menampilkan data sensor secara *real-time* untuk memastikan pembaruan data berjalan sesuai rancangan. Berdasarkan penelitian tersebut, *dashboard website* dalam penelitian ini digunakan sebagai media pemantauan jarak jauh agar pengguna dapat mengetahui kondisi suhu dan kelembaban gudang kopi secara lebih mudah.

## 9. *Bot Telegram*

*Bot Telegram* merupakan fitur otomatis pada aplikasi Telegram yang dapat digunakan untuk mengirimkan pesan kepada pengguna. Dalam sistem *IoT*, *Bot Telegram* dapat dimanfaatkan sebagai media notifikasi ketika sensor membaca kondisi tertentu. Notifikasi ini membantu pengguna memperoleh informasi secara cepat tanpa harus selalu membuka *dashboard website*.

(Buchori & Mufti, 2024) menjelaskan bahwa sistem pemantauan suhu dan kelembaban gudang berbasis *IoT* dapat disertai dengan notifikasi Telegram apabila nilai suhu atau kelembaban melewati batas yang telah ditentukan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa Telegram dapat digunakan sebagai media peringatan agar pengguna segera mengetahui kondisi tidak normal pada gudang.

(Santoso & Suharjo, 2024) juga menggunakan *Bot Telegram* pada sistem monitoring keamanan, suhu, dan kelembaban gudang beras berbasis *IoT*. Berdasarkan penelitian tersebut, *Bot Telegram* dalam penelitian ini digunakan sebagai media peringatan dini ketika suhu atau kelembaban gudang kopi berada di luar batas aman.

## 10. Arduino IDE

Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke *microcontroller*. Perangkat lunak ini banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis *microcontroller* karena menyediakan editor kode, fitur

kompilasi, fitur unggah program, serta dukungan pustaka yang dapat membantu proses pengembangan perangkat tertanam. Arduino IDE umumnya menggunakan bahasa pemrograman C/C++ dan dapat digunakan untuk memprogram berbagai perangkat *microcontroller*, termasuk papan berbasis ESP8266 maupun ESP32.

(Fajarullah & Sugeng, 2021) menggunakan Arduino IDE dalam sistem *monitoring* suhu dan kelembaban ruangan penyimpanan obat berbasis *IoT*. Dalam penelitian tersebut, Arduino IDE digunakan untuk melihat hasil pembacaan suhu dan kelembaban melalui fitur *serial monitor*, sehingga pengguna dapat mengetahui data yang dibaca oleh sensor pada perangkat keras.

(Alfaridzi & Musri, 2023) juga menggunakan Arduino IDE dalam sistem *monitoring* suhu dan kelembaban ruang penyimpanan kopi Liberika berbasis *IoT*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa data yang tampil pada *serial monitor* Arduino IDE, *database*, dan *website* memiliki kesesuaian, sehingga sistem dapat berjalan sesuai konfigurasi yang telah dibuat.

(Simon et al., 2026) menjelaskan bahwa pada sisi perangkat lunak, *microcontroller* ESP8266 diprogram menggunakan Arduino IDE dengan pustaka sensor untuk melakukan pembacaan suhu dan kelembaban secara berkala. Program tersebut dirancang untuk membaca data sensor, melakukan validasi data, dan mengirimkan data

ke *platform cloud* agar dapat ditampilkan melalui *dashboard* berbasis web.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, *Arduino IDE* berperan penting dalam proses pemrograman *microcontroller* pada sistem *monitoring* berbasis *IoT*. Pada penelitian ini, *Arduino IDE* digunakan untuk memprogram *ESP32-C6* agar dapat membaca data suhu dan kelembaban dari sensor *DHT22*, menampilkan data pada *LCD* 1.47 inci, mengirimkan data ke *dashboard website*, serta menjalankan logika notifikasi melalui *Bot Telegram*.

#### 11. *IoT-METH*

*IoT-METH* merupakan metode pengembangan sistem berbasis *IoT* yang digunakan untuk merancang dan membangun sistem secara bertahap. Metode ini sesuai digunakan dalam pengembangan sistem *IoT* karena sistem *IoT* tidak hanya melibatkan perangkat lunak, tetapi juga perangkat keras, sensor, *microcontroller*, konektivitas jaringan, layanan penyimpanan data, dan antarmuka pengguna. (Giray et al., 2018) menjelaskan bahwa pengembangan sistem *IoT* lebih kompleks dibandingkan sistem perangkat lunak biasa karena melibatkan komponen perangkat lunak, perangkat keras, dan komunikasi yang saling terintegrasi.

Dalam pembahasan mengenai *IoT System Development Methods*, (Giray et al., 2018) menjelaskan bahwa *IoT-METH* atau *IoT Methodology* yang diperkenalkan oleh Collins (2017) merupakan

metode pengembangan sistem *IoT* yang bersifat umum (*generic*) dan ringan (*lightweight*), serta dibangun berdasarkan pendekatan *iterative prototyping* dan *Lean Start-up*. Metode ini digunakan untuk mendukung proses pengembangan sistem *IoT* secara bertahap, mulai dari menghasilkan ide awal hingga proses penerapan sistem dan memperoleh umpan balik dari pengguna. Tahapan dalam *IoT-METH* terdiri atas enam tahap utama, yaitu *generate ideas*, *refine ideas*, *conceptualize a project*, *design an architecture*, *prototype a proof of concept*, dan *deploy IoT system*.

Tahap *generate ideas* digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan melalui komunikasi dengan pemangku kepentingan atau pengguna akhir. Tahap *refine ideas* digunakan untuk menyempurnakan ide dan mengidentifikasi kebutuhan awal sistem. Tahap *conceptualize a project* digunakan untuk menganalisis dan memvalidasi kebutuhan agar terdapat hubungan yang jelas antara ide dan implementasi. Tahap *design an architecture* digunakan untuk memetakan kebutuhan ke dalam rancangan arsitektur sistem. Tahap *prototype a proof of concept* digunakan untuk membangun purwarupa sistem, sedangkan tahap *deploy IoT system* digunakan untuk menerapkan sistem dan memperoleh umpan balik dari pengguna (Giray et al., 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh (Ferry, 2025) juga menggunakan pendekatan *IoT-METH* dalam pengembangan sistem kendali dan *monitoring* alat penyemprot jamur otomatis berbasis *IoT* menggunakan

*AppSheet*. Penelitian tersebut menggunakan sensor *DHT22* untuk membaca suhu dan kelembaban, *ESP32* sebagai *microcontroller* utama, serta *platform AppSheet* sebagai media pemantauan dan pengendalian jarak jauh. Metode *IoT-METH* pada penelitian tersebut digunakan melalui enam tahapan, yaitu menghasilkan ide, menyempurnakan ide, konseptualisasi proyek, mendesain arsitektur, membuat *prototipe*, dan menerapkan sistem *IoT*.

Berdasarkan beberapa uraian tersebut, *IoT-METH* digunakan dalam penelitian ini karena sesuai dengan kebutuhan pengembangan sistem *monitoring* suhu dan kelembaban gudang kopi berbasis *IoT*. Penelitian ini melibatkan sensor *DHT22* sebagai pembaca suhu dan kelembaban, *ESP32-C6* sebagai *microcontroller*, *LCD 1.47 inci* sebagai tampilan lokal, *dashboard website* sebagai media pemantauan jarak jauh, serta *Bot Telegram* sebagai media notifikasi otomatis. Dengan demikian, *IoT-METH* dipilih agar proses pengembangan sistem dapat dilakukan secara runtut, mulai dari identifikasi masalah pemantauan gudang kopi, penyusunan kebutuhan sistem, perancangan arsitektur, pembuatan *prototipe*, hingga penerapan dan pengujian sistem.

## 12. UML

*Unified Modeling Language (UML)* merupakan bahasa pemodelan standar yang digunakan dalam proses analisis dan perancangan sistem perangkat lunak. UML berfungsi sebagai media untuk

mendokumentasikan, menspesifikasikan, serta menggambarkan rancangan sistem secara visual sehingga hubungan antar komponen dalam sistem dapat dipahami dengan lebih mudah. UML digunakan untuk memberikan gambaran mengenai struktur maupun perilaku sistem sebelum dilakukan tahap implementasi perangkat lunak (Aryani et al., 2024).

Dalam pengembangan sistem, UML membantu pengembang dalam melakukan pemodelan berdasarkan kebutuhan sistem yang telah dianalisis sebelumnya. Pemodelan UML dilakukan dengan menggambarkan berbagai aspek sistem melalui beberapa jenis diagram yang memiliki fungsi berbeda. Diagram UML dapat digunakan untuk menjelaskan interaksi pengguna dengan sistem, alur proses kerja, struktur data, serta komunikasi antar komponen dalam system (Fauzan & Khairul, 2026)

Beberapa diagram UML yang umum digunakan dalam proses perancangan sistem antara lain *Use Case Diagram*, *Activity Diagram*, *Sequence Diagram*, dan *Class Diagram*. *Use Case Diagram* digunakan untuk menggambarkan hubungan antara aktor dengan fungsi utama yang tersedia pada sistem. Diagram ini menunjukkan bagaimana pengguna berinteraksi dengan sistem berdasarkan kebutuhan fungsional yang telah ditentukan (Aryani et al., 2024).

*Activity Diagram* digunakan untuk menggambarkan alur kerja atau aktivitas yang terjadi dalam sebuah sistem. Diagram ini menunjukkan

urutan proses yang dilakukan oleh pengguna maupun sistem sehingga proses bisnis atau mekanisme kerja sistem dapat dipahami secara lebih jelas (Aryani et al., 2024).

Selain itu, *Sequence Diagram* digunakan untuk menggambarkan urutan komunikasi antar objek atau komponen dalam sistem berdasarkan waktu proses. Diagram ini membantu menjelaskan bagaimana setiap komponen saling berinteraksi ketika suatu fungsi sistem dijalankan. Sedangkan *Class Diagram* digunakan untuk menggambarkan struktur statis sistem yang terdiri dari kelas, atribut, metode, serta hubungan antar kelas yang terdapat pada sistem (Fauzan & Khairul, 2026).

Pada penelitian (Fauzan & Khairul, 2026), pendekatan UML digunakan untuk memvisualisasikan struktur dan perilaku sistem melalui diagram seperti *Use Case Diagram*, *Activity Diagram*, dan *Class Diagram*. Pemodelan tersebut dilakukan setelah tahap analisis kebutuhan dan perancangan arsitektur sistem agar rancangan yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Berdasarkan penjelasan tersebut, pada penelitian ini UML digunakan sebagai metode pemodelan dalam perancangan sistem monitoring suhu dan kelembaban gudang kopi berbasis *IoT*. UML digunakan untuk menggambarkan interaksi pengguna terhadap sistem, proses pengambilan data sensor, pengolahan data oleh *microcontroller*

ESP32-C6, pengiriman data menuju dashboard *website*, serta mekanisme pemberian notifikasi melalui *Bot Telegram*.

a. *Use Case Diagram*

*Use Case Diagram* memiliki beberapa simbol yang digunakan untuk menggambarkan aktor, fungsi sistem, serta hubungan antar komponen dalam sistem. Simbol-simbol yang digunakan pada *Use Case Diagram* ditunjukkan pada tabel berikut

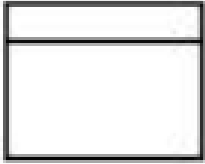
Tabel 2. 1 Simbol *Use Case Diagram*

| Simbol                                                                              | Nama                   | Fungsi                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
|   | <i>Actor</i>           | Menggambarkan pengguna atau pihak luar yang berinteraksi dengan system. |
|  | <i>Use Case</i>        | Menggambarkan fungsi atau layanan yang tersedia dalam system.           |
|  | <i>System Boundary</i> | Menggambarkan batas ruang lingkup system.                               |
|  | <i>Association</i>     | Menggambarkan hubungan antara actor dengan use case.                    |

b. *Activity Diagram*

*Activity Diagram* memiliki beberapa simbol yang digunakan untuk menggambarkan urutan aktivitas, aliran proses, serta kondisi keputusan yang terjadi dalam sistem. Simbol-simbol *Activity Diagram* ditunjukkan pada tabel berikut.

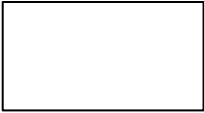
Tabel 2. 2 Simbol *Activity Diagram*

| Simbol                                                                              | Nama                        | Fungsi                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|
|    | <i>Initial Node</i>         | Menunjukkan awal proses aktivitas                 |
|    | <i>Activity</i>             | Menunjukkan aktivitas atau proses yang dilakukan  |
|  | <i>Join Node</i>            | Menunjukkan arah aliran aktivitas                 |
|  | <i>Decision Node</i>        | Menunjukkan percabangan berdasarkan kondisi       |
|  | <i>Activity Final Node)</i> | Menunjukkan akhir proses                          |
|  | <i>Activity Partition</i>   | Membagi aktivitas berdasarkan aktor atau komponen |

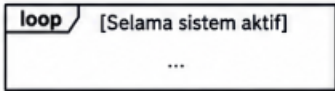
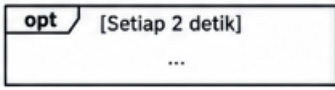
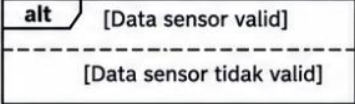
c. *Sequence Diagram*

*Sequence Diagram* memiliki beberapa simbol yang digunakan untuk menggambarkan komunikasi antar objek berdasarkan urutan waktu. Simbol-simbol *Sequence Diagram* ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2. 3 Simbol *Sequence Diagram*

| Simbol                                                                              | Nama            | Fungsi                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------|
|    | <i>Actor</i>    | Menggambarkan pengguna atau pihak luar yang berinteraksi dengan sistem |
|  | <i>Object</i>   | Menggambarkan objek atau komponen yang melakukan komunikasi            |
|  | <i>Lifeline</i> | Garis putus-putus vertikal yang menunjukkan keberadaan objek           |

|                                                                                     |                       |                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     |                       | selama proses berlangsung                                                     |
|    | <i>Activation Bar</i> | Kotak vertikal tipis yang menunjukkan objek sedang menjalankan suatu proses   |
|  | <i>Message</i>        | Panah garis penuh yang menunjukkan pengiriman pesan atau perintah antar objek |
|  | <i>Return Message</i> | Panah garis putus-putus yang menunjukkan hasil atau balasan dari suatu proses |
|                                                                                     | <i>Loop Fragment</i>  |                                                                               |

|                                                                                     |                             |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                             | Bingkai yang menunjukkan proses berulang selama kondisi tertentu terpenuhi            |
|                                                                                     | <i>Optional Fragment</i>    |                                                                                       |
|    | <i>(opt)</i>                | Bingkai yang menunjukkan proses opsional yang hanya dijalankan jika kondisi terpenuhi |
|                                                                                     | <i>Alternative Fragment</i> |                                                                                       |
|  | <i>(alt)</i>                | Bingkai yang menunjukkan percabangan proses berdasarkan kondisi tertentu              |

### 13. Flowchart

*Flowchart* atau diagram alir merupakan alat bantu visual yang digunakan untuk menggambarkan urutan proses dalam suatu sistem secara terstruktur. *Flowchart* menyajikan langkah-langkah kerja menggunakan simbol-simbol tertentu, seperti simbol mulai atau selesai, proses, *input*, *output*, keputusan, dan garis alir. Dengan adanya

*flowchart*, alur kerja sistem dapat dijelaskan secara lebih sederhana, terarah, dan mudah dipahami oleh pengembang maupun pengguna sistem. (Johan Reza Fauzi, 2020) menjelaskan bahwa *flowchart* merupakan cara penulisan algoritma menggunakan notasi grafis yang memperlihatkan urutan atau langkah-langkah suatu program serta hubungan antarproses melalui simbol dan garis penghubung.

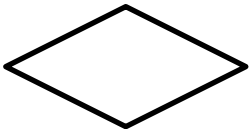
Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Nasution et al., 2026), *flowchart* digunakan untuk menganalisis dan mengoptimalkan alur sistem informasi pada tata kelola rantai pasok dan pelaporan keuangan Swalayan Aman. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa *flowchart* dapat digunakan untuk memvisualisasikan proses bisnis secara menyeluruh, menjelaskan peran setiap aktor, mengidentifikasi titik hambat, serta mengurangi proses yang berulang atau tidak efisien. Hal ini menunjukkan bahwa *flowchart* tidak hanya berfungsi sebagai gambar alur, tetapi juga dapat menjadi alat analisis untuk memahami proses kerja sistem informasi.

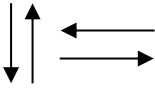
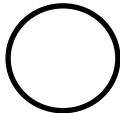
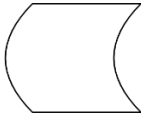
(Alfaridzi & Musri, 2023) juga menggunakan *flowchart* dalam penelitian sistem *monitoring* suhu dan kelembaban ruangan penyimpanan kopi Liberika berbasis *IoT*. Pada penelitian tersebut, *flowchart* digunakan untuk menggambarkan alur sistem *IoT*, mulai dari proses koneksi perangkat NodeMCU ESP8266, pembacaan data sensor *DHT22*, pengiriman data ke *database*, hingga penampilan data pada *website monitoring*. Penelitian tersebut relevan karena memiliki

kesamaan dengan penelitian ini, yaitu sama-sama menggunakan *flowchart* untuk menggambarkan alur kerja sistem *monitoring* suhu dan kelembaban pada ruang penyimpanan kopi.

Berdasarkan beberapa uraian tersebut, *flowchart* digunakan dalam penelitian ini untuk menggambarkan alur kerja sistem *monitoring* suhu dan kelembaban gudang kopi berbasis *IoT*. Alur sistem dimulai dari pembacaan data suhu dan kelembaban oleh sensor *DHT22*, pemrosesan data oleh *ESP32-C6*, penampilan data pada *LCD* 1.47 inci, pengiriman data ke *dashboard website*, hingga pengiriman notifikasi melalui *Bot Telegram* apabila nilai suhu atau kelembaban melebihi batas yang telah ditentukan. Dengan demikian, *flowchart* membantu memperjelas logika kerja sistem sebelum sistem diimplementasikan.

Tabel 2. 4 Simbol *Flowchart*

| Bentuk                                                                              | Nama Simbol           | Keterangan / Fungsi                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <i>Terminator</i>     | Menandakan titik awal ( <i>Start</i> ) atau titik akhir ( <i>End</i> ) dari sebuah aliran program. |
|  | <i>Input / Output</i> | Menandakan proses memasukkan data ( <i>input</i> ) atau menampilkan hasil ( <i>output</i> ).       |
|  | <i>Process</i>        | Menandakan proses pengolahan data atau perhitungan yang dilakukan oleh komputer.                   |
|  | <i>Decision</i>       | Menandakan titik pengambilan keputusan yang                                                        |

|                                                                                     |                         |                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     |                         | menghasilkan opsi (misal: Ya / Tidak).                                                                                      |
|    | <i>Flowline</i>         | Menunjukkan arah aliran langkah-langkah dari satu proses ke proses berikutnya.                                              |
|    | <i>Display</i>          | Menunjukkan informasi yang ditampilkan kepada pengguna melalui perangkat tampilan                                           |
|    | <i>Document</i>         | Menunjukkan dokumen atau laporan yang dihasilkan dari suatu proses                                                          |
|   | <i>connector</i>        | Digunakan sebagai penghubung antar bagian <i>flowchart</i> yang terpisah dalam satu halaman                                 |
|  | <i>Preparation</i>      | Menunjukkan proses persiapan atau inisialisasi sebelum proses utama dijalankan                                              |
|  | <i>Office connector</i> | Digunakan untuk menunjukkan perpindahan alur proses ke halaman <i>flowchart</i> lainnya                                     |
|  | <i>Storage</i>          | Menunjukkan tempat penyimpanan data secara digital, seperti <i>database</i> , memori, atau media penyimpanan <i>microSD</i> |

#### 14. Blok Diagram

Blok diagram merupakan representasi visual yang digunakan untuk menggambarkan hubungan dan arah kerja antarbagian dalam suatu sistem. Setiap bagian sistem ditampilkan dalam bentuk blok yang memiliki fungsi tertentu, kemudian dihubungkan menggunakan garis atau tanda panah untuk menunjukkan arah aliran data maupun proses. Penggunaan blok diagram dapat membantu menjelaskan cara kerja rangkaian secara umum serta mempermudah proses perancangan dan identifikasi komponen sistem (Ananda et al., 2023).

(Yudhana, 2023) menjelaskan bahwa blok diagram sistem dapat dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu *input*, proses, dan *output*. Bagian *input* berfungsi memperoleh data dari lingkungan melalui sensor, bagian proses berfungsi mengolah data menggunakan *microcontroller*, sedangkan bagian *output* berfungsi menampilkan informasi atau menjalankan tindakan berdasarkan hasil pengolahan data. Penelitian tersebut menggunakan sensor *DHT22* dan *DHT11* sebagai *input*, *microcontroller* sebagai pemroses, serta *LCD*, aplikasi Blynk, dan WhatsApp sebagai media *output* dan monitoring.

(Abrianto et al., 2021) menggunakan blok diagram untuk menjelaskan sistem monitoring suhu jarak jauh yang terdiri atas sensor *DHT22*, *Wemos D1 Mini*, komunikasi *WiFi*, dan aplikasi Blynk. Sensor *DHT22* berfungsi membaca kondisi suhu, *microcontroller* berfungsi sebagai pusat pengolahan data, sedangkan koneksi *WiFi* dan aplikasi

digunakan untuk menyampaikan informasi kepada pengguna. Hal tersebut menunjukkan bahwa blok diagram dapat digunakan untuk memperjelas fungsi dan hubungan setiap komponen pada sistem berbasis *IoT*.

Berdasarkan uraian tersebut, blok diagram digunakan dalam penelitian ini untuk menggambarkan hubungan antara perangkat *input*, proses, penyimpanan, dan *output* pada sistem monitoring suhu dan kelembaban gudang kopi. Sensor *DHT22* berfungsi sebagai *input*, *ESP32-C6* berfungsi sebagai pusat pemrosesan, *microSD* berfungsi sebagai penyimpanan data, sedangkan *LCD 1.47 inci*, *dashboard website*, dan *Bot Telegram* berfungsi sebagai media *output* dan penyampaian informasi kepada pengelola gudang.

#### 15. *Black Box*

*Black Box Testing* merupakan metode pengujian yang berfokus pada pemeriksaan fungsionalitas perangkat lunak berdasarkan keluaran yang dihasilkan oleh sistem. (Widyasari & Yuda, 2023) menggunakan metode ini untuk menguji berbagai tombol dan fungsi pada aplikasi *mobile learning*, meliputi halaman menu, materi, *video*, tips dan trik, serta kuis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh tombol dan halaman dapat berjalan sesuai dengan fungsi yang telah dirancang tanpa ditemukan kesalahan pada aplikasi.

(Dewi & Shofa, 2023) menjelaskan bahwa *Black Box Testing* digunakan untuk mengidentifikasi kesalahan atau kekurangan sistem

serta menilai kesesuaian fungsi sistem dengan rancangan yang telah dibuat. Pengujian dilakukan terhadap fitur registrasi, *login*, penyimpanan barang, pelacakan status, pemindaian *QR Code*, dan halaman gudang yang menampilkan data suhu serta kelembapan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh skenario berhasil dijalankan sehingga alur proses pada sistem telah sesuai dengan rancangan dan dapat digunakan secara fungsional.

(Kusumah et al., 2023) menerapkan *Black Box Testing* untuk mengevaluasi fungsionalitas dan kesesuaian sistem monitoring suhu dan kelembapan dengan kebutuhan pengguna. Pengujian mencakup antarmuka pengguna, penerimaan dan penyimpanan data secara *real-time*, keakuratan data, serta kestabilan *website* monitoring. Hasil pengujian menunjukkan bahwa antarmuka bersifat responsif, *website* mampu menerima dan menyimpan data, hasil yang ditampilkan sesuai dengan data simulasi, serta sistem dapat berjalan secara stabil tanpa kendala.

Berdasarkan ketiga penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa *Black Box Testing* digunakan untuk memastikan setiap fungsi sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan dan rancangan tanpa melakukan pemeriksaan terhadap struktur kode program. Pada penelitian ini, metode tersebut digunakan untuk menguji fungsi sistem monitoring suhu dan kelembapan gudang kopi, termasuk pembacaan dan penyajian data, penyimpanan data, *dashboard website*, serta

notifikasi Telegram. Keberhasilan pengujian ditentukan berdasarkan kesesuaian antara hasil yang diharapkan dan hasil aktual pada setiap skenario pengujian.

## **B. Kajian Empiris**

Penelitian yang dilakukan oleh (Alfaridzi & Musri, 2023) membahas *monitoring* suhu dan kelembaban ruangan penyimpanan kopi Liberika di Kepulauan Meranti menggunakan sensor *DHT22*. Penelitian tersebut menggunakan teknologi *IoT* dengan NodeMCU ESP8266 sebagai *microcontroller*, sensor *DHT22* sebagai pembaca suhu dan kelembaban, *database* sebagai media penyimpanan data, serta *website* sebagai media pemantauan. Sistem yang dibuat dapat menampilkan kondisi suhu dan kelembaban ruang penyimpanan kopi sehingga pengguna dapat mengetahui keadaan ruangan secara lebih mudah.

Penelitian tersebut menjadi rujukan utama karena memiliki kesamaan objek, yaitu ruang penyimpanan kopi, serta memiliki kesamaan parameter yang dipantau, yaitu suhu dan kelembaban. Selain itu, penelitian tersebut juga menggunakan sensor *DHT22* dan tampilan berbasis *website*. Perbedaan penelitian ini terletak pada *microcontroller* yang digunakan, yaitu *ESP32-C6* , serta adanya tampilan lokal menggunakan *LCD 1.47* inci dan integrasi notifikasi otomatis melalui *Bot Telegram*. Dengan demikian, penelitian ini mengembangkan konsep *monitoring* suhu dan kelembaban gudang kopi agar dapat dipantau secara lokal maupun jarak jauh.

Penelitian yang dilakukan oleh (Ngaku & Kaleka, 2024) membahas prinsip penanganan pascapanen biji kopi Arabika guna meningkatkan mutu produk di Kabupaten Ngada. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa penanganan pascapanen bertujuan menjaga hasil tanaman agar tetap dalam kondisi baik dan sesuai sebagai bahan baku pengolahan.

Penelitian tersebut menjadi rujukan utama karena memberikan dasar bahwa biji kopi memerlukan penanganan dan penyimpanan yang tepat agar mutu produk tetap terjaga. Perbedaan penelitian ini adalah penelitian Ngaku dan Kaleka lebih berfokus pada prinsip pascapanen kopi Arabika, sedangkan penelitian ini berfokus pada perancangan sistem *monitoring* suhu dan kelembaban gudang kopi berbasis *IoT*. Dengan demikian, penelitian ini menerapkan teknologi untuk membantu proses pemantauan kondisi penyimpanan kopi setelah tahap pascapanen.

Penelitian yang dilakukan oleh (Pane et al., 2022) membahas peran teknologi penyimpanan biji kopi dalam meningkatkan ketahanan industri kopi pasca pandemi Covid-19. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa penyimpanan biji kopi dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kadar air, suhu, kelembaban, kebersihan gudang, metode penyimpanan, serta risiko pertumbuhan jamur dan serangan serangga. Kondisi penyimpanan yang tidak sesuai dapat menyebabkan penurunan kualitas biji kopi selama masa simpan.

Penelitian tersebut menjadi rujukan utama karena memberikan dasar teoritis mengenai pentingnya menjaga kondisi lingkungan gudang kopi.

Perbedaan penelitian ini adalah (Pane et al., 2022) membahas teknologi penyimpanan kopi secara umum, sedangkan penelitian ini mengembangkan sistem berbasis *IoT* untuk memantau suhu dan kelembaban gudang kopi secara *real-time*. Dengan demikian, penelitian ini berupaya memberikan solusi pemantauan yang lebih praktis dan terukur terhadap kondisi lingkungan gudang kopi.

Penelitian yang dilakukan oleh (Puspasari et al., 2020) membahas analisis akurasi sistem sensor *DHT22* berbasis Arduino terhadap *thermohygrometer* standar. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor *DHT22* dalam membaca suhu dan kelembaban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor *DHT22* memiliki tingkat kesalahan yang masih dapat diterima, yaitu rata-rata kesalahan kelembaban sebesar 2,99% dan suhu sebesar -2,31%.

Penelitian tersebut menjadi rujukan utama karena sensor *DHT22* digunakan sebagai komponen utama dalam sistem yang dirancang. Perbedaan penelitian ini adalah Puspasari et al. berfokus pada pengujian akurasi sensor, sedangkan penelitian ini menerapkan sensor *DHT22* dalam sistem *monitoring* gudang kopi berbasis *IoT*. Dengan demikian, hasil penelitian tersebut digunakan sebagai dasar bahwa *DHT22* layak digunakan untuk membaca suhu dan kelembaban pada sistem yang dikembangkan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Saepudin, 2022) membahas teknologi *IoT* dalam proses *monitoring* suhu dan kelembaban di gudang

penyimpanan bahan kulit. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem *IoT* dapat digunakan untuk membaca data suhu dan kelembaban, mengirimkan data secara *real-time*, menyimpan data *historis*, serta menampilkan data melalui *dashboard*. Sistem tersebut juga membantu pengguna dalam melakukan pemantauan gudang secara jarak jauh.

Penelitian tersebut menjadi rujukan utama karena memiliki kesamaan konsep, yaitu pemantauan suhu dan kelembaban pada ruang penyimpanan berbasis *IoT*. Perbedaannya terletak pada objek penelitian, yaitu gudang bahan kulit, sedangkan penelitian ini diterapkan pada gudang kopi. Dengan demikian, penelitian Saepudin menjadi acuan dalam memahami alur pengiriman data sensor, penyimpanan data, dan tampilan *dashboard* pada sistem *monitoring* berbasis *IoT*.

Penelitian yang dilakukan oleh (Buchori & Mufti, 2024) membahas perancangan sistem pemantauan suhu dan kelembaban pada gudang berbasis *IoT* menggunakan sensor *DHT11*. Penelitian tersebut menggunakan *WeMos D1* sebagai *microcontroller*, sensor *DHT11* sebagai pembaca suhu dan kelembaban, *LCD* sebagai tampilan lokal, *website monitoring* sebagai media pemantauan, serta Telegram sebagai media notifikasi. Hasil pengujian menunjukkan adanya waktu tunda 1 sampai 2 detik dalam pengiriman data sensor ke *web server* dan 2 sampai 3 detik dalam pengiriman notifikasi Telegram.

Penelitian tersebut menjadi rujukan utama karena memiliki kesamaan fitur dengan penelitian ini, yaitu pemantauan suhu dan

kelembaban gudang, tampilan data melalui *website*, serta notifikasi menggunakan Telegram. Perbedaan penelitian ini terletak pada penggunaan sensor *DHT22*, *microcontroller ESP32-C6* , serta objek penelitian berupa gudang kopi. Dengan demikian, penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan gudang dengan fokus pada kualitas penyimpanan biji kopi.

Penelitian yang dilakukan oleh (Santosa et al., 2023) membahas sistem *monitoring* suhu dan kelembaban berbasis *IoT* pada gudang penyimpanan PT Sakafarma Laboratories. Penelitian tersebut dilatarbelakangi oleh proses pemantauan gudang yang masih dilakukan secara konvensional, sehingga berisiko menimbulkan keterlambatan pencatatan dan kurangnya akurasi data. Sistem yang dikembangkan menggunakan perangkat *IoT* untuk membantu pengguna memantau suhu dan kelembaban gudang secara *real-time*.

Penelitian tersebut menjadi rujukan utama karena memiliki kesamaan permasalahan, yaitu perubahan proses pemantauan manual menjadi sistem *monitoring* otomatis berbasis *IoT*. Perbedaannya adalah penelitian Santosa et al. diterapkan pada gudang farmasi, sedangkan penelitian ini diterapkan pada gudang kopi. Dengan demikian, penelitian ini mengambil konsep pemantauan otomatis sebagai dasar untuk membantu pengelola gudang kopi mengetahui kondisi suhu dan kelembaban secara lebih cepat.

Penelitian yang dilakukan oleh (Fajarullah & Sugeng, 2021) membahas implementasi sistem *monitoring* suhu dan kelembapan ruangan penyimpanan obat berbasis *IoT* di Puskesmas Kecamatan Taman Sari Jakarta Barat. Penelitian tersebut menggunakan *WeMos D1 ESP8266 WiFi*, sensor *DHT11*, sensor pintu *MC-38*, *LCD*, *WiFi router*, *smartphone*, dan aplikasi Blynk. Sistem tersebut memungkinkan petugas melakukan pemantauan suhu dan kelembapan ruang penyimpanan obat dari jarak jauh melalui jaringan internet.

Penelitian tersebut menjadi rujukan utama karena menunjukkan bahwa sistem *IoT* dapat digunakan untuk memantau suhu dan kelembapan pada ruang penyimpanan yang membutuhkan kondisi lingkungan tertentu. Perbedaan penelitian ini terletak pada objek dan *platform* yang digunakan. Akbar dan Sugeng menggunakan aplikasi *Blynk* pada ruang penyimpanan obat, sedangkan penelitian ini menggunakan *dashboard website* dan *Bot Telegram* pada gudang kopi. Dengan demikian, penelitian tersebut mendukung penerapan *IoT* untuk pemantauan ruang penyimpanan secara jarak jauh.

Penelitian yang dilakukan oleh (Santoso & Suharjo, 2024) membahas rancang bangun sistem *monitoring* keamanan, suhu, dan kelembapan gudang beras menggunakan *Bot Telegram* berbasis *IoT*. Penelitian tersebut menggunakan Telegram sebagai media pemberitahuan dan pemantauan jarak jauh. Sistem yang dikembangkan dapat membantu

pengguna mengetahui kondisi gudang melalui notifikasi yang dikirimkan secara otomatis.

Penelitian tersebut menjadi rujukan utama karena memiliki kesamaan pada konsep pemantauan gudang, pengukuran suhu dan kelembaban, serta penggunaan *Bot Telegram* sebagai media notifikasi. Perbedaannya adalah penelitian Santoso dan Suharjo diterapkan pada gudang beras dan dilengkapi aspek keamanan, sedangkan penelitian ini berfokus pada gudang kopi dengan parameter suhu dan kelembaban. Dengan demikian, penelitian ini mengadopsi konsep notifikasi Telegram untuk memberikan peringatan dini ketika kondisi gudang kopi berada di luar batas aman.

Penelitian yang dilakukan oleh (Simon et al., 2026) membahas sistem *monitoring* suhu dan kelembaban berbasis *IoT* pada ruang fermentasi adonan roti . Penelitian tersebut menggunakan sistem *IoT* untuk memantau kondisi suhu dan kelembaban pada proses produksi pangan. Sistem yang dirancang dapat membantu pengguna mengetahui kondisi lingkungan secara *real-time* agar proses fermentasi dapat berlangsung lebih terkontrol.

Penelitian tersebut menjadi rujukan utama karena menunjukkan bahwa pemantauan suhu dan kelembaban berbasis *IoT* dapat diterapkan pada produk pangan yang sensitif terhadap kondisi lingkungan. Perbedaannya, penelitian Simon et al. diterapkan pada ruang fermentasi roti, sedangkan penelitian ini diterapkan pada gudang penyimpanan kopi.

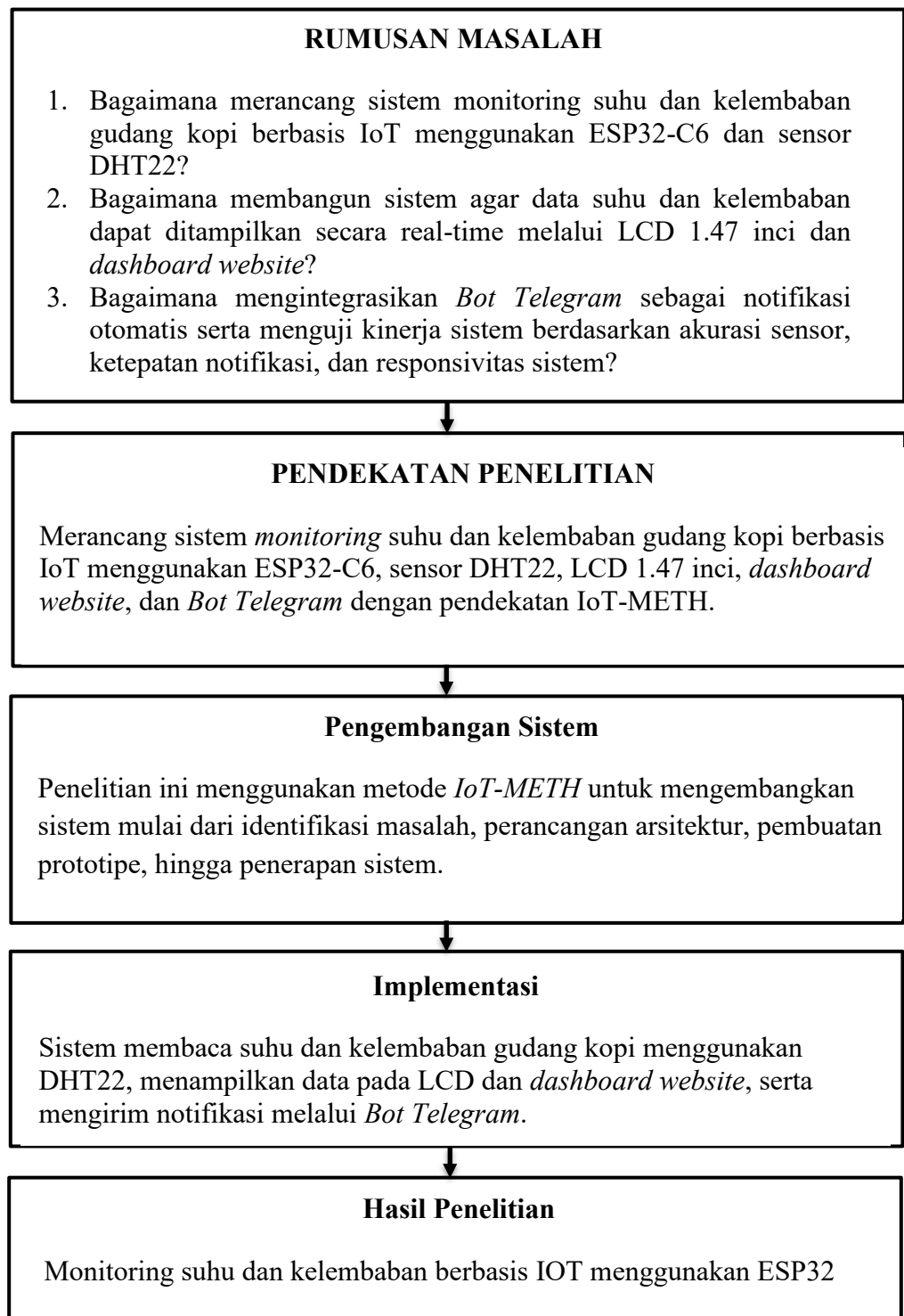
Dengan demikian, penelitian tersebut mendukung pemanfaatan *IoT* untuk menjaga kestabilan parameter lingkungan pada produk pangan.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem *monitoring* suhu dan kelembaban berbasis *IoT* telah banyak diterapkan pada berbagai ruang penyimpanan, seperti ruang penyimpanan kopi, gudang ritel, gudang bahan kulit, gudang farmasi, ruang penyimpanan obat, gudang beras, dan ruang produksi pangan. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa *IoT* mampu membantu proses pemantauan jarak jauh, pencatatan data otomatis, tampilan *dashboard*, serta pengiriman notifikasi ketika kondisi lingkungan tidak sesuai dengan batas yang ditentukan.

Namun, penelitian terdahulu masih memiliki perbedaan pada objek, perangkat, dan fitur yang digunakan. Beberapa penelitian menggunakan *NodeMCU ESP8266*, *WeMos D1*, *DHT11*, *Blynk*, *Firebase*, atau platform *IoT* tertentu. Sementara itu, penelitian ini berfokus pada gudang kopi dengan menggunakan *ESP32-C6*, sensor *DHT22*, *LCD 1.47 inci*, *dashboard website*, dan *Bot Telegram*. Dengan demikian, penelitian ini menggabungkan pemantauan lokal dan jarak jauh dalam satu sistem untuk membantu pengelola gudang kopi memantau suhu dan kelembaban secara *real-time* serta memperoleh peringatan otomatis ketika kondisi gudang melebihi batas yang telah ditentukan.

### C. Kerangka Berpikir

Berdasarkan latar belakang dan kajian teori diatas maka kerangka berfikir penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Kerangka Berpikir