

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian modern menghadapi tantangan besar dalam konteks pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya pada tujuan *Zero Hunger, Industry, Innovation, and Infrastructure*, dan *Climate Action*. Masalah ketahanan pangan global semakin diperparah oleh perubahan iklim, keterbatasan sumber daya, serta ketidakpastian cuaca yang berdampak pada produktivitas pertanian. Situasi ini menunjukkan bahwa sektor pertanian membutuhkan strategi baru yang mampu meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga keberlanjutan, agar tetap adaptif terhadap tantangan iklim, sumber daya, dan permasalahan global.

Dalam lingkup pertanian hortikultura yang berskala kecil, salah satu masalah utama adalah pengelolaan rumah kaca yang masih bersifat manual dan sangat rentan terhadap faktor eksternal seperti perubahan cuaca, serangan hama, serta keterbatasan tenaga kerja. Situasi ini menunjukkan bahwa sektor pertanian membutuhkan strategi baru yang mampu meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga keberlanjutan, agar tetap adaptif terhadap tantangan iklim, sumber daya, dan dinamika global. Inovasi teknologi digital, khususnya *Internet of Things* (IoT) dan Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*), semakin dilihat sebagai solusi penting dalam menciptakan sistem pertanian cerdas (*Smart Farming*) yang mampu mendukung keberlanjutan dan efisiensi [1], [2], [3]. Teknologi *smart greenhouse* berbasis IoT dengan menggunakan mikrokontroler seperti ESP32 dapat menjadi solusi yang efisien. ESP32 memiliki keunggulan karena hemat energi, biaya rendah, serta kompatibel dengan berbagai sensor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan tegangan. ESP32 juga mendukung dua mode operasional, yang pertama akses lokal, di mana ESP32 dapat berfungsi sebagai hotspot Wi-Fi sehingga pengguna tetap bisa terhubung langsung ke *board* untuk melihat data sensor aktual meskipun tanpa koneksi internet. Dan yang kedua *sinkronisasi cloud*, di mana data akan dikirim ke server saat koneksi tersedia, sehingga sistem dapat diakses dan dikontrol secara jarak jauh. Dengan pendekatan ini, sistem monitoring dan kontrol rumah kaca tetap adaptif baik dalam kondisi *offline* maupun *online* [1], [2], [3]. Selain itu, penelitian terbaru menunjukkan pemanfaatan *Generative AI* untuk memantau nutrisi hidroponik dengan integrasi ESP32 dan aplikasi mobile, yang dapat berjalan baik secara *online* maupun *offline* [4].

Demikian juga, model *cyber physical agent* telah diusulkan untuk manajemen rumah kaca hortikultura skala kecil, menggunakan ESP32, dengan antarmuka Preact, dan integrasi cloud [5]. Temuan ini memperkuat urgensi pengembangan solusi antarmuka ringan berbasis ESP32 yang mendukung akses lokal maupun cloud, serta terintegrasi dengan AI untuk mendukung pengambilan keputusan petani.

Sejumlah penelitian telah mengembangkan sistem monitoring tanaman berbasis IoT yang terhubung dengan cloud dan dilengkapi teknologi AI untuk memberikan rekomendasi berbasis *Decision Support System* (DSS). Misalnya, integrasi chatbot untuk interaksi pengguna dengan sistem monitoring tanaman [6], penggunaan digital *twin* untuk mendukung pengambilan keputusan secara *realtime* [7], serta model AI yang dioptimalkan untuk perangkat IoT dengan keterbatasan daya komputasi [8]. Beberapa studi juga menunjukkan potensi besar integrasi IoT dengan AI dalam mendeteksi ancaman dan mengoptimalkan keamanan sistem pertanian berbasis cloud [9]. Penelitian oleh Hakimi et al. [4] menunjukkan bagaimana *Generative AI* dapat dimanfaatkan untuk real time monitoring hidroponik dengan ESP32, sementara Suranata et al. [5] menekankan pentingnya desain sistem modular berbasis agen yang mampu diadaptasikan untuk *greenhouse* kecil. Integrasi pendekatan-pendekatan ini memberikan gambaran bahwa solusi berbasis ESP32, cloud, dan AI dapat menjadi kerangka inovatif untuk rumah kaca berkelanjutan.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan antarmuka pengguna berbasis Preact dan Pico CSS yang diintegrasikan langsung ke dalam sistem ESP32 dan didukung oleh bantuan AI untuk memberikan rekomendasi. Sistem akan diuji pada rumah kaca hortikultura skala kecil. Untuk memastikan keberfungsiannya, penelitian ini menggunakan pendekatan *black box testing* pada aspek fungsionalitas, serta *usability testing* pada antarmuka pengguna. Hasil penelitian diharapkan dapat menghasilkan purwarupa rumah kaca yang dapat diakses secara lokal maupun melalui *cloud*, serta dilengkapi dengan umpan balik deskriptif dan *enhanced decision support system* berbasis AI. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi kontribusi dalam mendukung pencapaian SDGs pada bidang pertanian berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan ulasan pada bagian latar belakang, maka pada penelitian ini dapat dirumuskan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain dan arsitektur antarmuka *embedded web* untuk sistem monitoring dan kontrol rumah kaca hortikultura berskala kecil dengan dukungan *decision support system* berbasis *Generative AI*?
2. Bagaimana implementasi dan kinerja antarmuka *embedded web* untuk sistem monitoring dan kontrol rumah kaca hortikultura berskala kecil dengan dukungan *decision support system* berbasis *Generative AI*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini yang terkait dengan permasalahan pada latar belakang penelitian yaitu:

1. Merancang desain dan arsitektur antarmuka *embedded web* berbasis Preact dan Pico CSS untuk sistem monitoring dan kontrol rumah kaca hortikultura skala kecil dengan integrasi *decision support system* berbasis *Generative AI*.
2. Mengimplementasikan dan mengevaluasi kinerja antarmuka *embedded web* dalam mendukung monitoring dan kontrol rumah kaca hortikultura skala kecil, serta menilai efektivitas integrasi *Generative AI* dalam memberikan *descriptive feedback* dan rekomendasi keputusan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat utama dari penelitian ini yang terkait dengan permasalahan pada latar belakang penelitian yaitu:

1. Memberikan solusi monitoring dan kontrol rumah kaca yang lebih terjangkau, fleksibel, dan adaptif, terutama untuk petani hortikultura skala kecil.
2. Meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya melalui sistem monitoring otomatis dan DSS berbasis AI.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan pokok permasalahan pada latar belakang penelitian, maka dapat dirumuskan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada perancangan dan implementasi antarmuka *embedded web* berbasis Preact dan PicoCSS. Fokus utama adalah pada aspek desain, arsitektur, kinerja, dan *usability* antarmuka.
2. *Decision Support System* (DSS) yang digunakan berbasis *Generative AI* dengan pendekatan *prompt* sederhana untuk menghasilkan *descriptive feedback*.

3. Data yang digunakan pada antarmuka berupa data sensor dari instrumen rumah kaca, namun penelitian tidak membahas detail perancangan perangkat keras sensor.
4. Lingkup penelitian dibatasi pada rumah kaca hortikultura berskala kecil.