

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*) menjadi agenda global yang menuntut kontribusi dari berbagai sektor, termasuk bidang teknologi dan pertanian. Salah satu poin dalam SDGs adalah poin dua yang memiliki fokus untuk mengakhiri kelaparan, mencapai ketahanan pangan dan gizi yang baik, serta mempromosikan pertanian berkelanjutan [1]. Dalam konteks urbanisasi yang terus meningkat, kebutuhan akan metode pertanian inovatif yang efisien dan ramah lingkungan semakin mendesak [2], [3]. Selain itu, isu keamanan dan kebersihan pangan turut mendorong pengembangan sistem budidaya yang lebih higienis dan terkendali, terutama untuk produk hortikultura seperti sayuran daun [4], [5], [6].

Salah satu metode pertanian modern yang berkembang pesat adalah hidroponik, yakni teknik budidaya tanaman tanpa tanah, melainkan menggunakan air yang diperkaya dengan nutrisi terlarut [7]. Hidroponik tidak hanya menawarkan efisiensi dalam penggunaan lahan dan air, tetapi juga memberikan hasil yang lebih higienis karena tanaman tidak bersentuhan langsung dengan tanah yang lebih berpotensi tercemar dibandingkan dengan air dengan kondisi terjaga dalam kemasan [8], [9]. Hal ini menjadikan hidroponik sebagai solusi ideal untuk pertanian perkotaan (*urban farming*), terutama dalam ruang tertutup (*indoor*), di mana faktor-faktor lingkungan dapat dikendalikan dengan lebih presisi dibandingkan dengan hidroponik di ruang terbuka (*outdoor*) yang memiliki kemungkinan untuk terkena air hujan sehingga kandungan dalam air nutrisi seperti TDS dan pH berubah secara tidak terkendali [10].

Meskipun demikian, pengelolaan sistem hidroponik secara manual masih menghadapi berbagai tantangan. Proses pemantauan terhadap parameter lingkungan seperti pH larutan nutrisi, suhu air dan udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, serta tingkat total zat terlarut dalam air (*Total Dissolved Solids/TDS*) membutuhkan waktu, ketelitian, dan konsistensi yang tinggi [11]. Ketidaktepatan dalam pengukuran atau keterlambatan dalam merespons perubahan kondisi dapat berdampak signifikan terhadap kesehatan tanaman dan hasil panen [12], [13]. Dalam skala kecil sekalipun, kegiatan ini dapat menjadi beban tambahan bagi pelaku hidroponik yang memiliki keterbatasan waktu dan sumber daya.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan solusi teknologi yang mampu mengotomatiskan proses pemantauan lingkungan secara *real-time* dan menyajikan data secara informatif kepada pengguna [14], [15]. Pendekatan berbasis *Internet of*

Things (IoT) menjadi salah satu opsi yang efektif, di mana sensor-sensor terhubung dengan sistem *microcontroller* yang dapat mengumpulkan data secara berkala, kemudian dikirimkan ke platform berbasis *cloud* yang dapat diakses melalui aplikasi web. Dengan sistem *monitoring* seperti ini, pelaku hidroponik dapat mengawasi kondisi lingkungan tanaman tanpa harus mengunjungi lokasi hidroponik, serta melakukan penyesuaian jika diperlukan tanpa keterlibatan langsung secara fisik [16], [17].

Sebagai bagian dari riset yang dilakukan di *Center of Excellence* (CoE) GreenTech Universitas Telkom, sebuah rak hidroponik *indoor* yang belum dilengkapi dengan teknologi pemantauan menjadi objek pengembangan sistem *monitoring* berbasis IoT dan web. Berdasarkan kebutuhan tersebut, dirancang dan dikembangkan sebuah sistem bernama SIMPONI (Sistem *Monitoring* Hidroponik *Indoor*), yang bertujuan untuk menyediakan informasi parameter lingkungan tanaman secara akurat dan terpusat. SIMPONI tidak hanya dirancang untuk mengumpulkan data secara efisien, namun juga disusun dengan arsitektur yang terbuka untuk pengembangan lebih lanjut, termasuk penerapan ML guna meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem hidroponik secara keseluruhan [18].

1.2 Rumusan Masalah dan Solusi

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

1. Bagaimana membangun sistem *monitoring* berbasis IoT yang mampu merekam data lingkungan hidroponik secara otomatis?
2. Bagaimana menyajikan data hasil *monitoring* tersebut dalam platform web yang mudah diakses oleh pengguna?
3. Bagaimana sistem dapat disiapkan sebagai dasar pengembangan fitur kecerdasan buatan untuk optimalisasi pertumbuhan tanaman?

Solusi yang ditawarkan adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan *microcontroller* ESP32-S3 UNO (dapat bekerja dengan tegangan 3.3V dan 5V, serta mendukung WiFi) dan beberapa sensor (pH, TDS, suhu air, suhu udara, kelembapan, intensitas cahaya, dan ketinggian air) untuk membaca parameter lingkungan.
2. Mengintegrasikan IoT dengan platform *cloud database* (Firebase) serta membangun *website* berbasis Next.js untuk menampilkan data pemantauan secara *real-time*.
3. Mengimplementasikan model Machine Learning menggunakan data hasil panen, guna mengevaluasi potensi pemanfaatan data sensor dalam proses prediksi dan klasifikasi kualitas hasil tanaman sebagai landasan pengembangan fitur AI di masa mendatang.

1.3 Tujuan

Berdasarkan pada rumusan masalah yang ditemukan, maka ada beberapa tujuan yang harus dicapai sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem *monitoring* hidroponik berbasis IoT yang dapat membaca dan mencatat parameter (pH, TDS, suhu air, suhu udara dan kelembapan, ketinggian air, dan intensitas cahaya) secara *real-time*.
2. Mengembangkan antarmuka berbasis web untuk menampilkan data hasil *monitoring* agar mudah dipahami oleh pengguna.
3. Menginisiasi infrastruktur sistem yang dapat dikembangkan di masa depan, seperti kontrol otomatis dan integrasi *Machine learning* untuk menjaga kondisi optimal pertumbuhan tanaman.

1.4 Batasan Masalah

Agar proyek dapat selesai dalam waktu dan sumber daya yang tersedia, maka ditentukan batasan-batasan dari ruang lingkup pekerjaan sebagai berikut:

1. Sistem hanya berfungsi untuk memantau parameter lingkungan, belum mencakup kontrol otomatis terhadap pompa atau penambahan nutrisi dan air.
2. Fitur AI/ML seperti pemilihan jenis tanaman otomatis dan penentuan parameter optimal, belum diimplementasikan karena data historis masih dalam tahap pengumpulan.
3. Sistem dibangun untuk penggunaan *indoor* dan skala kecil (rak hidroponik), tidak untuk skala komersial atau *outdoor*.

1.5 Penjadwalan Kerja

Untuk mencapai hasil yang optimal dalam pengerjaan proyek sesuai dengan waktu dan sumber daya yang tersedia, maka disusun perencanaan kegiatan atau pekerjaan sebagai berikut.

Tabel 1.1 Jadwal Pelaksanaan Kerja

No	Deskripsi Kerja	Agustus				September				Oktober				November			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi literatur dan pengumpulan referensi terkait IoT, hidroponik, dan AI.																
2	Identifikasi kebutuhan sistem dan penyusunan																

	daftar parameter yang di-monitoring.																		
3	Perancangan arsitektur sistem IoT dan skema alur data.																		
4	Pemilihan dan pengujian awal sensor.																		
5	Perancangan dan perakitan <i>hardware</i> menggunakan ESP32-S3 UNO dan sensor terkait.																		
		November				Desember				Januari				Februari					
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
6	Perancangan dan perakitan <i>hardware</i> menggunakan ESP32-S3 UNO dan sensor terkait.																		
7	Implementasi sistem pembacaan sensor dan kalibrasi awal.																		
8	Integrasi ESP32 dengan Firebase untuk penyimpanan dan sinkronisasi data.																		
9	Pengembangan antarmuka web menggunakan Next.js.																		
		Maret				April				Mei				Juni					
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
10	Pengujian sistem secara menyeluruh (IoT dan web).																		
11	Revisi sistem berdasarkan hasil uji coba dan masukan pembimbing.																		
12	Pembuatan modul penggunaan SIMPONI.																		