

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi pada era Industri 4.0 telah mendorong transformasi digital di berbagai sektor konvensional, tidak terkecuali sektor pertanian [1]. Salah satu bentuk nyata dari transformasi ini adalah berkembangnya konsep *Smart Farming*, yaitu sebuah pendekatan pertanian modern yang mengintegrasikan arsitektur *Internet of Things* (IoT), sistem komunikasi data terdistribusi, dan *cloud computation* untuk mendukung proses pengambilan keputusan yang berbasis data (*data-driven decision making*) [2]. Melalui penerapan ekosistem IoT, parameter fisik lingkungan dan kondisi vital budidaya tanaman dapat diakuisisi secara akurat, *real-time*, dan berkelanjutan [3]. Hal ini tidak hanya mengoptimalkan efisiensi operasional dan meminimalkan risiko kegagalan panen, tetapi juga membuka peluang besar bagi standardisasi riset agronomi berbasis pemodelan data kuantitatif [1].

Sejalan dengan urgensi teknologi tersebut, Fakultas Teknik dan Informatika (FTI) Universitas Multimedia Nusantara (UMN) menginisiasi pembangunan Smart Farming Lab sebagai sarana infrastruktur pembelajaran, pengujian, dan fasilitas riset. Pada kondisi *existing* saat ini, laboratorium telah dilengkapi dengan fasilitas rak tanam hidroponik berbasis *Nutrient Film Technique* (NFT), namun belum terintegrasi dengan *monitoring system* apa pun. Tujuan akhir (*end goal*) dari laboratorium ini adalah menciptakan *closed-loop automation system* yang sepenuhnya mandiri. Walau demikian, sebelum kapabilitas otonom tersebut dapat dicapai, tahap krusial pertama yang harus direalisasikan adalah membangun *core system* berupa sistem pemantauan. Infrastruktur fundamental ini diperlukan untuk menangani seluruh *data pipeline*, mulai dari proses akuisisi data sensor di level lapangan, transmisi jaringan yang stabil, pengkondisian sinyal di *edge device*, hingga manajemen penyimpanan data terpusat yang aman.

Dalam upaya merealisasikan infrastruktur dasar tersebut, kegiatan kerja magang difokuskan pada perancangan dan implementasi komponen utama sistem pemantauan yang mencakup lima tahapan kerja. Tahap pertama dimulai dengan perancangan *circuit* integrasi sensor hidroponik guna menghubungkan sensor pH, TDS, suhu air secara fisik ke mikrokontroler. Tahap kedua berfokus pada pengembangan *firmware* untuk akuisisi data sensor yang stabil, meliputi proses pengambilan sampel (*sampling*), penyaringan (*filtering*), dan penyesuaian nilai bacaan sensor (*adjustment*). Tahap ketiga melibatkan perancangan protokol komunikasi data dua arah yang berbasis MQTT untuk mengirimkan data telemetri ke server lokal. Tahap keempat adalah pembangunan aplikasi *backend* serta visualisasi *dashboard monitoring* guna menyajikan metrik kondisi hidroponik secara *real-time* kepada pengguna. Seluruh rangkaian proses ini kemudian ditutup dengan penyusunan dokumentasi teknis sebagai panduan operasional serta *blueprint* bagi pengembangan laboratorium di masa mendatang.

Pembangunan *monitoring system* pada fasilitas NFT ini merupakan hal yang krusial, mengingat metode NFT sangat bergantung pada aliran larutan nutrisi yang kontinu sehingga mengharuskan akuisisi parameter lingkungan secara *real time* [5]. Integrasi pemantauan lingkungan berbasis *Internet of Things* (IoT) terbukti secara empiris mampu mengelola parameter esensial seperti kadar pH, *Total Dissolved Solids* (TDS) atau *Electrical Conductivity* (EC), dan suhu secara presisi, yang berdampak langsung pada peningkatan kualitas serta optimalisasi tanaman [4], [6]. Lebih lanjut, implementasi *core system* berbasis IoT ini akan menyelesaikan permasalahan ketiadaan data historis, di mana kapabilitas pencatatan data *time-series* yang kontinu sangat krusial untuk mencegah anomali operasional dan memastikan keandalan sistem [5]. Ketersediaan basis data yang komprehensif dan tervalidasi dari sistem pemantauan ini nantinya akan menjadi prasyarat sebelum laboratorium dapat mengimplementasikan *Machine Learning*, *Computer Vision*, *Robot* tingkat lanjut di masa mendatang guna merealisasikan visi *closed loop system* yang utuh [4], [6].

Salah satu pilar krusial dalam operasional laboratorium ini adalah tersedianya sistem monitoring hidroponik yang mampu menyajikan data telemetri secara berkelanjutan tanpa adanya jeda atau kehilangan paket data (*packet loss*). Ketersediaan data parameter air (seperti pH, TDS, dan suhu) serta parameter lingkungan secara *real-time* menjadi prasyarat mutlak untuk mendukung fungsionalitas otomatisasi di masa mendatang [4], [6]. Selain itu, aspek krusial lainnya adalah kompleksitas karakteristik sensor kimiawi yang rentan terhadap gangguan *noise* dan pergeseran nilai baca (*sensor drift*). Oleh karena itu, diperlukan perancangan *firmware* (*embedded software*) pada mikrokontroler untuk melakukan penyaringan data, serta arsitektur komunikasi dua arah yang mampu menjembatani antara server dan perangkat keras di lapangan.

Untuk menjawab kebutuhan tersebut, inisiasi proyek *Smart Farming Lab IoT Monitoring System Phase 1* yang berfokus pada pembangunan arsitektur dasar dari ekosistem pemantauan hidroponik berbasis *Nutrient Film Technique* (NFT) terintegrasi di FTI UMN [4], [5]. Ruang lingkup proyek fase pertama ini difokuskan pada dua komponen utama, standardisasi *edge device* melalui *firmware* mikrokontroler dan penyusunan infrastruktur konektivitas serta komunikasi. Perancangan ini melibatkan implementasi protokol MQTT sebagai jalur komunikasi data yang ringan, aman, dan efisien berbasis arsitektur IoT yang andal, serta pengembangan sistem manajemen database untuk menampung seluruh log data telemetri sensor [5].

Dalam pelaksanaan proyek strategis ini, penulis, bersama rekan magang, melaksanakan kegiatan kerja magang dengan mengemban tanggung jawab penuh pada posisi *Embedded Firmware & Backend Engineer*. Batasan tugas dan tanggung jawab yang diberikan kepada penulis mencakup perancangan arsitektur logika *firmware* berbasis menggunakan bahasa C/C++ pada mikrokontroler ESP32 [7], implementasi algoritma *filtering* (*Trimmed Mean Filter* dan *Moving Average*), pengelolaan sistem manajemen memori *non-volatile* untuk penyimpanan parameter kalibrasi perangkat, serta perancangan alur komunikasi data dua arah memanfaatkan *broker* MQTT. Melalui kontribusi ini, penulis secara

langsung membangun fondasi komputasi dan konektivitas yang stabil bagi perangkat *Hydroponic Rack Monitoring*. Selain itu, keterlibatan dalam proyek riil ini memberikan kesempatan bagi penulis untuk mengimplementasikan dan menguji secara mendalam kompetensi teoritis yang telah diperoleh selama perkuliahan pada Program Studi Teknik Komputer—khususnya dalam bidang *embedded systems*, jaringan komputer, dan *pervasive computing*—pada platform operasional yang digunakan langsung di lingkungan Universitas Multimedia Nusantara.

1.2. Maksud dan Tujuan Kerja Magang

Pelaksanaan kerja magang pada proyek *Smart Farming Lab IoT Monitoring System Phase 1* memiliki maksud dan tujuan yang terstruktur, baik dalam pemenuhan kewajiban akademis maupun pengembangan kompetensi profesional sebagai *Embedded Firmware & Backend Engineer* di bidang Teknik Komputer.

Maksud utama dari pelaksanaan kerja magang ini adalah sebagai berikut:

1. **Pemenuhan Syarat Akademis:** Memenuhi persyaratan mata kuliah *Internship* (PRO-STEP) dalam kurikulum Program Studi Teknik Komputer Universitas Multimedia Nusantara, sekaligus mengimplementasikan keilmuan fungsional mengenai sistem tertanam (*embedded systems*), arsitektur *backend*, dan jaringan komputer pada proyek nyata di lapangan.
2. **Pengembangan Pengalaman dan Pemahaman Jaringan IoT End-to-End:** Memperoleh pengalaman kerja praktis dalam mengintegrasikan perangkat keras dengan sistem perangkat lunak, serta mendalami proses perancangan, pengujian, dan manajemen seluruh *data pipeline* IoT secara utuh dari tingkat *edge computing* hingga ke lapisan server.

Adapun tujuan spesifik yang ingin dicapai selama pelaksanaan kerja magang pada proyek *Smart Farming Lab IoT Monitoring System Phase 1* adalah sebagai berikut:

1. **Pengembangan *Firmware* Akuisisi Data:** Merancang kode program (*firmware*) yang stabil pada mikrokontroler untuk menangani proses *sampling*, penyaringan derau (*filtering*), dan otomatisasi kompensasi nilai sensor hidroponik secara *real-time*.
2. **Penyusunan Arsitektur Konektivitas dan Orkestrasi *Backend*:** Membangun jalur komunikasi data dua arah yang andal memanfaatkan *message broker* MQTT serta mengintegrasikan orkestrasi layanan *backend* yang terisolasi dengan aman di dalam lingkungan kontainer.
3. **Penyediaan Infrastruktur Riset:** Menghasilkan fondasi infrastruktur pemantauan IoT yang *robust* untuk mendukung kegiatan pembelajaran dan riset jangka panjang di lingkungan FTI UMN, serta mendokumentasikan seluruh hasil implementasi teknis tersebut ke dalam bentuk laporan kerja magang.

1.3. Waktu dan Prosedur Pelaksanaan Kerja Magang

Kegiatan kerja magang ini dilaksanakan pada Semester Genap Tahun Akademik 2025/2026 dalam kerangka proyek strategis *Smart Farming Lab IoT Monitoring System Phase 1* di bawah naungan Fakultas Teknik dan Informatika UMN. Berdasarkan ketentuan resmi yang tercantum dalam *Letter of Acceptance* (LoA), periode pelaksanaan magang berlangsung selama 16 minggu, terhitung mulai tanggal 23 Februari 2026 hingga 12 Juni 2026. Struktur *timeline* ini dirancang secara sistematis guna memenuhi standarisasi capaian pembelajaran dan program *Internship* (PRO-STEP) Universitas Multimedia Nusantara dengan akumulasi durasi minimum sebanyak 640 jam kerja.

Seluruh aktivitas operasional magang dilaksanakan secara *Work From Office* (WFO) di lingkungan *Smart Farming Lab*, Gedung C Lantai 5, Universitas

Multimedia Nusantara, Curug Sangereng, Kelapa Dua, Tangerang, Banten. Adapun jadwal kerja harian ditetapkan secara reguler setiap hari Senin hingga Jumat mulai pukul 08.00 hingga 17.00 WIB. Kehadiran fisik secara kontinu di laboratorium ini menjadi aspek yang sangat krusial bagi penulis selaku *Embedded Firmware & Backend Engineer*. Hal ini mempermudah proses pengujian fungsionalitas logika pemrograman langsung pada mikrokontroler, kalibrasi *hardware sensor* hidroponik, pemantauan performa jembatan komunikasi MQTT *broker*, serta validasi kontainerisasi server *backend* secara berkala.

