

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ketahanan pangan global menghadapi tantangan serius terutama akibat perubahan iklim, konflik geopolitik dan krisis energi yang berdampak pada rantai pasokan pangan global. Menurut laporan FAO tahun 2023, sekitar 2,4 miliar orang di dunia atau hampir 30% dari populasi global mengalami tingkat ketidakamanan pangan sedang hingga parah [1]. Berdasarkan laporan *Food Security and Vulnerability Atlas (FSVA)* yang disusun oleh Badan Pangan Nasional tahun 2024 berdasarkan data tahun 2023, sekitar 14,66% kabupaten dan satu kota di Indonesia tergolong rentan rawan pangan (Prioritas 1–3). Wilayah-wilayah ini umumnya berada di kawasan urban dan wilayah yang memiliki keterbatasan akses terhadap sumber daya pangan lokal, air bersih, dan layanan kesehatan [2].

Salah satu penyebab utama kondisi kerentanan ini adalah menyusutnya lahan pertanian produktif, khususnya lahan sawah yang dalam jangka panjang dapat menurunkan kapasitas produksi pangan nasional dan mengancam ketahanan pangan jika tidak dikendalikan secara berkelanjutan. Studi oleh [3] mencatat bahwa luas lahan sawah nasional hanya mencapai 7,463 juta hektare, dengan laju konversi ke sektor non-pertanian diperkirakan sebesar 90.000 hingga 110.000 hektare per tahun, jika tidak dikendalikan secara ketat dan berkelanjutan maka akan mengganggu ketahanan pangan di Indonesia.

Menanggapi situasi tersebut, dibutuhkan solusi teknologi pertanian yang efisien, berkelanjutan, dan dapat diterapkan dalam skala terbatas seperti rumah

tangga atau *urban farming*. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah sistem budidaya akuaponik, yakni integrasi antara akuakultur (budidaya ikan) dan hidroponik (sistem tanam tanpa media tanah), di mana limbah metabolik ikan digunakan sebagai nutrisi bagi tanaman, dan tanaman membantu menyaring air untuk digunakan kembali oleh ikan [4].

Penelitian oleh [5] menunjukkan bahwa sistem akuaponik mampu menghemat air hingga 90% dan ruang hingga 75% dibandingkan pertanian konvensional. Sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi air, tetapi juga mendukung pertumbuhan biomassa tanaman secara signifikan [6]. Sistem media tanam (*media based*) dinilai paling cocok untuk lingkungan tropis seperti Indonesia karena menawarkan filtrasi biologis yang lebih stabil terhadap fluktuasi lingkungan.

Salah satu kelemahan sistem akuaponik adalah ketergantungan tinggi terhadap stabilitas kualitas air, meliputi parameter seperti suhu, pH, kekeruhan, dan tinggi permukaan air. Ketidakseimbangan nilai-nilai ini dapat menyebabkan stres fisiologis pada ikan dan penurunan pertumbuhan tanaman. Penelitian oleh [7] membuktikan bahwa sistem monitoring manual yang umum digunakan selama ini tidak efisien dan sering kali terlambat dalam merespons perubahan ekstrem pada parameter air yang dapat menyebabkan gagal panen atau kematian massal ikan.

Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini mengembangkan Sistem Akuaponik Otomatis berbasis *Logika Fuzzy* dan *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32-S3 yang memiliki kemampuan Wi-Fi dan pemrosesan paralel yang tinggi untuk sistem IoT berbasis HTTP dan database

cloud. Sistem ini mengintegrasikan empat sensor utama DS18B20 (suhu air), pH sensor, turbidity sensor, dan ultrasonic sensor yang bekerja secara simultan untuk memantau kondisi air kolam secara real time. *Logika fuzzy* digunakan untuk menginterpretasikan data sensor ke dalam keputusan operasional, seperti mengaktifkan pompa penguras atau pompa pengisian air dari tandon sesuai kondisi lingkungan.

Penelitian oleh [8] telah membuktikan bahwa pengendalian pompa air menggunakan sistem *inferensi fuzzy* dapat mengoptimalkan efisiensi energi serta menjaga stabilitas kualitas air. Penggunaan *Fuzzy Inference System* (FIS) metode Mamdani dengan output berupa *duty cycle* pompa sirkulasi menjadi pendekatan yang sesuai untuk aplikasi skala mikro yang hemat daya.

Selain aspek kontrol lingkungan, pemberian pakan secara otomatis juga menjadi komponen penting dalam sistem akuaponik modern. Sistem manual rentan terhadap ketidakteraturan dan *overfeeding* yang dapat menurunkan kualitas air. Sistem pemberian pakan ikan otomatis berbasis *IoT* dapat mengatur jadwal pemberian pakan secara akurat dan efisien, sehingga meminimalkan pemborosan dan menstabilkan ekosistem air. Penambahan modul pemberian pakan otomatis dalam sistem *IoT* tidak hanya mengurangi beban kerja manusia, tetapi juga meningkatkan keberlanjutan sistem secara keseluruhan. Jadwal pemberian pakan yang konsisten penting untuk menjaga konversi pakan dan pertumbuhan ikan yang optimal [9].

Berdasarkan kajian literatur tersebut, penelitian ini dirancang untuk mengembangkan dan menguji sistem akuaponik berbasis *IoT* dan *fuzzy logic* yang

disesuaikan dengan konteks Indonesia, menggunakan tanaman selada (*Lactuca sativa*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai model sistem. Parameter yang dipantau meliputi pH, suhu air, ketinggian air kolam dan kekeruhan air kolam, dengan pengambilan keputusan otomatis menggunakan *fuzzy logic*, yang digunakan untuk menjaga kualitas air kolam dengan cara mensirkulasi air dalam kolam secara otomatis.

## 1.2 Rumusan Masalah

- Bagaimana merancang dan membangun sistem monitoring serta kontrol otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* untuk sistem akuaponik budidaya ikan nila dan tanaman selada?
- Bagaimana penerapan logika *fuzzy inference system (FIS)* dapat digunakan untuk mengendalikan pompa untuk menguras air kolam berdasarkan parameter lingkungan seperti suhu udara, pH, kekeruhan, dan ketinggian air kolam?
- Bagaimana mekanisme penyimpanan dan pengolahan data otomatis berbasis HTTP dan MySQL dapat mendukung sistem monitoring, pelaporan historis, dan memberikan notifikasi kondisi ekstrem melalui Telegram dalam sistem akuaponik berbasis IoT dan *fuzzy logic*?

## 1.3 Batasan Masalah

- Penelitian ini berfokus pada monitoring kualitas air kolam dan pengendalian pompa air pada sistem akuaponik, dengan pendekatan *logika fuzzy Mamdani* sebagai pengontrol utama.

- Sistem yang dikembangkan berupa prototype akuaponik skala kecil, dengan ukuran media kolam dan rak tanam disesuaikan pada skala miniatur untuk uji coba, yaitu  $\pm 100 \times 45 \times 60$  cm.
- Sistem ini menggunakan komunikasi berbasis *HTTP POST* untuk mengirim sensor data ke server web yang terintegrasi dengan *database MySQL*.
- Periode pengamatan dilakukan selama 1 bulan, dengan tujuan mengevaluasi performa sistem monitoring dan efektivitas kontrol *fuzzy* terhadap kualitas lingkungan tumbuh tanaman dan kondisi air kolam.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

- Merancang dan mengembangkan sistem akuaponik berbasis IoT yang mampu memantau secara real time parameter lingkungan utama seperti pH, suhu air, oksigen terlarut, dan ketinggian air kolam
- Membangun sistem integrasi web dashboard berbasis *HTTP* dan *MySQL* sebagai pusat pengelolaan data monitoring yang dapat diakses melalui domain publik dan dilengkapi dengan fitur notifikasi otomatis melalui Telegram.
- Mengevaluasi kinerja dan efektivitas sistem akuaponik berbasis IoT dan *fuzzy logic* melalui dokumentasi data monitoring yang tercatat otomatis untuk dianalisis lebih lanjut.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Secara Teoritis, Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik elektro, khususnya dalam

integrasi sistem kendali berbasis *fuzzy logic* dengan sistem monitoring IoT untuk aplikasi pertanian terpadu. Penelitian ini juga memperkaya literatur tentang pemanfaatan logika *fuzzy Mamdani* dalam pengambilan keputusan otomatis untuk pengendalian kualitas air, serta penerapan teknologi *cloud documentation*.

Secara praktis, Penelitian ini memberikan solusi nyata berupa prototipe alat monitoring dan kontrol otomatis akuaponik yang hemat energi dan ramah pengguna. Sistem ini dapat diterapkan oleh petani *urban farming* atau pelaku agribisnis mikro dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas budidaya ikan dan tanaman di lahan sempit.

## **1.6 Sistematika Penelitian**

### **BAB I PENDAHULUAN**

Menjelaskan latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat teoritis dan praktis dari penelitian, serta sistematika penulisan skripsi.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi teori-teori yang relevan dengan sistem akuaponik, teknologi *Internet of Things*, *fuzzy logic system (FIS Mamdani)*, sensor-sensor, serta tinjauan terhadap penelitian sebelumnya yang relevan sebagai landasan ilmiah.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan metode dan pendekatan penelitian yang digunakan, yaitu pendekatan kuantitatif eksperimental. Di dalamnya dijelaskan jenis dan sumber

data, metode pengumpulan data melalui sensor IoT, serta spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam sistem.

#### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menyajikan hasil implementasi sistem akuaponik berbasis IoT dan logika *fuzzy Mamdani* yang telah dikembangkan. Pembahasannya mencakup hasil pengukuran sensor, pengendalian pompa otomatis, analisis kinerja sistem dalam menjaga parameter lingkungan udara (pH, suhu, kekeruhan, dan ketinggian), serta visualisasi data secara real-time melalui dashboard web dan notifikasi Telegram.

#### **BAB V PENUTUP**

Memuat kesimpulan dari hasil penelitian, saran untuk pengembangan sistem selanjutnya, serta refleksi terhadap manfaat sistem dalam mendukung ketahanan pangan berbasis teknologi.

