

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Akuaponik merupakan sebuah inovasi dalam sistem pertanian berkelanjutan yang mengintegrasikan antara akuakultur (budidaya ikan) dan hidroponik (budidaya tanaman tanpa tanah) dalam satu siklus resirkulasi yang saling menguntungkan. Dalam proses ini, tanaman memanfaatkan unsur hara yang berasal dari kotoran ikan. Bakteri pengurai akan mengubah kotoran ikan menjadi unsur nitrogen, kemudian unsur tersebut akan dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi pada tanaman. Sistem akuaponik mereduksi amonia dengan menyerap air buangan budidaya atau air limbah dengan menggunakan akar tanaman sehingga amonia yang terserap mengalami proses oksidasi dengan bantuan oksigen dan bakteri, amonia diubah menjadi nitrat [1]. Sinergi ini tidak hanya menciptakan efisiensi penggunaan air dan nutrisi yang luar biasa, tetapi juga mengurangi dampak lingkungan secara signifikan, menjadikannya model pertanian yang sangat relevan untuk menghadapi tantangan ketahanan pangan di masa depan.

Meskipun memiliki banyak keunggulan, tingkat keberhasilan sistem akuaponik sangat bergantung pada pemeliharaan kualitas air yang kompleks dan bersifat dinamis. Dalam siklus ini, air sangat berperan penting sebagai "darah kehidupan" yang berfungsi sebagai media cair yang seluruh nutrisi makro serta mikro diangkut dari akuakultur ke komponen sistem hidroponik, sekaligus tumbuhan mendapatkan oksigen [2].

Terdapat empat parameter indikator utama yang menjadi pertimbangan dan secara langsung mempengaruhi pertumbuhan ekosistem sistem akuaponik di antaranya suhu, derajat keasaman air (pH), oksigen terlarut (DO) dan Total Padatan Terlarut (TDS). Parameter suhu memainkan peran krusial dalam mengatur metabolisme ikan, memengaruhi kelarutan oksigen dan efisiensi penyerapan unsur hara oleh akar tanaman serta menjadi syarat mutlak bagi optimalisasi aktivitas

bakteri nitrifikasi. Sejalan dengan itu, derajat keasaman (pH) memengaruhi ketersediaan nutrisi bagi tanaman, menjaga kesehatan ikan, dan memastikan proses biotransformasi limbah nitrogen berlangsung optimal.

Ketersediaan oksigen terlarut (DO) juga menjadi faktor esensial bagi pernapasan ikan untuk mencegah kematian akibat anoksia, sekaligus berperan penting dalam area perakaran tanaman guna menghindari pembusukan akar. Sementara itu, kadar TDS mencerminkan konsentrasi nutrisi dan tingkat akumulasi limbah organik yang berpotensi membahayakan ikan jika melebihi ambang batas. Oleh karena itu, pada parameter-parameter tersebut dapat memicu stres fisiologis pada organisme, menghambat siklus nutrisi dan berujung pada kegagalan ekosistem akuaponik secara keseluruhan [3].

Masalah utama yang sering dihadapi oleh para pembudidaya adalah kondisi kualitas air kolam yang dapat berubah dengan sangat cepat, sehingga tidak dapat dipantau secara memadai hanya dengan pengecekan berkala pada waktu-waktu tertentu. Metode pemantauan yang bersifat manual terbukti tidak efektif untuk mengatasi sifat fluktuasi dinamis parameter kualitas air kolam. Ketergantungan pada pengecekan manual tidak hanya memakan waktu dan rentan terhadap kesalahan manusia, tetapi yang lebih krusial adalah bersifat reaktif. Artinya tindakan perbaikan baru dilakukan setelah masalah terdeteksi atau kondisi air terlanjur memburuk.

Keterlambatan merespons terhadap kondisi kritis ini dapat menimbulkan kerugian signifikan yang seharusnya dapat dicegah. Permasalahan ini diperkuat oleh penelitian sebelumnya Harry Pratama Ramadhan dkk, membuktikan bahwa banyak pengusaha budidaya tambak mengalami kerugian akibat biaya pemeriksaan laboratorium yang mahal dan ketidakmampuan mendeteksi perubahan kualitas air secara dini yang menjadi penyebab utama kegagalan panen [4]. Dalam konteks akuaponik, kegagalan deteksi dini yang serupa dapat berakibat fatal dan berujung pada penurunan produktivitas sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, terdapat kesenjangan yang jelas antara kebutuhan akan data kualitas air yang kontinu dan metode pemantauan konvensional yang ada saat ini.

Di era revolusi industri 4.0, transformasi digital menawarkan paradigma baru melalui integrasi teknologi pintar dalam sektor pertanian. Salah satu solusi yang muncul adalah penerapan konsep *Smart Agriculture*, yang memanfaatkan teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), dan analitik data besar (*Big Data*) untuk menciptakan sistem pertanian yang presisi, efisien, dan berkelanjutan [5]. IoT memungkinkan integrasi berbagai sensor, aktuator dan perangkat komputasi dalam satu sistem yang dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh [6]. Dengan menerapkan sistem berbasis IoT, parameter-parameter penentuan kualitas air seperti pH, suhu, oksigen terlarut dan Total Padatan Terlarut dapat diukur secara kontinu dan *real-time*, memberikan data yang jauh lebih akurat dan komprehensif untuk pengambilan Keputusan.

Namun, sekadar memiliki data *real-time* belum cukup untuk menciptakan sistem manajemen yang sepenuhnya proaktif. Data yang jumlahnya sangat besar hanya akan menjadi sia-sia jika tidak diolah menjadi informasi atau pengetahuan yang dapat ditindaklanjuti. Di sinilah peran *machine learning* menjadi poin utama, sebagai salah satu cabang dari ilmu kecerdasan buatan. *machine learning* akan mempelajari bagaimana komputer mampu belajar dari data untuk membuat keputusan. Proses pembelajaran ini memanfaatkan kumpulan data historis (*dataset*) sebagai data latih agar dapat dilakukan pengujian performa dengan metode klasifikasi yang tepat [7]. Dengan menerapkan algoritma klasifikasi pada data historis kualitas air, sebuah sistem tidak hanya dapat melaporkan apa yang sedang terjadi, tetapi juga mampu memprediksi status kualitas air di masa mendatang, memungkinkan respons yang proaktif dan preventif.

Algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN) terbukti efektif untuk melakukan tugas klasifikasi kualitas air guna mengoptimalkan pertumbuhan ikan [3]. Mekanisme kerja K-NN bertumpu pada pengklasifikasian data baru berdasarkan mayoritas kategori dari sejumlah K tetangga terdekatnya. Pendekatan ini mengategorikan objek baru dengan merujuk pada kesamaan atribut dari sampel data pelatihan, yang pada akhirnya bertujuan untuk mencapai tingkat akurasi yang tinggi saat proses evaluasi pembelajaran dilakukan [8].

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka diusulkan pengembangan Klasifikasi Kualitas Air Pada Akuaponik Berbasis Mobile Dengan Pendekatan Machine Learning. Sistem ini mengintegrasikan tiga komponen utama secara sinergis yaitu, IoT untuk akuisisi data sensor secara *real-time* dari parameter krisis (suhu, pH, DO, TDS), *machine learning* dengan algoritma K-NN sebagai kecerdasan buatan untuk mengklasifikasikan dan memprediksi status kualitas air secara akurat, serta antarmuka aplikasi *mobile* berbasis Flutter yang *user-friendly*. Metode klasifikasi ini diharapkan menjadi solusi yang efektif untuk meningkatkan akurasi penilaian kualitas air secara *real-time* di atas 90%, menyediakan kategori klasifikasi yang jelas (Ideal, Normal, Bahaya), visualiasasi data tren yang interaktif melalui *chart* dinamis, serta notifikasi *push* otomatis, sehingga menjadi alat bantu pengambilan keputusan praktis yang signifikan meningkatkan produktifitas dan keberlanjutan ekosistem akuaponik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini difokuskan pada bagaimana mengimplementasikan model klasifikasi *machine learning* dengan algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN) guna memprediksi kualitas air dengan tingkat akurasi di atas 90%, selanjutnya bagaimana efektifitas integrasi parameter Suhu, pH, oksigen terlarut (DO) dan Total Padatan Terlarut (TDS) dalam mengklasifikasikan status kualitas air ke dalam kategori Ideal, Normal, Bahaya, serta bagaimana mengintegrasikan model tersebut ke dalam aplikasi *mobile* berbasis Flutter yang intuitif guna menyajikan pemantauan data sensor secara *real-time*, visualisasi tren interaktif hingga sistem notifikasi yang efektif bagi pembudidaya.

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak meluasnya suatu permasalahan dalam penelitian ini, maka penulis akan memberikan batasan-batasan dari permasalahan yang ada, yaitu:

1. Sistem hanya akan melakukan monitoring dan memprediksi berdasarkan empat parameter utama, yaitu suhu (dalam satuan °C), derajat keasaman air

(pH), oksigen terlarut (DO dalam satuan mg/L) dan Total Padatan Terlarut (TDS dalam satuan ppm).

2. Algoritma *machine learning* yang digunakan secara eksklusif adalah algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN) untuk mengklasifikasikan status kualitas air akuaponik kedalam kategori jelas (Ideal, Normal, Bahaya), tanpa melakukan perbandingan dengan algoritma lainnya.
3. Sistem aplikasi *mobile* yang dirancang berfokus pada fungsi pemantauan parameter sensor secara *real-time*, pendukung pengambilan keputusan (*decision support*) serta mencakup kontrol perangkat yang sederhana.

1.4 Tujuan

Sejalan dengan perumusan masalah di atas, adapun tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah:

1. Menerapkan dan menguji performa model *machine learning* dalam memprediksi status kualitas air akuaponik dengan tingkat akurasi di atas 90%.
2. Menganalisis keandalan algoritma K-NN dalam mengklasifikasikan kualitas air berdasarkan parameter sensor suhu, pH, DO dan TDS ke dalam kategori Ideal, Normal, dan Bahaya.
3. Mengembangkan aplikasi *mobile* berbasis Flutter yang mampu menyajikan visualisasi data sensor secara *real-time* dan informasi hasil prediksi status kualitas air secara efektif bagi pengguna.

1.5 Manfaat

Adapun hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menghasilkan model *machine learning* yang optimal dengan akurasi tinggi sebagai referensi pengembangan teknologi pada penelitian serupa.
2. Memberikan kemudahan dalam pengambilan keputusan melalui informasi status air yang akurat dan mudah dipahami (Ideal, Normal, atau Bahaya).
3. Menyediakan solusi praktis berupa aplikasi *mobile* untuk memantau kondisi kolam kapan saja dan di mana saja melalui data *real-time* dan notifikasi.