

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Indonesia disebut sebagai negara agraris dengan sebagian besar penduduknya bekerja sebagai petani untuk menunjang perekonomian. Kontribusi sektor pertanian menunjukkan peran yang signifikan dalam membangun ekonomi negara. Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa tahun 2023 sektor pertanian memberikan kontribusi sebesar 53.980.993,19 ton. Kontribusi tersebut mengalami penurunan pada tahun 2024, yakni 53.142.726,65 ton. Namun, kembali meningkat secara signifikan pada tahun 2025 mencapai 60.207.101 ton (BPS, 2025). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas dan efisiensi pengelolaan sumber daya pada sektor pertanian menjadi aspek penting yang perlu diperhatikan guna menjaga keberlanjutan produksi pertanian.

Keberhasilan kegiatan pertanian tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah ketersediaan air yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Air memiliki peran penting pada proses fisiologi tanaman, seperti metabolisme, fotosintesis, dan penyerapan unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk bertahan hidup. Pengelolaan air yang tidak tepat dapat menyebabkan tanaman mengalami stres, menurunkan produktivitas, dan pemborosan penggunaan air (Rianizar *et al.*, 2023). Oleh karena itu, pengelolaan air melalui sistem irigasi yang tepat menjadi faktor penting dalam peningkatan produktivitas pertanian.

Dalam praktik di lapangan, hingga saat ini proses penyiraman tanaman masih menggunakan metode konvensional dengan menggunakan sistem penjadwalan. Metode tersebut dilakukan berdasarkan pengalaman atau kebiasaan petani tanpa mempertimbangkan kondisi tanah dan lingkungan pertanian. Kondisi ini dapat menyebabkan proses penyiraman tanaman tidak optimal, baik dalam bentuk pemberian air yang berlebih maupun tidak memenuhi kebutuhan air tanaman. Hal tersebut dapat menurunkan efisiensi penggunaan air dan berpotensi menghambat pertumbuhan tanaman.

Perkembangan teknologi informasi mendukung adanya konsep pertanian modern yang dikenal sebagai pertanian presisi (*precision agriculture*). Pertanian presisi memanfaatkan teknologi digital untuk pengelolaan sumber daya pertanian agar lebih efektif dan efisien. Pemanfaatan sensor dan perangkat *Internet of Things* (IoT), digunakan untuk monitoring kondisi lingkungan pertanian seperti kelembapan tanah, suhu tanah, kelembapan dan suhu udara secara *real-time* sehingga dapat memberikan informasi yang lebih akurat untuk mendukung pengambilan keputusan pengelolaan pertanian.

Selain pemantauan kondisi lingkungan, pemanfaatan teknologi *machine learning* juga diperlukan dalam sistem pertanian modern. *Machine learning* mampu mempelajari pola hubungan antara berbagai variabel lingkungan, seperti kelembapan tanah, suhu udara, dan kondisi iklim mikro untuk memprediksi kebutuhan air pada tanaman secara tepat dan akurat. Memanfaatkan model prediktif berbasis data, sistem irigasi dapat menentukan waktu dan jumlah penyiraman secara otomatis, sehingga penggunaan air lebih

efisien dibandingkan dengan metode konvensional yang hanya bergantung pada ambang batas parameter (Umutoni & Samadi, 2024).

Berdasarkan perkembangan teknologi tersebut, hubungan antara sensor IoT, mikrokontroler, dan algoritma *machine learning* dapat dimanfaatkan untuk membangun sistem irigasi cerdas yang mampu melakukan monitoring dan pengambilan keputusan secara otomatis. Sistem ini memungkinkan proses penyiraman tanaman secara efisien, karena mempertimbangkan kondisi tanah dan iklim mikro secara langsung. Namun, pemanfaatan teknologi tersebut dalam sistem irigasi yang mampu memprediksi kebutuhan air tanaman berdasarkan kondisi tanah dan iklim mikro secara otomatis masih perlu dikembangkan.

Oleh karena itu, penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem irigasi berbasis *machine learning* yang terintegrasi dengan sensor IoT dan mikrokontroler ESP8266 NodeMCU untuk memprediksi kebutuhan air pada tanaman berdasarkan kondisi tanah dan iklim mikro. Algoritma *decision tree* dipilih karena mampu menghasilkan model klasifikasi yang sesuai dengan struktur pohon keputusan serta memiliki performa komputasi yang efisien, sehingga sesuai untuk diterapkan pada sistem prediksi secara *real-time* (Khairi *et al.*, 2024). Model *decision tree* yang telah dilatih dideploy pada *server cloud* berbasis FastAPI untuk memproses data sensor dari ESP8266 NodeMCU melalui protokol HTTP. Pendekatan arsitektur *client-server* ini memungkinkan ESP8266 NodeMCU sebagai *edge device* yang hanya bertugas membaca data sensor dan mengontrol pompa, sementara proses prediksi dilakukan di sisi

server. Hal ini sangat menguntungkan, antara lain sumber daya komputasi yang terbatas pada ESP8266 NodeMCU tidak terbebani, model *machine learning* dapat diperbarui tanpa perlu memprogram ulang perangkat keras, serta memungkinkan integrasi data historis untuk meningkatkan akurasi prediksi. Hal tersebut diharapkan sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air serta mendukung pengelolaan pertanian secara cerdas dan berkelanjutan.

Berdasarkan penjelasan latar belakang masalah, maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul “*Implementasi Kebutuhan Irigasi Tanaman Berbasis Machine learning Terhadap Data Kondisi Tanah dan Mikroklimat pada Sistem IoT*”. Penelitian ini diharapkan menjadi solusi atas kendala monitoring kualitas tanah pada pertanian. Dengan demikian, inovasi berbasis *Machine learning* berpotensi besar dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat melalui pengelolaan pertanian yang lebih cerdas dan terukur.

B. Pembatasan Masalah

1. Dalam penelitian ini dibatasi pada pengembangan alat yang diterapkan dalam bidang pertanian untuk memprediksi kebutuhan irigasi tanaman berdasarkan parameter kondisi tanah dan mikroklimat, tanpa membahas aspek pemupukan, pengendalian hama, atau manajemen nutrisi.
2. Dalam penelitian ini parameter yang digunakan dibatasi beberapa variable utama, seperti kelembaban tanah, suhu tanah, kelembaban udara, dan suhu udara, karena keempat parameter tersebut adalah faktor lingkungan utama

yang dipantau dalam pengelolaan irigasi berbasis *Internet of Things* (Dafonte *et al.*, 2024).

3. Dalam penelitian ini tidak menggunakan sensor lain, seperti sensor debit air, pH tanah, intensitas cahaya, dan curah hujan. Sistem irigasi pada penelitian ini hanya mengontrol aktif dan nonaktifkan pompa air, tanpa mengatur volume atau debit air secara presisi, sebagaimana pendekatan kontrol ON/OFF berbasis ambang yang umum diterapkan pada sistem irigasi berbasis Internet of Things (Mohammed *et al.*, 2021).
4. Dalam penelitian ini tidak membahas ketahanan perangkat terhadap kondisi lingkungan ekstrem, karena fokus penelitian pada pengembangan sistem IoT dan *machine learning*.
5. Dalam penelitian ini sistem yang dikembangkan merupakan prototipe irigasi otomatis skala kecil untuk tujuan penelitian.
6. Dalam penelitian ini sistem memerlukan koneksi internet untuk pengiriman data ke media penyimpanan dan monitoring.
7. Model *machine learning* yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada algoritma *decision tree* dan tidak membandingkan dengan algoritma *machine learning* lainnya, algoritma *decision tree* telah terbukti dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan pada sistem pertanian dan irigasi berbasis Internet of Things (Rahman *et al.*, 2023).
8. Dalam penelitian ini data yang digunakan untuk melatih model *machine learning* merupakan data sekunder yang berasal dari satu lokasi pertanian presisi pada periode waktu tertentu, model yang dilatih pada data dari satu

wilayah cenderung sulit digeneralisasi ke wilayah lain akibat perbedaan iklim, jenis tanah, dan praktik pertanian (Zhang *et al.*, 2025).

9. Dalam penelitian ini tidak melakukan analisis terhadap aspek biologis tanaman, seperti pertumbuhan, produktivitas, dan kualitas hasil panen. Penelitian ini berfokus pada perancangan sistem monitoring lingkungan dan pengambilan keputusan irigasi berbasis data menggunakan *Internet of Things* (IoT) dan metode *machine learning*.

C. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan pembatasan masalah pada penelitian, maka perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem *Internet of Things* (IoT) untuk memantau kondisi tanah dan iklim mikro ?
2. Bagaimana mengimplementasikan model *Machine learning* dengan algoritma *Decision Tree* untuk memprediksi kebutuhan irigasi tanaman ?
3. Bagaimana mengevaluasi performa sistem irigasi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) dan *Machine learning* dalam menentukan kebutuhan irigasi tanaman ?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui cara merancang dan membangun sistem *Internet of Things* (IoT) untuk memantau kondisi tanah dan iklim mikro.

2. Untuk mengimplementasikan model *Machine learning* dengan algoritma *Decision Tree* untuk memprediksi kebutuhan irigasi tanaman.
3. Untuk mengevaluasi performa sistem irigasi otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) dan *Machine learning* dalam menentukan kebutuhan irigasi tanaman.

E. Kegunaan Penelitian

1. Kegunaan teoritis

a. Bagi pengembangan bidang informatika

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman dalam pengembangan bidang *Internet of Things* (IoT) dan *machine learning* khususnya dalam penerapan pada sektor pertanian presisi. Selain itu, juga dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem monitoring dan irigasi otomatis berbasis data sensor lingkungan.

b. Peneliti selanjutnya

Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi penelitian selanjutnya yang ingin mengembangkan sistem pertanian cerdas berbasis IoT dan *machine learning*. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan metode *machine learning* yang lebih baik.

2. Kegunaan praktis

a. Bagi objek

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu petani dalam monitoring kondisi tanah dan lingkungan secara *real-time*. Dengan

adanya sistem ini, diharapkan proses penyiraman tanaman dapat dilakukan secara tepat dan efisien.

b. Bagi masyarakat

Hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran terkait pemanfaatan teknologi IoT dan kecerdasan buatan dalam sektor pertanian modern. Selain itu, sistem ini dapat menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam kegiatan pertanian.