

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teoritik

1. Konsep Irigasi dan Kebutuhan Air Tanaman

Irigasi adalah salah satu metode yang digunakan untuk pengelolaan air guna memenuhi kebutuhan air tanaman agar dapat tumbuh dengan baik dan optimal. Air berperan penting dalam proses fisiologis tanaman, seperti fotosintesis, transportasi nutrisi, dan pengaturan suhu tanaman. Rianizar *et al* (2023), berpendapat bahwa kebutuhan air pada tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kondisi iklim, karakteristik tanah, serta jenis tanaman yang dibudidayakan. Selain itu, pengelolaan irigasi yang tepat juga diperlukan untuk menjaga keseimbangan air dalam tanaman (Gao *et al.*, 2024).

Kebutuhan air juga berkaitan dengan nilai evapotranspirasi yang menunjukkan jumlah air hilang melalui proses penguapan dan transpirasi tanaman. Evapotranspirasi merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kebutuhan air irigasi sehingga pengelolaan irigasi yang tepat dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan produktivitas tanaman (Samsuar *et al.*, 2022). Oleh karena itu, pemahaman terhadap kebutuhan air tanaman dan proses evapotranspirasi menjadi salah satu dasar pengelolaan sistem irigasi yang efektif (Sun *et al.*, 2024).

Berdasarkan kajian pustaka tersebut, dapat disimpulkan bahwa irigasi merupakan salah satu faktor penting dalam mendukung kegiatan

pertanian. Kebutuhan air tanaman dipengaruhi beberapa faktor, diantaranya kondisi iklim, karakteristik tanah, dan jenis tanaman. Selain itu, nilai evapotranspirasi menjadi parameter penting dalam menentukan jumlah kebutuhan air tanaman. Oleh karena itu, pengelolaan irigasi yang tepat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman.

2. Pertanian Presisi (*Precision Agriculture*)

Pertanian presisi (*precision agriculture*) merupakan pengelolaan pertanian modern yang menggunakan teknologi sensor, sistem informasi, dan data *real-time* untuk meningkatkan efisiensi input produksi seperti air, pupuk, dan tenaga kerja. Tujuan utama pertanian presisi adalah memberikan perlakuan tepat pada lokasi dan waktu (*the right treatment at the right place and time*), sehingga produktivitas tanaman dapat ditingkatkan tanpa membebani penggunaan sumber daya secara berlebihan (Soussi *et al.*, 2024). Penerapan teknologi digital dan sistem pemantauan berbasis data memungkinkan pengelolaan lahan dilakukan lebih efisien dan mendukung keberlanjutan sistem pertanian modern (Tulungen, 2024).

Secara konseptual, pertanian presisi mengintegrasikan teknologi seperti sensor tanah dan udara, perangkat IoT, *machine learning*, serta sistem informasi geografis (GIS) untuk mengumpulkan dan menganalisis data kondisi lahan secara detail. Dengan memahami variabilitas kondisi tanah dan iklim mikro di setiap zona lahan, pengambilan keputusan budidaya, termasuk irigasi, menjadi lebih akurat dan berbasis data.

(Setyawan *et al.*, 2024). Dirayati *et al* (2025), menjelaskan bahwa pemanfaatan teknologi IoT dan sistem pemantauan berbasis sensor telah banyak dikembangkan dalam sistem *smart farming* untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan pertanian.

Berdasarkan kajian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pertanian presisi adalah pertanian modern yang memanfaatkan teknologi sensor, sistem informasi, dan data secara *real-time* untuk meningkatkan efisiensi produktivitas tanaman. Pemanfaatan teknologi seperti IoT dan analisis data, dapat digunakan untuk monitoring kondisi tanah dan lingkungan secara *real-time*, sehingga pengambilan keputusan dalam pengelolaan pertanian dapat dilakukan secara tepat.

3. Tanah dan Karakteristiknya

Tanah adalah media tumbuh utama bagi tanaman yang memiliki peran dalam penyediaan air dan unsur hara. Karakteristik penting tanah adalah kemampuannya menahan air (*water holding capacity*) yang dipengaruhi oleh tekstur, struktur, dan poros tanah. Palma *et al* (2024), menjelaskan bahwa kapasitas tanah tersebut untuk menentukan jumlah air yang tersedia bagi tanaman, yang disebut dengan kapasitas lapang (*field capacity*) dan titik layu permanen (*permanent wilting point*). Secara umum, jenis tanah dibedakan menjadi tanah pasir, tanah liat, dan tanah lempung yang memiliki karakteristik daya serap berbeda. Tanah pasir memiliki pori-pori besar dengan laju infiltrasi tinggi, sekitar 2,5 – 25 cm/jam, namun kapasitas simpan air rendah, berkisar 5 – 15% volume air. Tanah liat

memiliki pori-pori kecil dengan laju infiltrasi rendah, sekitar 0,01 – 0,5 cm/jam, tetapi mampu menyimpan air dalam jumlah lebih besar, yaitu 40 – 60% volume air. Sementara itu, tanah lempung memiliki pori-pori yang seimbang dengan laju infiltrasinya 0,5 – 2,5 cm/jam dan kapasitas simpan air sekitar 25 – 40% volume air (Du *et al.*, 2024).

Daya serap air pada tanah juga dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, struktur agregat tanah, dan tingkat kepadatan tanah. Tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi mampu meningkatkan kapasitas menahan air karena memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan jumlah pori yang kecil. Tanah yang padat akan memiliki daya serap air rendah karena berkurangnya pori untuk menyimpan air (Debicka *et al.*, 2023). Menurut Yan & Cudmani (2024), karakteristik tanah seperti tekstur, porositas, dan daya serap air menjadi faktor utama dalam menentukan kebutuhan irigasi tanaman.

Berdasarkan kajian tersebut, dapat disimpulkan bahwa karakteristik tanah sangat mempengaruhi kemampuan menyerap dan menyimpan air. Tanah pasir memiliki laju infiltrasi tinggi namun daya simpan rendah, tanah liat memiliki laju infiltrasi rendah namun daya simpan yang tinggi, dan tanah lempung memiliki sifat paling seimbang. Daya serap juga dipengaruhi oleh porositas, struktur, dan kandungan bahan organik tanah. Oleh karena itu, pemahaman karakteristik tanah penting dalam menentukan kebutuhan irigasi secara tepat, terutama dalam sistem berbasis IoT dan *machine learning*.

4. Mikroklimat dalam Pertanian

Mikroklimat adalah kondisi iklim suatu lahan pertanian yang mencakup suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, dan kecepatan angin. Faktor tersebut berpengaruh pada proses fisiologis tanaman, yaitu fotosintesis, respirasi, dan transpirasi, sehingga sangat berperan penting dalam pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Du *et al.*, 2024). Zhang *et al* (2025), menjelaskan bahwa suhu dan kelembapan udara merupakan komponen utama dalam mikroklimat dalam pertanian. Suhu yang tinggi akan meningkatkan laju evapotranspirasi, yaitu proses penguapan air dari tanah dan tanaman, sehingga kebutuhan air pada tanaman akan meningkat. Selain itu, intensitas cahaya dapat mempengaruhi fotosintesis dan evapotranspirasi. Semakin tinggi intensitas cahaya, maka fotosintesis dan kebutuhan air tanaman akan meningkat.

Variasi mikroklimat dapat terjadi meskipun dalam satu area yang sama, hal ini dapat dipengaruhi oleh faktor tutupan lahan, kondisi vegetasi, dan topografi. Hal ini menyebabkan kebutuhan air tanaman menjadi tidak sama, sehingga diperlukan pengelolaan irigasi yang lebih baik (Palma *et al.*, 2024). Pertanian modern diperlukan pemantauan mikroklimat yang lebih efektif dan efisien, diperlukan adanya penggunaan sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mengukur mikroklimat secara *real-time*. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode *machine learning* untuk memprediksi kebutuhan air pada tanaman. Dengan demikian,

hubungan data mikroklimat dalam sistem irigasi cerdas dapat efisien dan mendukung pertanian berkelanjutan (Zhang *et al.*, 2025).

Berdasarkan kajian tersebut, dapat disimpulkan bahwa mikroklimat meliputi suhu, kelembapan udara, intensitas cahaya, dan kecepatan angin memiliki pengaruh penting terhadap proses evapotranspirasi dan kebutuhan air tanaman. Perubahan faktor tersebut dapat menyebabkan variasi kondisi lingkungan meskipun berada pada area yang sama, sehingga kebutuhan air tanaman menjadi tidak seragam. Oleh karena itu, pemantauan kondisi mikroklimat pada lahan pertanian sangat diperlukan dalam menentukan kebutuhan irigasi secara tepat. Pemanfaatan teknologi berbasis IoT dan *machine learning* dapat membantu dalam monitoring dan analisis data mikroklimat secara *real-time* untuk meningkatkan efisiensi dan ketepatan sistem irigasi.

5. Implementasi Sistem

Implementasi merupakan penerapan rancangan sistem yang dikembangkan agar dapat digunakan secara nyata. Tahapan implementasi seluruh komponen sistem perangkat keras, lunak, dan prosedur operasional yang diintegrasikan, sehingga sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan yang dirancang (Aliim *et al.*, 2023). Apriliya *et al* (2025), juga menjelaskan bahwa implementasi menjadi bagian penting dalam pengembangan, karena tahap ini merupakan konsep atau desain yang telah diuji secara langsung.

Pengembangan sistem berbasis teknologi informasi, implementasi mencakup proses penerapan sistem pada lingkungan pengguna, sehingga

dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi pengelolaan data dan layanan informasi (Aliza *et al.*, 2025). Menurut Dasni *et al* (2025), implementasi menjadi bagian penting dalam memastikan bahwa sistem yang dikembangkan dapat berfungsi secara optimal dan memberikan manfaat kepada penggunanya.

Berdasarkan kajian pustaka tersebut, dapat disimpulkan bahwa implementasi adalah tahapan penerapan rancangan atau model dalam bentuk nyata, sehingga dapat digunakan secara langsung pada lingkungan. Proses implementasi tersebut terintegrasi perangkat keras dan lunak, instalasi sistem, dan pengujian untuk memastikan sistem dapat berjalan sesuai dengan rancangan. Selain itu, implementasi memastikan efektivitas dan efisiensi pengguna.

6. *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang menghubungkan perangkat fisik dengan jaringan internet, sehingga memungkinkan perangkat tersebut untuk saling berkomunikasi, mengumpulkan data, dan bertindak secara otomatis. IoT telah banyak diterapkan dalam sektor pertanian, kesehatan, hingga perikanan, karena kemampuannya dalam menyediakan data lingkungan secara akurat dan terus-menerus (Tang *et al.*, 2024). Huque *et al* (2023), menjelaskan bahwa IoT adalah sistem besar dan kompleks dari sensor, jaringan, dan perangkat lunak yang memungkinkan objek merasakan dan berkomunikasi dengan lingkungannya.

Dalam sektor pertanian, IoT dimanfaatkan untuk memantau kondisi lingkungan, seperti suhu udara, kelembapan tanah, serta kelembapan udara. Zhai *et al* (2020), menyebutkan bahwa teknologi IoT mampu menyediakan data lingkungan secara *real-time* sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan secara otomatis pada sistem pertanian cerdas. Selain itu, pemanfaatan IoT dalam pertanian memungkinkan proses pemantauan kondisi lahan yang dilakukan dengan jarak jauh, sehingga mampu membantu meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya air melalui sistem monitoring berbasis sensor dan jaringan (Soussi *et al.*, 2024).

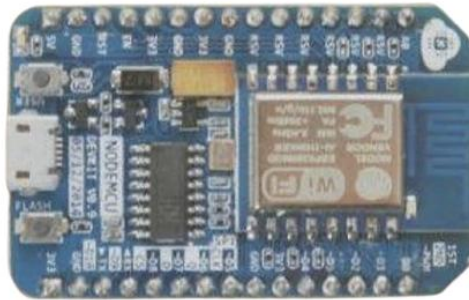
Berdasarkan kajian pustaka tersebut, dapat disimpulkan bahwa *Internet of Things* (IoT) merupakan teknologi yang menghubungkan perangkat fisik melalui jaringan internet, sehingga proses pengumpulan data dilakukan secara otomatis. Dalam sektor pertanian, IoT dimanfaatkan untuk monitoring kondisi lingkungan, seperti suhu tanah, kelembapan tanah, suhu dan kelembapan udara secara *real-time* dengan akurat. Teknologi IoT juga dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam pengelolaan sistem pertanian.

7. ESP8266 NodeMCU

ESP8266 adalah salah satu mikrokontroler yang mendukung teknologi *WiFi*, proses pengendalian ESP8266 dapat dilakukan menggunakan *smartphone* melalui jaringan computer dan dapat dikembangkan untuk IoT (Nugroho *et al.*, 2023). Modul *wireless* ESP8266 adalah modul *low-cost WiFi* yang mendukung kegunaan TCP/IP (Gueye *et*

al., 2024). ESP8266 NodeMCU adalah modul mikrokontroler yang ada di dalam ESP8266. ESP8266 digunakan untuk menghubungkan mikrokontroler ke jaringan *WiFi*. NodeMCU didasarkan pada bahasa pemrograman Lua, tetapi juga dapat diprogram menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C/C++ (Dange *et al.*, 2023). Alasan pemilihan ESP8266 NodeMCU adalah karena mudah diprogram dan memiliki pin I/O yang dapat diakses melalui internet untuk mengirim dan menerima data melalui koneksi *WiFi* (Sulistyorini *et al.*, 2022).

Berdasarkan tinjauan pustaka, dapat disimpulkan bahwa ESP8266 NodeMCU merupakan mikrokontroler berbasis *WiFi* yang mendukung penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT). Modul ini memiliki kemampuan konektivitas jaringan TCP/IP sehingga dapat digunakan untuk komunikasi data melalui jaringan internet. Selain itu, ESP8266 NodeMCU mudah diprogram menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C/C++, serta memiliki pin input/output (I/O) yang mendukung pengiriman dan penerimaan data secara nirkabel. Dengan keunggulan tersebut, ESP8266 NodeMCU menjadi salah satu pilihan yang efektif dan efisien dalam pengembangan sistem monitoring maupun pengendalian berbasis internet. Susunan *board* ESP8266 NodeMCU dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Pinout ESP8266 NodeMCU

8. Sensor yang Digunakan

1. Sensor Suhu Tanah DS18B20

Sensor DS18B20 adalah sensor suhu digital yang banyak digunakan pada sistem monitoring lingkungan di pertanian berbasis *Internet of Things* (IOT). Sensor ini memiliki pengukuran suhu pada rentang sekitar -55°C hingga 125°C dengan akurasi sekitar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dan menggunakan protokol komunikasi *one-wire* (Salmawati *et al.*, 2024). Dalam bidang pertanian, sensor ini digunakan untuk monitoring suhu tanah yang memiliki peran penting dalam proses pertumbuhan tanaman. Sensor DS18B20 mengambil data secara *real-time* (Prawoto & Yudhana, 2022).

Huda & Kurniawan (2022), menyebutkan bahwa sensor tersebut dapat digunakan memantau suhu tanah pada berbagai kedalaman secara *real-time* melalui jaringan internet, sehingga memudahkan analisis kondisi lingkungan lebih jelas dan tepat. Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa sensor tersebut digunakan dalam sistem monitoring suhu berbasis IoT, karena mampu mengirimkan data suhu secara

berkelanjutan melalui jaringan internet dan dapat terhubung dengan mikrokontroler (Hadi *et al.*, 2023).

Berdasarkan kajian Pustaka tersebut, dapat disimpulkan bahwa sensor DS18B20 adalah sensor suhu digital yang sering digunakan dalam sistem monitoring lingkungan berbasis *Internet of Things* (IoT). Sensor tersebut mampu mengukur suhu dengan akurasi yang baik, dan pengambilan data secara *real-time*. Dalam penelitian ini, sensor DS18B20 dimanfaatkan untuk monitoring suhu tanah. Gambar sensor DS18B20 dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Sensor Suhu Tanah DS18B20

2. Sensor Suhu dan Kelembapan Udara DHT22

Sensor DHT22 adalah sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara secara bersamaan dengan Tingkat akurasi yang baik. Sensor ini mampu mengukur suhu rentang -40°C dengan akurasi sekitar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan udara pada rentang 0 – 100% RH dengan akurasi sekitar $\pm 2-5\%$ RH (Eryk *et al.*, 2025). Sensor DHT22 bekerja dengan memanfaatkan thermistor untuk pengukuran suhu dan sensor kapasitif untuk mendeteksi kelembapan udara,

kemudian mengirimkan data dalam bentuk sinyal digital ke mikrokontroler (Westari & Ilman, 2024). Dalam bidang pertanian berbasis IoT, sensor ini digunakan untuk memantau kondisi lingkungan yang berpengaruh pada pertumbuhan tanaman. Sistem monitoring berbasis IoT dengan sensor DHT22 memungkinkan pengawasan kondisi lingkungan secara *real-time* (Sutono & Mohamed, 2025). Sensor DHT22 digunakan sebagai bagian dari sistem *smart farming* untuk mengukur suhu dan kelembapan udara yang kemudian dikirimkan ke platform IoT untuk pemantauan jarak jauh (Yantahin *et al.*, 2025). Gambar sensor DHT22 dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Sensor Suhu dan Kelembapan Udara DHT22 NodeMCU

NodeMCU Berdasarkan kajian pustaka tersebut, dapat disimpulkan bahwa sensor DHT22 merupakan sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara secara bersamaan. Sensor ini bekerja dengan mengirimkan data dalam bentuk sinyal digital ke mikrokontroler, sehingga proses pemantauannya secara *real-time*. Dalam penelitian ini, sensor tersebut dimanfaatkan untuk monitoring suhu dan kelembapan udara pada lahan pertanian.

3. Sensor Kelembapan Tanah *Capacitive soil moisture*

Sensor *Capacitive soil moisture* adalah sensor yang digunakan untuk mengukur kadar kelembapan tanah dengan memanfaatkan perubahan nilai kapasitansi pada tanah. Sensor ini dapat mendeteksi perubahan konstanta dielektrik tanah, Dimana nilai kapasitansi yang akan berubah dengan kandungan air di dalamnya (Mishra *et al.*, 2022). Pada sistem irigasi otomatis berbasis IoT, sensor *capacitive soil moisture* digunakan untuk mengetahui kondisi kelembapan tanah secara *real-time* sehingga dapat menentukan waktu penyiraman tanaman secara otomatis. Ardianto *et al* (2025), menjelaskan bahwa sensor kelembapan tanah merupakan parameter paling penting dalam sistem pertanian cerdas, karena dapat digunakan untuk menentukan kebutuhan air tanaman dan mengoptimalkan sistem irigasi otomatis. Selain itu Ella *et al* (2026), menjelaskan bahwa sensor kelembapan tanah berbasis IoT mampu memberikan data secara *real-time* dan lebih akurat dibandingkan metode manual.

Kesimpulan yang dapat diambil dari kajian pustaka tersebut yakni, sensor *capacitive soil moisture* merupakan sensor untuk pengukuran tingkat kelembapan tanah. Sensor ini memberikan data kondisi kelembapan tanah secara *real-time*. Dengan memanfaatkan data tersebut, sistem pertanian berbasis IoT dapat menentukan kebutuhan air tanaman secara tepat. Gambar sensor *Capacitive soil moisture* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Sensor *Capacitive soil moisture*

9. *Machine learning*

Machine learning adalah salah satu kecerdasan buatan yang memungkinkan computer mempelajari pola dari data dan membantu prediksi. *Machine learning* dapat digunakan untuk menganalisis data lingkungan, seperti suhu, kelembapan tanah, dan curah hujan guna memprediksi kebutuhan air pada tanaman secara tepat (Umutoni & Samadi, 2024). Sudha & Loret (2026), menerangkan bahwa penerapan *machine learning* dalam kegiatan pertanian presisi dapat membantu meningkatkan efisiensi pengelolaan lahan pertanian melalui analisis data lingkungan secara otomatis, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat.

Selain itu, *machine learning* mampu mengolah data dalam jumlah besar yang dihasilkan oleh sensor. Berbagai algoritma seperti, *decision tree*, *random forest*, dan *support vector machine* telah banyak digunakan dalam bidang pertanian (Del-Coco *et al.*, 2024). Jaiswal *et al* (2025), menjelaskan bahwa model *machine learning* mampu memprediksi kebutuhan air

tanaman berdasarkan data kelembapan tanah, suhu, dan evapotranspirasi sehingga dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan irigasi secara baik.

Kesimpulan dari kajian tersebut, *machine learning* adalah teknologi kecerdasan buatan yang mampu mempelajari pola dari data untuk melakukan analisis dan prediksi secara otomatis. Dalam penelitian ini, *machine learning* dimanfaatkan untuk menganalisis data lingkungan untuk memprediksi kebutuhan air tanaman. Dengan adanya penerapan *machine learning* ini dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat pada pengelolaan sistem pertanian.

10. *Decision Tree*

Algoritma *decision tree* merupakan metode yang ada pada *machine learning* dan digunakan untuk melakukan proses klasifikasi dan prediksi berdasarkan struktur pohon keputusan. Model ini terdiri dari beberapa komponen, yaitu *root node*, *decision node*, dan *leaf node* yang mempresentasikan proses pengambilan keputusan tertentu (Khairi *et al.*, 2024). *Decision tree* banyak juga digunakan dalam berbagai sistem pengambilan keputusan karena bersifat *interpretable*, yaitu model yang menghasilkan dapat dianalisis dan dipahami strukturnya. Hal tersebut membuat algoritma ini sering diterapkan dalam berbagai bidang seperti data mining, sistem cerdas, dan analisis data karena model yang dihasilkan dapat diinterpretasikan dengan mudah oleh pengguna (Astuti *et al.*, 2023).

Algoritma *decision tree* memiliki keunggulan dalam memudahkan interpretasi hasil model dan dapat menyajikan dalam bentuk aturan

sederhana (*rule-based*) yang mudah dipahami. Proses pembentukan pohon keputusan dilakukan dengan membagi data berdasarkan data terbaik sehingga menghasilkan model yang optimal untuk klasifikasi dan prediksi (Darmawan *et al.*, 2024). Abdullah *et al* (2025), menjelaskan bahwa dalam bidang pertanian, algoritma *decision tree* banyak digunakan untuk menganalisis data lingkungan seperti suhu, kelembapan, curah hujan, dan kondisi tanah untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Hal ini menunjukkan *decision tree* efektif digunakan dalam analisis data pertanian karena mampu menghasilkan akurasi yang tepat.

Berdasarkan kajian pustaka tersebut, disimpulkan bahwa *decision tree* adalah salah satu algoritma dalam *machine learning* yang digunakan untuk melakukan klasifikasi dan prediksi melalui struktur pohon keputusan. Algoritma ini memiliki keunggulan dalam interpretabilitas hasil model dan efisiensi komputasi sehingga cocok untuk diterapkan pada sistem prediksi secara *real-time*. Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan *decision tree* untuk pengambilan keputusan karena mampu memberikan hasil analisis yang jelas, akurasi yang baik, dan dapat diintegrasikan dengan arsitektur sistem berbasis *cloud computing* untuk mendukung prediksi data sensor secara *real-time*.

Pemilihan algoritma *decision tree* dalam penelitian ini didasarkan pada beberapa pertimbangan ilmiah yang didukung oleh literatur terkini. Wiryasaputra *et al* (2024), membuktikan bahwa *decision tree* lebih unggul dibandingkan *Gradient Boosting*, *Random Forest*, *Neural Network*, dan

Support Vector Machine untuk klasifikasi *real-time* berbasis data sensor, menjadikannya pilihan tepat untuk klasifikasi *binary* status pompa ON/OFF. Novando & Noviyanti (2025), menjelaskan sistem irigasi otomatis berbasis IoT menggunakan *decision tree* pada kebun hidroponik lebih efektif dalam domain *smart irrigation*, *decision tree* widely used dalam pertanian cerdas karena keunggulan *high precision and low computation costs* yang sangat sesuai untuk sistem prediksi *real-time*. Zia *et al* (2021), menjelaskan pendekatan IoT dengan *machine learning* seperti *decision tree* memberikan hasil efisien untuk sistem irigasi otomatis, sehingga pemilihan *decision tree* sangat tepat untuk penelitian ini.

11. *Unified Modeling Language* (UML)

Unified Modeling Language (UML) adalah alat yang digunakan untuk memvisualisasikan dan mendokumentasikan hasil analisis dan perancangan, termasuk sintaksis untuk memodelkan sistem secara visual. UML juga merupakan kumpulan konvensi pemodelan yang digunakan untuk mendefinisikan atau mendeskripsikan suatu sistem yang berkaitan dengan perangkat lunak dan objek. UML merupakan pendekatan pemodelan yang digunakan untuk merancang, mendeskripsikan, dan mendokumentasikan sistem perangkat lunak. UML memainkan peran penting dalam proses pengembangan perangkat lunak (Ronal *et al.*, 2022).

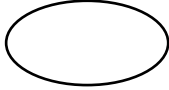
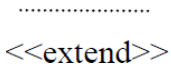
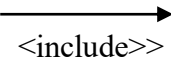
Unified Modeling Language (UML) bukan bahasa pemrograman tetapi model-model yang tercipta berhubungan langsung dengan berbagai macam bahasa pemrograman, sehingga memungkinkan melakukan

pemetaan (*mapping*) langsung dari model-model yang dibuat dengan *Unified Modeling Language* (UML) dengan bahasa-bahasa pemrograman berorientasi obyek, seperti Java (Nistrina & Sahidah, 2022).

a) *Use Case Diagram*

Use case diagram adalah pemodelan perilaku (behavior) dari suatu sistem yang dibutuhkan dan diharapkan oleh pengguna. *Use case diagram* digunakan pengguna untuk mengetahui apa saja fungsi yang ada di dalam sistem dan siapa saja atau aktor-aktor yang dapat menggunakan fungsi tersebut (Suharni *et al.*, 2023). Simbol-simbol yang ada pada *use case diagram* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Simbol *Use Case Diagram*

Simbol	Nama	Deskripsi
	Actor	Digunakan untuk menjelaskan sesuatu atau seseorang yang berinteraksi dengan suatu sistem.
	Use Case	Menggambarkan perilaku sistem tanpa mengungkapkan struktur internalnya.
	Assosiation	Jalur komunikasi aktor dan kasus penggunaan yang saling terkait.
	Extend	Menambahkan perilaku ke kasus penggunaan dasar yang tidak menyadarinya.
	Use case generalization	Menunjukkan hubungan antara kasus penggunaan umum dan yang lebih spesifik, dimana kasus penggunaan yang lebih spesifik.
	Include	Menambahkan perilaku ke kasus penggunaan dasar secara eksplisit, dengan menjelaskan penambahan tersebut secara jelas.

Sumber : (Suharni *et al.*, 2023)

b) *Activity Diagram*

Activity diagram atau diagram aktivitas menggambarkan aliran kerja (*workflow*) atau aktivitas dari sebuah sistem atau proses bisnis atau menu yang ada pada perangkat lunak. Diagram aktivitas menggambarkan aktivitas sistem bukan apa yang dilakukan aktor (Suharni *et al.*, 2023). Simbol-simbol diagram aktivitas dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Simbol *Activity Diagram*

Simbol	Nama	Deskripsi
	Initial	Menunjukkan di mana aliran kerja dimulai.
	Final	Menunjukkan di mana aliran kerja berakhir.
	Action	Langkah-langkah dalam sebuah activity.
	Decision	Menunjukkan di mana keputusan akan diambil.
	Swimlane	Mengelompokkan aktivitas berdasarkan pelaku.

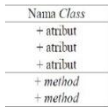
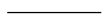
Sumber : (Suharni *et al.*, 2023)

c) *Class Diagram*

Class diagram menggambarkan serta mendeskripsikan objek yang berhubungan satu sama lain. *Class diagram* memberikan pandangan global pada *system*. Hal tersebut tercermin dari *class* yang ada dan relasinya satu dengan lain. *Class diagram* sangat membantu dalam visualisasi struktur kelas dari suatu sistem. Diagram ini biasanya digunakan pada pemodelan sistem berorientasi objek. *Class diagram*

berfungsi untuk menjelaskan tipe dari objek sistem dan hubungannya dengan objek yang lain (Suharni *et al.*, 2023). Simbol-simbol *class diagram* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Simbol *Class Diagram*

Simbol	Nama	Deskripsi
	Class	Kelompok objek dengan atribut yang berbeda memiliki operasi yang sama.
	Association	Hubungan antar kelas yang memiliki makna umum dan biasanya disertai dengan multiplisitas.
	Directed Association	Hubungan antar kelas di mana satu kelas digunakan oleh kelas lainnya.
	Aggregation	Menunjukkan hubungan keseluruhan bagian, yang disebut sebagai hubungan.
	Composition	Hubungan komposisi mengacu pada yang menjadi dasarnya.
	Dependency	Menunjukkan operasi pada suatu kelas yang menggunakan kelas lain.

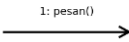
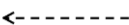
Sumber : (Suharni *et al.*, 2023)

d) *Sequence Diagram*

Sequence diagram memiliki fokus pada perilaku didalam sistem, mengilustrasikan bagaimana objek berinteraksi dengan objek lainnya. Didalam *sequence diagram* terdapat objek dan pesan yang dikirim antar objek. Biasanya *sequence diagram* digunakan untuk menggambarkan interaksi objek yang terjadi dalam suatu *use case*. Untuk satu *use case* hanya diperlukan satu *sequence diagram*, jika

terdapat beberapa skenario dalam *use case* maka bisa ilustrasikan sebagai *fragmen* dalam *sequence diagram* (Suharni *et al.*, 2023)

Tabel 2. 4 Simbol *Sequence Diagram*

Simbol	Nama	Keterangan
	Aktor (<i>Actor</i>)	Sistem, proses, atau entitas lain yang berinteraksi dengan sistem dan berada diluar sistem.
	Garis Hidupup (<i>Lifeline</i>)	Menyatakan bahwa suatu objek hidup atau ada selama interaksi berlangsung.
	Objek (<i>Object</i>)	Menyatakan objek berinteraksi satu sama lain melalui pesan.
	Waktu Aktif (<i>Activation</i>)	Menyatakan objek aktif dan menjalankan suatu proses.
	Pesan Tipe <i>Call</i>	Menyatakan suatu objek memanggil suatu operasi atau metode pada objek lain atau pada dirinya sendiri.
	Pesan Tipe <i>Send</i>	Menyatakan suatu objek mengirimkan data/masukan/informasi ke objek lain.
	Pesan Tipe <i>Return</i>	Menyatakan hasil pengembalian dari suatu operasi atau metode kepada objek tertentu.

Sumber : (Suharni *et al.*, 2023)

Berdasarkan kajian pustaka, dapat disimpulkan bahwa *Unified Modeling Language* (UML) adalah alat pemodelan visual yang digunakan untuk merancang, menggambarkan, menganalisis, dan mendokumentasikan sistem perangkat lunak, khususnya yang berbasis objek. UML membantu pengembang dalam memvisualisasikan struktur dan proses sistem secara

lebih jelas dan terstruktur sehingga mempermudah proses pengembangan perangkat lunak. Selain itu, UML bukan merupakan bahasa pemrograman, melainkan standar pemodelan yang dapat dihubungkan dengan berbagai bahasa pemrograman berorientasi objek seperti Java melalui proses mapping. Dengan demikian, UML memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi, komunikasi, dan dokumentasi dalam pengembangan sistem perangkat lunak.

12. REST API dan Arsitektur *Client-Server*

Representational State Transfer Application Programming Interface (REST API) adalah salah pendekatan dalam pengembangan layanan web yang menggunakan protokol HTTP untuk komunikasi antara client dan *server*. REST API memungkinkan pertukaran data dalam format yang digunakan seperti JSON sehingga dapat diintegrasikan dengan berbagai jenis perangkat, termasuk mikrokontroler dalam sistem IoT (Yuandika *et al.*, 2025). Pada arsitektur *client-server*, *client* (ESP8266 NodeMCU) mengirimkan *request* berisi data sensor ke *server* yang memiliki *endpoint* untuk memproses data tersebut, kemudian *server* mengembalikan response berisi hasil pemrosesan.

Penerapan arsitektur *client-server* pada sistem IoT memberikan beberapa keuntungan dibandingkan pendekatan *on-device computing*. Pertama, perangkat IoT dengan keterbatasan sumber daya komputasi tidak perlu menjalankan model *machine learning* yang kompleks, sehingga konsumsi daya dan memori menjadi lebih efisien (Mirza & Khairuni, 2025).

Kedua, pembaruan model *machine learning* dapat dilakukan tanpa perlu memprogram ulang perangkat keras, cukup dengan memperbarui *server-side*. Ketiga, arsitektur berbasis *server* memudahkan pengelolaan, pemeliharaan, dan pembaruan model tanpa membebani keterbatasan sumber daya komputasi pada perangkat.

Berdasarkan kajian pustaka tersebut, dapat disimpulkan bahwa REST API merupakan pendekatan yang efektif untuk menghubungkan perangkat IoT dengan model *machine learning* yang dideploy pada *server*. Arsitektur *client-server* memungkinkan pemisahan tanggung jawab antara *edge device* yang fokus pada akuisisi data dan kontrol aktuator, dengan *server* yang fokus pada pemrosesan data dan prediksi. Pada penelitian ini, REST API digunakan sebagai jembatan komunikasi antara ESP8266 NodeMCU dengan *server* yang menjalankan model *decision tree* untuk prediksi kebutuhan irigasi.

13. FastAPI dan *Cloud Deployment*

FastAPI adalah web *framework* berbasis bahasa pemrograman *Python* yang digunakan untuk membangun REST API dengan performa tinggi. *Framework* ini dipilih dalam pengembangan sistem prediksi karena memiliki beberapa keunggulan, yaitu kecepatan eksekusi yang tinggi berkat dukungan asynchronous, validasi data otomatis menggunakan *Pydantic*, serta dokumentasi API interaktif yang dibuat secara otomatis melalui *Swagger UI* (Alimi *et al.*, 2024). Selain itu, FastAPI mendukung integrasi

langsung dengan *library machine learning Python* seperti *scikit-learn*, sehingga proses deployment model menjadi lebih sederhana.

Cloud deployment adalah proses penerapan aplikasi atau layanan pada infrastruktur cloud yang dapat diakses melalui internet. Salah satu platform cloud yang banyak digunakan untuk *deployment* model *machine learning* adalah *Hugging Face Spaces*. Platform ini menyediakan layanan hosting gratis dengan dukungan *Docker container*, sehingga aplikasi berbasis FastAPI dapat dideploy dengan konfigurasi yang fleksibel (Hafidhoh *et al.*, 2024). Dengan *cloud deployment*, model *machine learning* dapat diakses dari perangkat IoT manapun yang terhubung ke internet, mendukung skalabilitas sistem, serta memudahkan proses pembaruan model.

Berdasarkan kajian pustaka tersebut, dapat disimpulkan bahwa FastAPI merupakan *framework* yang cocok untuk pembangunan REST API yang menghubungkan model *machine learning* dengan perangkat IoT. *Cloud deployment* melalui platform seperti *Hugging Face Spaces* memberikan kemudahan dalam mendistribusikan layanan prediksi tanpa perlu mengelola infrastruktur *server* sendiri. Pada penelitian ini, FastAPI digunakan untuk membangun *server* prediksi yang dideploy pada *Hugging Face Spaces*, sehingga sistem irigasi dapat melakukan prediksi secara *real-time* dengan model *decision tree*.

14. Perancangan Sistem Irigasi Tanaman Berbasis *Machine learning*

Perancangan sistem irigasi tanaman berbasis *machine learning* ini merupakan inovasi dalam bidang pertanian presisi yang menghubungkan antara teknologi sensor, sistem *Internet of Things* (IoT), dan algoritma kecerdasan buatan untuk menentukan kebutuhan air pada tanaman secara otomatis. Sistem ini dirancang untuk dimanfaatkan sebagai irigasi otomatis yang bersifat adaptif berbasis data aktual kondisi tanah dan lingkungan. Implementasi sistem rancangan ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air pada pertanian modern (Rochmanto & Nursaputro, 2025).

Tahapan awal perancangan meliputi akuisisi data melalui sensor kelembapan tanah, suhu, dan kelembapan udara yang terhubung dengan perangkat mikrokontroler berbasis IoT. Data yang diperoleh akan dimanfaatkan sebagai dasar pembentukan dataset pelatihan (*training dataset*). Pada penelitian ini, data pelatihan model diperoleh dari data sekunder, sedangkan data sensor digunakan sebagai masukan untuk prediksi secara *real-time*. Sistem akan mempelajari hubungan antara kondisi tanah dan kebutuhan air tanaman secara historis maupun *real-time* (Saluky & Fatimah, 2025). Algoritma *machine learning* berperan penting dalam menganalisis data sensor untuk menghasilkan keputusan penyiraman. *Decision tree* mampu mengenali pola non-linear antara variable kelembapan tanah, suhu, dan kebutuhan air tanaman, sehingga meningkatkan akurasi sistem irigasi otomatis (Saluky & Fatimah, 2025).

Tahap akhir perancangan sistem adalah implementasi berupa pompa atau katup otomatis yang akan dikendalikan berdasarkan hasil prediksi (Rochmanto & Nursaputro, 2025). Sistem akan mendeteksi bahwa kelembapan tanah berada di bawah ambang batas optimal, maka alat akan aktif secara otomatis untuk melakukan penyiraman. Sebaliknya, apabila kondisi tanah masih dalam rentang aman, sistem akan menunda irigasi guna menghemat air, hubungan antara sensor IoT dan model prediktif ini merupakan fokus utama dalam pengembangan sistem irigasi cerdas yang efisien dan berkelanjutan (Saluky & Fatimah, 2025).

Berdasarkan kajian pustaka, disimpulkan bahwa perancangan sistem irigasi tanaman berbasis *machine learning* merupakan pengembangan teknologi pertanian presisi yang memanfaatkan sensor, *Internet of Things* (IoT), dan algoritma *decision tree* untuk menentukan kebutuhan air tanaman secara otomatis. Sistem ini bekerja dengan mengumpulkan data kondisi tanah dan iklim mikro melalui sensor, kemudian dianalisis oleh *decision tree* untuk pengambilan keputusan penyiraman. Dengan demikian, sistem irigasi berbasis *machine learning* dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mendukung pengelolaan pertanian yang cerdas dan berkelanjutan.

15. Hubungan *Machine learning* dan IoT pada Sistem Irigasi

Integrasi *Machine learning* (ML) dan *Internet of Things* (IoT) dalam sistem irigasi merupakan implementasi konkret dari pertanian presisi berbasis data. IoT berfungsi sebagai sistem akuisisi data melalui sensor seperti kelembapan tanah, suhu udara, kelembapan relatif, dan intensitas

cahaya, sedangkan *machine learning* berperan dalam menganalisis data tersebut untuk menghasilkan keputusan otomatis mengenai kebutuhan air tanaman. Pendekatan ini memungkinkan sistem irigasi tidak lagi bergantung pada ambang batas statis (*threshold-based control*), tetapi menggunakan model prediktif berbasis pola historis dan kondisi lingkungan aktual (Del-Coco *et al.*, 2024). Jaiswal *et al* (2025), menjelaskan bahwa penerapan *machine learning* pada sistem irigasi mampu melakukan prediksi kebutuhan air pada tanaman dan meningkatkan efisiensi penggunaan air melalui analisis data lingkungan secara berkelanjutan.

Secara arsitektural, sistem irigasi berbasis IoT dan ML umumnya bekerja melalui integrasi tiga komponen utama yang saling terhubung, yaitu sensor lapangan sebagai pengumpul data, sistem komunikasi jaringan untuk transmisi data ke *server* atau *cloud platform*, serta lapisan analitik yang menjalankan model *machine learning* untuk menentukan waktu dan durasi penyiraman secara otomatis (Olatunde *et al.*, 2025). Integrasi ini memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data secara *real-time* dan berkelanjutan, sehingga sistem irigasi menjadi lebih responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan (Zhai *et al.*, 2020).

Dengan demikian, hubungan antara IoT dan *machine learning* dalam sistem irigasi bersifat komplementer dan saling memperkuat. IoT menyediakan data lingkungan yang akurat dan kontinu, sementara ML mengubah data tersebut menjadi informasi prediktif yang mendukung strategi irigasi optimal. Kombinasi keduanya menjadi fondasi penting

dalam pengembangan sistem irigasi cerdas yang efisien, adaptif, dan berkelanjutan dalam konteks pertanian modern.

Kesimpulan berdasarkan kajian pustaka tersebut adalah, *Internet of Things* (IoT) dan *machine learning* dalam sistem irigasi memungkinkan pengelolaan penyiraman otomatis dilakukan secara cerdas dan berbasis data. IoT berfungsi untuk mengumpulkan data kondisi lingkungan melalui berbagai sensor secara *real-time*, sedangkan *machine learning* berfungsi menganalisis data untuk menghasilkan keputusan penyiraman secara otomatis.

16. Implementasi Sistem Irigasi Berbasis IoT dan *Machine learning*

Sistem irigasi berbasis *Internet of Things* (IoT) adalah salah satu teknologi yang banyak diterapkan pada konsep pertanian presisi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan produktivitas tanaman (Mujawar *et al.*, 2024). Teknologi tersebut memanfaatkan berbagai sensor, seperti sensor kelembapan tanah, suhu, dan kelembapan udara untuk pengumpulan data secara *real-time*. Sultan *et al* (2023), menjelaskan bahwa data tersebut dikirimkan melalui jaringan internet ke sistem untuk dianalisis sehingga kondisi lahan dapat dipantau dengan jarak jauh dan proses irigasi dapat dikendalikan secara otomatis sesuai kebutuhan tanaman.

Perkembangan sistem irigasi modern mengintegrasikan metode *machine learning* untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam memprediksi kebutuhan air tanaman berdasarkan data lingkungan yang dikumpulkan oleh sensor. Model *machine learning* dapat menganalisis data

seperti kelembapan tanah, suhu, dan kondisi cuaca untuk menentukan waktu dan jumlah penyiraman yang optimal agar penggunaan air lebih efisien (Dharashive & Sawale, 2024). Integrasi antara IoT dan *machine learning* memungkinkan terciptanya sistem irigasi cerdas yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air, mengurangi pemborosan, dan mendukung praktik pertanian berkelanjutan (Syahputra & Andriani, 2025).

Dalam merancang sistem irigasi berbasis IoT dan machine learning, diperlukan alat bantu pemodelan yang dapat menggambarkan struktur dan alur kerja sistem secara jelas sebelum tahap implementasi dilakukan. *Unified Modeling Language* (UML) merupakan bahasa pemodelan standar yang digunakan untuk memvisualisasikan, merancang, dan mendokumentasikan sistem perangkat lunak melalui notasi grafis yang terstruktur. Penggunaan UML memungkinkan pengembang untuk merepresentasikan interaksi antara komponen perangkat keras (sensor, aktuator, mikrokontroler) dengan perangkat lunak (basis data, model prediksi, antarmuka pengguna) secara sistematis (Ronal *et al.*, 2022).

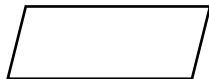
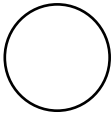
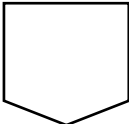
Berdasarkan kajian pustaka tersebut, dapat disimpulkan bahwa implementasi sistem irigasi berbasis *Internet of Things* (IoT) dan *machine learning* merupakan inovasi teknologi dalam bidang pertanian yang memungkinkan proses irigasi secara cerdas dan efisien. Teknologi IoT memiliki peran dalam pengumpulan data kondisi lingkungan secara *real-time* melalui sensor, sedangkan *machine learning* memprediksi kebutuhan air tanaman. Dengan gabungan kedua teknologi tersebut, sistem irigasi

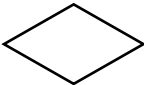
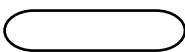
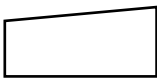
bekerja secara otomatis dalam menentukan waktu dan kebutuhan penyiraman yang optimal.

17. Flowchart

Flowchart merupakan bagan simbol yang memberikan penjelasan rinci tentang serangkaian proses dalam suatu program dan hubungan antara proses tersebut (instruksi) dan proses lainnya. *Flowchart* menampilkan langkah dan keputusan dalam melakukan sebuah proses dari suatu program. *Flowchart* membantu pengguna untuk menentukan langkah-langkah dan fungsi proyek perangkat lunak yang melibatkan banyak orang pada saat yang bersamaan.

Tabel 2. 5 Tabel Simbol-simbol *Flowchart*

SIMBOL	NAMA	KETERANGAN
	<i>Input/Output</i>	Mewakili data masukan, data keluaran yang telah diproses, atau informasi
	Proses	Mewakili operasi
	<i>Connector</i>	Digunakan untuk menuju ke atau berasal dari bagian lain dari diagram alur, terutama pada halaman yang sama
	<i>Off-page Connector</i>	Digunakan untuk menuju ke atau berasal dari bagian lain dari diagram alur pada halaman yang berbeda
	Anak Panah	Mewakili alur kerja

	Keputusan	Mewakili keputusan dalam program
	<i>Preparation</i>	Melibatkan pemberian nilai awal
	<i>Terminal Point</i>	Mewakili awal atau akhir diagram alir
	<i>Punched Card</i>	Masukan atau keluaran menggunakan kartu lubang
	Dokumen	Mewakili I/O dalam format cetak
	<i>Manual Input</i>	Masukan yang dimasukkan secara manual dari <i>keyboard</i>
	<i>Database</i>	Digunakan untuk menyimpan data dalam basis data

Sumber : (Khesya, 2021).

B. Kajian Empiris

Berdasarkan penelitian terdahulu, penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT), sensor lingkungan, serta metode *machine learning* memiliki peran penting dalam mendukung sistem pertanian modern. Teknologi tersebut memungkinkan proses pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time*, sehingga dapat membantu pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam pengelolaan irigasi dan perawatan tanaman (Prawoto & Yudhana, 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Westari & Ilman (2024), menerangkan bahwa sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor

soil moisture dan DHT22 mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air karena proses penyiraman dilakukan berdasarkan kondisi kelembapan tanah secara langsung. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi sensor dan IoT dapat membantu mengoptimalkan penggunaan sumber daya air dalam kegiatan pertanian.

Penelitian lainnya, yang dilakukan oleh Ardianto *et al* (2025), mengembangkan sistem irigasi pintar berbasis IoT yang memanfaatkan beberapa sensor lingkungan untuk melakukan monitoring kondisi tanah dan tanaman secara *real-time*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis dapat membantu meningkatkan efisiensi pengelolaan air serta mendukung peningkatan produktivitas tanaman. Di sisi lain, pemanfaatan algoritma *machine learning* seperti *decision tree* juga banyak digunakan dalam proses pengambilan suatu keputusan berbasis data. Metode *decision tree* mampu melakukan proses klasifikasi dan analisis data dengan membentuk struktur pohon keputusan yang mudah dipahami, sehingga digunakan dalam berbagai sistem cerdas untuk membantu proses analisis dan pengambilan keputusan secara otomatis (Khairi *et al.*, 2024).

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat diartikan bahwa hubungan teknologi IoT, sensor lingkungan, dan *machine learning* memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan dalam sistem pertanian cerdas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan sebagai pengembangan dalam penelitian sebelumnya dengan merancang sistem irigasi berbasis IoT yang memanfaatkan

data sensor lingkungan serta metode *decision tree* untuk membantu proses pengambilan keputusan dalam penyiraman tanaman agar lebih efisien dan tepat.

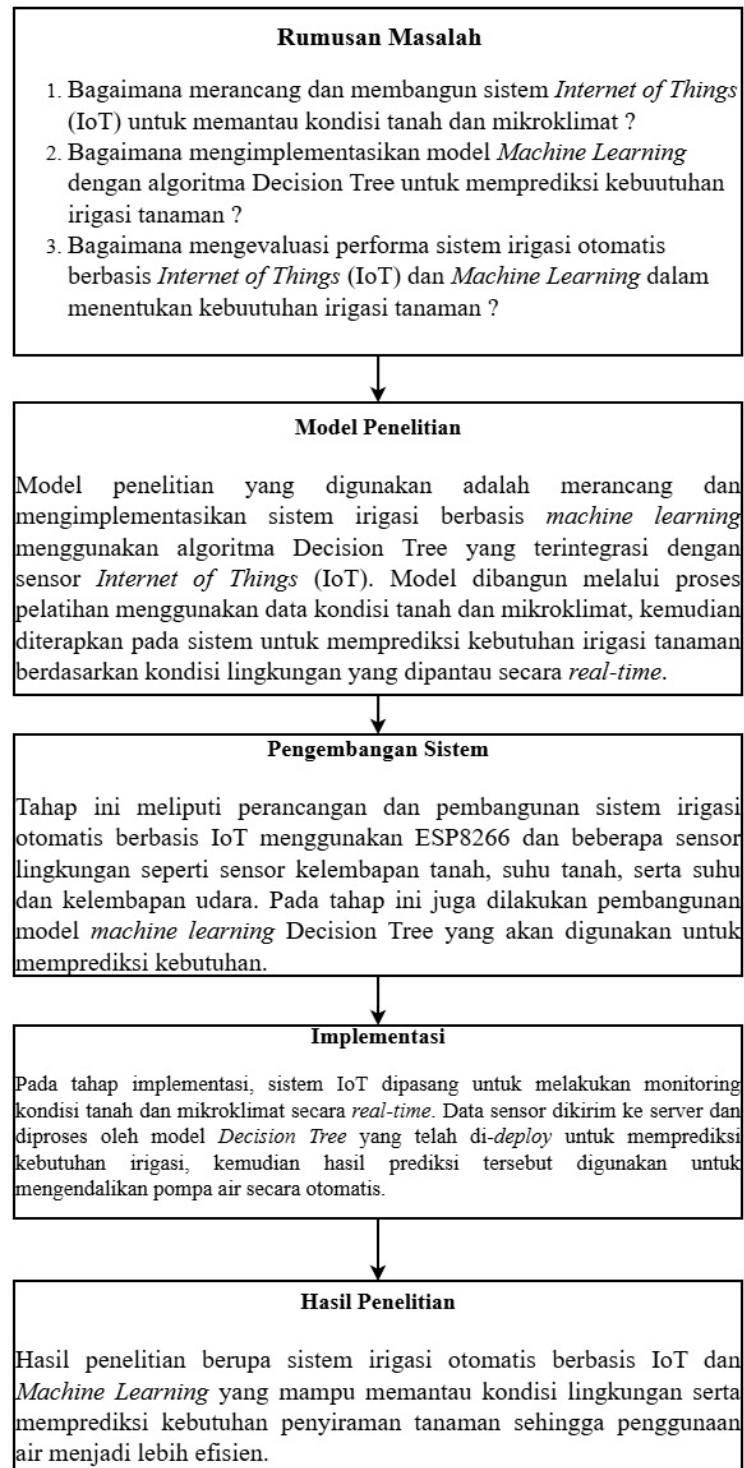
C. Kerangka Berfikir

Dalam kegiatan pertanian, ketersediaan air dan ketepatan penyiraman merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi pertumbuhan serta produktivitas tanaman. Proses penyiraman yang masih dilakukan secara manual kurang efisien karena belum mempertimbangkan kondisi lingkungan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan inovasi sistem yang mampu memantau kondisi lingkungan secara real-time dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT).

Sistem yang dibangun memanfaatkan beberapa sensor, yaitu sensor suhu tanah DS18B20, sensor suhu dan kelembapan udara DHT22, serta sensor kelembapan tanah *capacitive soil moisture*, untuk memperoleh data kondisi tanah dan iklim mikro. Data sensor tersebut kemudian dikirim ke *server* untuk diproses menggunakan model *machine learning* berbasis algoritma *Decision Tree* yang telah dilatih sebelumnya. Model yang sudah di *deploy* pada *server* berperan memprediksi kebutuhan irigasi tanaman berdasarkan data sensor yang diterima secara langsung.

Hasil prediksi dari model kemudian digunakan sebagai dasar pengendalian pompa air secara otomatis, sehingga proses penyiraman dapat dilakukan secara tepat sesuai kondisi lingkungan tanaman. Dengan pendekatan ini, sistem diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air serta mendukung pengelolaan pertanian yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Berdasarkan rumusan masalah dan latar belakang yang telah diuraikan, peneliti menyusun kerangka berpikir sebagai berikut :



Gambar 2. 5 Kerangka Berfikir