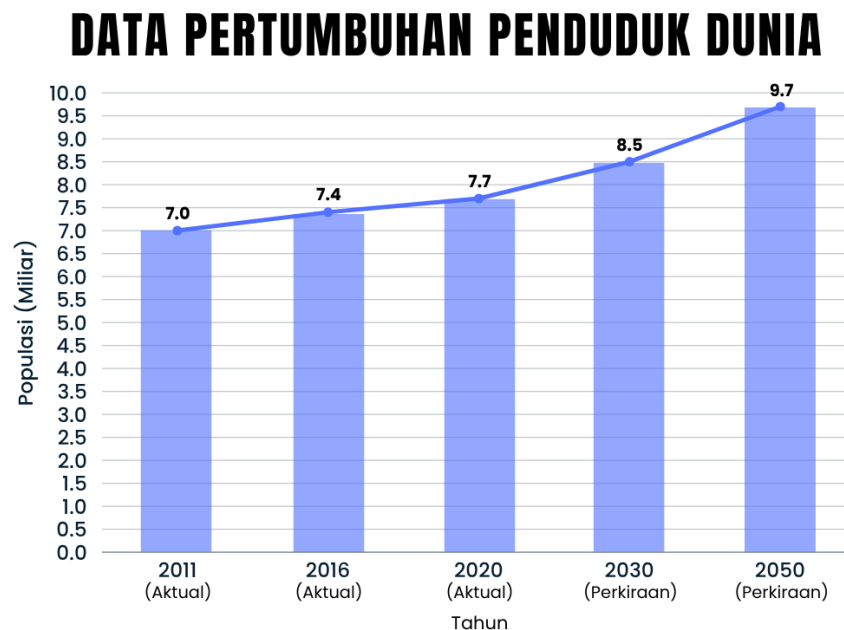


BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini kebutuhan pangan melonjak tinggi di pasaran khususnya seperti sayuran dan buah-buahan seiring perkembangan jumlah penduduk. Namun hal itu tidak dibarengi dengan pertumbuhan lahan pertanian yang justru semakin sempit (Rustan dkk., 2021). Dilansir dari situs resmi *United Nation*, pada tahun 2011 jumlah penduduk dunia mencapai 7 miliar orang. Kemudian di 2016 mencapai 7.4 miliar orang dan jumlah penduduk dunia 2020 mencapai 7.7 miliar orang. Diperkirakan pada 2030 akan mencapai 8.5 miliar penduduk dan pada 2050 mencapai 9.7 miliar penduduk dunia (Darmawan dkk., 2022).



Gambar 1.1 Data Pertumbuhan Penduduk Dunia

Dengan adanya fenomena ini berdampak pada masifnya konversi lahan untuk dijadikan kawasan pemukiman dan industri. Era modern seperti saat ini, media tanam hidroponik sangat membantu bagi skala rumah tangga yang tidak memiliki lahan kosong untuk bercocok tanam sehingga lahan yang sempit sekalipun dapat dimanfaatkan untuk menanam sayuran seperti bayam, tomat, sawi, cabai dan

beberapa tanaman lainnya (Wali dkk., 2021). Tanaman yang banyak dibudidayakan dengan menggunakan sistem hidroponik adalah tanaman selada (*Lactuca sativa L.*).

Tanaman selada merupakan tanaman hortikultura yang dapat tumbuh secara optimal pada kawasan dingin hingga tropis, selain itu telah dibudidayakan secara luas karena bernilai ekonomis sehingga memberikan peluang keuntungan bagi sistem tanam hidroponik (Zahra dkk., 2023). Menurut Badan Pusat Statistik (2024), permintaan selada di pasar dunia cukup meningkat seperti ekspor pada tahun 2023 sebesar 27.176 ton dan impor selada tahun 2023 sebesar 12.525 ton. Tingginya permintaan selada ini menunjukkan bahwa selada merupakan jenis sayuran dengan jumlah produksi yang tinggi (Firmansyah dkk., 2025). Oleh karena itu, budidaya selada memiliki potensi besar untuk dikembangkan (Fajeriana & Abd. Kadir, 2024). Namun dalam praktiknya, pengelolaan nutrisi pada sistem hidroponik masih menjadi tantangan utama. Pemberian nutrisi yang tidak tepat, baik dari segi konsentrasi maupun waktu, dapat memengaruhi pertumbuhan dan kualitas tanaman. Pada umumnya, proses pengontrolan nutrisi masih dilakukan secara manual berdasarkan pengalaman dan pengamatan visual, sehingga berpotensi menimbulkan ketidaktepatan dalam pengambilan keputusan. Transformasi digital melalui konsep *smart farming* menjadi jawaban efektif untuk mengatasi kendala manual ini dengan mengintegrasikan sistem monitoring berbasis sensor dan kontrol otomatis.

Salah satu faktor pendorong utama di balik perkembangan *smart farming* adalah kemajuan dalam sensor dan teknologi pemantauan. Sensor-sensor yang dapat dipasang di lahan pertanian mampu mengumpulkan data yang berkaitan dengan suhu, kelembaban tanah, kadar nutrisi, dan kondisi tanaman secara *real-time* (Rahmadi M.Kom dkk., 2024). Data *real-time* dari berbagai sensor ini kemudian perlu diolah melalui sistem pengambilan keputusan yang adaptif agar sesuai dengan kebutuhan nutrisi yang diperlukan tanaman selada hidroponik. Metode *fuzzy logic* dapat diaplikasikan sebagai solusi untuk mengatasi persoalan tersebut. Algoritma *fuzzy* adalah metode logika yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang memiliki variabel yang tidak pasti (Fathurrahman dkk., 2023). Dasar logika *fuzzy* ialah teori himpunan *Fuzzy*. Logika *Fuzzy* pertama

kali diperkenalkan oleh Prof. Lutfi A. Zadeh di tahun 1965 yang merupakan peneliti dari Universitas California dan mendalami ilmu di bidang komputer (Trimartani dalam Yuliantika & Listya Kartika, 2022).

Penggunaan logika *fuzzy* dalam sektor pertanian sangat beragam, mulai dari sistem irigasi cerdas hingga prediksi produktivitas pertanian (S. A. Putri dkk., 2024). Dengan menggunakan algoritma *fuzzy*, proses pengontrolan nutrisi dan suhu dapat dilakukan lebih efisien. Salah satu alasan pemilihan untuk menggunakan logika *fuzzy* adalah karena memiliki spektrum output yang luas, sehingga output tidak hanya bisa bernilai 0 atau 1, tetapi juga bisa bernilai seperti 0.1, 0.15, dan seterusnya (Fathurrahman dkk., 2023). Menurut Maibang & Husein (2019), ada beberapa metode dalam perhitungan logika *fuzzy*, yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani, dan metode Sugeno. Masing-masing metode memiliki cara dan hasil perhitungan yang berbeda (Muflihunna & Mashuri, 2022). Metode Mamdani diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Menurut Sukandy dkk. (2008), metode Mamdani paling sering digunakan dalam aplikasi karena strukturnya yang sederhana dan menggunakan operasi MIN-MAX atau MAX PRODUCT. Metode Sugeno diperkenalkan pada tahun 1985 oleh Takagi-Sugeno Kang. Metode *fuzzy* Sugeno hampir sama dengan *fuzzy* Mamdani, yang membedakan yaitu output berupa konstanta atau persamaan linear, sedangkan output pada metode *fuzzy* Mamdani berupa himpunan *fuzzy* (Muflihunna & Mashuri, 2022). *Fuzzy* Mamdani dan Sugeno menawarkan pendekatan yang berbeda untuk sistem inferensi logika *fuzzy*. Metode Mamdani menggunakan aturan *fuzzy* untuk memetakan variabel input ke variabel output, sehingga memungkinkan aturan linguistik digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Metode Sugeno menawarkan sistem inferensi yang menggabungkan aturan *fuzzy* dengan fungsi matematika (Sihombing, 2024).

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, penerapan logika *fuzzy* pada sistem hidroponik telah banyak dikembangkan. Penelitian oleh Nuryudin dkk., (2024) menerapkan metode *fuzzy* Mamdani pada sistem monitoring dan kontrol nutrisi hidroponik, sedangkan penelitian oleh Yulianto dkk., (2022) menggunakan metode *fuzzy* Sugeno untuk menentukan kondisi nutrisi tanaman hidroponik. Kedua

penelitian tersebut menunjukkan bahwa masing-masing metode mampu mendukung proses pengambilan keputusan dalam sistem hidroponik, namun hanya berfokus pada penggunaan satu metode sehingga belum memberikan gambaran mengenai kelebihan maupun kekurangan masing-masing metode apabila diterapkan pada kondisi dan parameter yang sama. Di sisi lain, penelitian oleh Rumfot dkk., (2024) dan Suryadi & Romansyah, (2024) telah melakukan perbandingan metode *fuzzy* Mamdani, Tsukamoto, dan Sugeno pada domain prediksi produksi industri batu pecah dan optimasi produksi teh, serta penelitian oleh Putri & Sitepu, (2024) yang melakukan perbandingan kedua metode *fuzzy* Mamdani dan Sugeno pada domain prediksi kebutuhan darah. Ketiga penelitian tersebut diterapkan pada domain yang berbeda dan tidak ada yang berada pada konteks hidroponik sehingga hasilnya belum dapat dijadikan acuan untuk sistem nutrisi monitoring hidroponik. Selain itu, evaluasi pada penelitian-penelitian tersebut umumnya menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai metrik perbandingan.

Berdasarkan kondisi tersebut, masiiah terdapat celah penelitian, yaitu belum adanya penelitian yang membandingkan metode *fuzzy* Mamdani dan Sugeno dalam domain monitoring nutrisi hidroponik berbasis IoT menggunakan kombinasi parameter TDS dan suhu air. Oleh karena itu penelitian ini melakukan perbandingan kedua metode *fuzzy* Mamdani dan Sugeno menggunakan metrik MAPE untuk mengukur kedekatan nilai crisp output terhadap nilai referensi, serta Confusion Matrix sebagai metrik tambahan untuk mengukur akurasi hasil klasifikasi terhadap label pakar.

Dalam penelitian ini data kondisi nutrisi tanaman diperoleh melalui sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memanfaatkan sensor TDS dan sensor suhu air sebagai sumber data secara *real-time*. Data tersebut kemudian digunakan sebagai input dalam proses analisis kondisi nutrisi menggunakan metode *fuzzy* Mamdani dan *fuzzy* Sugeno. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja metode *fuzzy* Mamdani dan *fuzzy* Sugeno dalam menentukan kondisi nutrisi tanaman hidroponik selada berdasarkan data sensor TDS dan suhu air nutrisi. Perbandingan dilakukan

berdasarkan aspek output numerik dan keputusan klasifikasi. Melalui pengembangan ini, diharapkan petani hidroponik dapat lebih mudah mengambil keputusan yang tepat berdasarkan data *real-time* dari sensor agar tanaman mendapatkan nutrisi yang tepat untuk meningkatkan hasil dan penggunaan sumber daya yang efisien. Hasil perbandingan metode *fuzzy* Mamdani dan Sugeno dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya agar pemilihan metode *fuzzy logic* untuk sistem monitoring nutrisi pada tanaman hidroponik selada berbasis IoT dapat lebih optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat sistem monitoring nutrisi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mengukur kadar TDS dan suhu air nutrisi tanaman hidroponik selada?.
2. Bagaimana implementasi metode *fuzzy* Mamdani dan *fuzzy* Sugeno untuk monitoring nutrisi pada tanaman hidroponik selada berbasis IoT?.
3. Bagaimana hasil analisis perbandingan metode *fuzzy* Mamdani dan *fuzzy* Sugeno berdasarkan hasil akhir dan keputusan yang diambil masing-masing metode untuk monitoring nutrisi pada tanaman hidroponik selada berbasis IoT?.

1.3 Tujuan

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini antara lain adalah:

1. Merancang dan membuat sistem monitoring nutrisi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mengukur kadar TDS dan suhu air nutrisi tanaman hidroponik selada.
2. Mengimplementasikan metode *fuzzy* Mamdani dan *fuzzy* Sugeno untuk monitoring nutrisi pada tanaman hidroponik selada berbasis IoT.
3. Mengetahui hasil analisis perbandingan metode *fuzzy* Mamdani dan *fuzzy* Sugeno berdasarkan hasil akhir dan keputusan yang diambil masing-masing metode untuk monitoring nutrisi pada tanaman hidroponik selada berbasis IoT.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil melalui penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membantu dan mempermudah petani selada hidroponik dalam pemantauan nutrisi tanaman secara *real-time*.
2. Memberikan data komparatif antara metode *fuzzy* Mamdani dan *fuzzy* Sugeno sehingga dapat ditentukan metode yang lebih optimal untuk monitoring nutrisi pada tanaman hidroponik selada berbasis IoT.
3. Hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi akademis sebagai referensi komparatif antara metode *fuzzy* Mamdani dan *fuzzy* Sugeno untuk penelitian dan pengembangan sistem serupa di masa depan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian Perbandingan Metode *Fuzzy* Mamdani dan Sugeno untuk Monitoring Nutrisi pada Tanaman Hidroponik Selada Berbasis IoT adalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya berfokus pada analisis perbandingan metode *fuzzy* Mamdani dan *fuzzy* Sugeno untuk monitoring nutrisi pada tanaman hidroponik selada berbasis IoT.
2. Penelitian hanya memantau 2 parameter untuk metode *fuzzy logic* yaitu TDS (*Total Dissolved Solids*) dengan rentang 800-1200 ppm dan suhu air nutrisi dengan rentang 23°C-27°C.
3. Rule base *fuzzy* yang digunakan mengikuti ketentuan yang telah disepakati oleh pakar.
4. Jenis tanaman uji yang digunakan dalam penelitian adalah selada keriting (*Lactuca sativa L.*). Jika terdapat jenis selada dengan kebutuhan nutrisi spesifik atau berbeda, sistem mungkin membutuhkan kalibrasi ulang.
5. Sistem bergantung pada koneksi jaringan Wi-Fi 2,4GHz untuk transmisi data sensor.