



IMPLEMENTASI *FUZZY SUGENO* BERBASIS IoT PADA SISTEM MONITORING HIDROPONIK SELADA

Yogi Ardiansyah

Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

Hadi Sucipto

Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

Alamat: Tebuireng, Jl. Irian Jaya No.55, Cukir, Kec. Diwek, Kabupaten Jombang, Jawa Timur 61471.

Korespondensi penulis: yogiardiansyah@mhsunhasy.ac.id

Abstract. *Hydroponic cultivation of lettuce requires precise monitoring of environmental parameters to ensure optimal growth. This research aims to develop an Internet of Things (IoT)-based hydroponic monitoring system with the fuzzy sugeno method to monitor critical parameters such as pH, temperature, and Total Dissolved Solids (TDS) in real-time. The main problem that was overcome was the nutritional and environmental instability of conventional hydroponic systems that relied on manual supervision. The system uses pH, DS18B20 (temperature) and TDS sensors connected to the ESP32 microcontroller. The data is processed using fuzzy sugeno's logic to classify hydroponic conditions into "Excellent", "Good", "Moderate", or "Poor". The monitoring results are displayed through the Blynk and Telegram platforms, including action recommendation notifications if the parameters deviate from the ideal value. Testing shows high accuracy with a temperature sensor error rate of 0.38%, TDS 1.80%, and pH 3.90%. The system is also consistent with MATLAB simulations, resulting in a Mean Absolute Error (MAE) of 0.01. With the integration of IoT and the Fuzzy Sugeno method, this research provides an efficient solution to increase hydroponic productivity through automated and data-driven monitoring.*

Keywords: *Hydroponics, IoT, fuzzy sugeno, Monitoring, Blynk.*

Abstrak. Budidaya hidroponik selada memerlukan pemantauan parameter lingkungan secara presisi untuk memastikan pertumbuhan optimal. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring hidroponik berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan metode *fuzzy sugeno* untuk memantau parameter kritis seperti pH, suhu, dan Total Dissolved Solids (TDS) secara *real-time*. Permasalahan utama yang diatasi adalah ketidakstabilan nutrisi dan lingkungan pada sistem hidroponik konvensional yang bergantung pada pengawasan manual. Sistem ini menggunakan sensor pH, DS18B20 (suhu), dan TDS yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32. Data diproses menggunakan logika *fuzzy sugeno* untuk mengklasifikasikan kondisi hidroponik menjadi "Sangat Baik", "Baik", "Sedang", atau "Buruk". Hasil pemantauan ditampilkan melalui platform Blynk dan Telegram, termasuk notifikasi rekomendasi tindakan jika parameter menyimpang dari nilai ideal. Pengujian menunjukkan akurasi tinggi dengan tingkat kesalahan sensor suhu 0,38%, TDS 1,80%, dan pH 3,90%. Sistem ini juga konsisten dengan simulasi MATLAB, menghasilkan *Mean Absolute Error* (MAE) 0,01. Dengan

integrasi IoT dan metode *fuzzy sugeno*, penelitian ini memberikan solusi efisien untuk meningkatkan produktivitas hidroponik melalui pemantauan otomatis dan berbasis data.

Kata kunci: Hidroponik, IoT, *fuzzy sugeno*, Monitoring, Blynk.

LATAR BELAKANG

Hidroponik telah menjadi solusi inovatif dalam pertanian modern untuk mengatasi keterbatasan lahan pertanian, terutama di daerah perkotaan. Dalam sistem hidroponik, kualitas nutrisi dan lingkungan tumbuh merupakan faktor kritis yang menentukan keberhasilan budidaya tanaman. Parameter seperti pH air, suhu, dan kelembaban harus dijaga secara presisi untuk memastikan penyerapan nutrisi yang optimal oleh tanaman. Ketidakstabilan parameter tersebut dapat mengganggu pertumbuhan tanaman, mengurangi hasil panen, bahkan menyebabkan kematian tanaman. Pengendalian manual terbukti kurang efektif dalam stabilisasi pH, sehingga diperlukan sistem otomatisasi yang akurat dan real-time untuk memastikan kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman hidroponik.¹

Fenomena yang terjadi saat ini menunjukkan bahwa banyak pelaku budidaya hidroponik masih mengandalkan pemantauan parameter kritis seperti pH air, suhu, dan kadar nutrisi secara manual. Metode ini tidak hanya tidak efisien tetapi juga rentan terhadap kesalahan manusia dan keterlambatan deteksi masalah, yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman dan menurunkan hasil panen. Selain itu, ketidakmampuan memantau kondisi tanaman secara real-time seringkali menyebabkan intervensi yang terlambat, terutama dalam skala usaha yang lebih besar. Oleh karena itu, diperlukan solusi teknologi seperti sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat memberikan data akurat dan real-time untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas budidaya hidroponik.²

Untuk mengatasi permasalahan ketidakakuratan dan ketidak efisienan dalam pemantauan parameter hidroponik secara manual seperti yang ditemukan pada penelitian sebelumnya, penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem otomasi hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan metode fuzzy sugeno. Sistem ini dirancang untuk melakukan pemantauan real-time terhadap parameter kritis seperti pH, suhu, dan kelembaban, sekaligus mampu mengambil tindakan korektif secara otomatis. Metode fuzzy sugeno dipilih karena kemampuannya yang unggul dalam menangani data tidak pasti dan non-linier pada sistem hidroponik, serta mampu memberikan respons yang lebih cepat dan akurat dibandingkan sistem konvensional. Dengan pendekatan ini, sistem tidak hanya menyajikan data monitoring, tetapi juga secara cerdas mengoptimalkan kondisi lingkungan tumbuh tanaman melalui aktuator yang terkendali, sehingga meningkatkan efektivitas budidaya hidroponik secara keseluruhan.³

Seiring perkembangan era digitalisasi, pengembangan sistem monitoring hidroponik berbasis IoT yang mengintegrasikan berbagai sensor dengan metode fuzzy sugeno menjadi kebutuhan mendesak untuk menyediakan pemantauan real-time parameter kritis seperti pH, suhu, dan total dissolve solid secara lebih akurat. Metode fuzzy sugeno dipilih karena kemampuannya mengolah data sensor yang dinamis dan tidak pasti, dan memungkinkan pengguna mengambil keputusan tepat berdasarkan

¹ Alam, R. L., & Nasuha, A. (2020).

² Fathurrahman, I., Saiful, M., & Samsu, L. M. (2021).

³ Fiqar, T. P., Fitriani, F., & Abdullah, R. K. (2023).

kondisi aktual tanpa melibatkan kontrol otomatis, sehingga sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif yang meningkatkan efektivitas pemantauan dan pengambilan keputusan dalam budidaya hidroponik.

KAJIAN TEORITIS

Internet of things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang menghubungkan beberapa perangkat dan memungkinkan pertukaran data di antara perangkat tersebut dalam satu jaringan. IoT memungkinkan objek fisik untuk melihat, mendengar, berpikir, dan melakukan pekerjaan dengan berkomunikasi bersama, berbagi informasi, dan mengkoordinasikan keputusan. Ide dasar dari IoT adalah menghubungkan perangkat-perangkat ini untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas di berbagai bidang seperti pemerintahan, industri, pendidikan, dan kesehatan.⁴

Selada

Selada merupakan salah satu jenis sayuran daun yang populer dibudidayakan secara hidroponik. Tanaman ini memiliki ciri khas daun lebar berwarna hijau muda hingga hijau tua (tergantung varietas) dengan bentuk beragam, seperti oval, keriting, atau bergelombang, dan batang yang pendek. Sebagai tanaman yang termasuk dalam keluarga *Asteraceae (Compositae)*, selada memiliki siklus pertumbuhan yang relatif cepat, yaitu dapat dipanen dalam waktu 30-45 hari setelah tanam. Tanaman ini sangat cocok dibudidayakan dengan sistem hidroponik seperti NFT (*Nutrient Film Technique*) atau DFT (*Deep Flow Technique*) karena memiliki perakaran yang dangkal dan tidak membutuhkan ruang tumbuh yang luas.⁵

Fuzzy Sugeno

Fuzzy sugeno merupakan salah satu metode dalam logika fuzzy yang digunakan untuk menghasilkan output yang lebih presisi dan efisien. Metode ini dikembangkan oleh Takagi, Sugeno, dan Kang, dan sering disebut juga sebagai Takagi-Sugeno-Kang (TSK) *fuzzy inference system*.⁶

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan sistem rekayasa berbasis teknologi informasi melalui metode kuantitatif terapan. Fokus utama studi ini adalah perancangan dan implementasi sistem pemantauan kualitas air berbasis IoT yang memanfaatkan metode fuzzy Sugeno untuk analisis data lingkungan. Sistem dirancang untuk mengukur tiga parameter utama kualitas air pH, suhu, dan nilai ppm (part per million) lalu mengkategorikan hasilnya ke dalam empat tingkatan: buruk, sedang, baik, atau sangat baik.

Pemilihan fuzzy Sugeno sebagai metode analisis didasarkan pada keunggulannya dalam efisiensi komputasi. Untuk meningkatkan responsivitas, sistem ini dilengkapi fitur notifikasi ganda yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk dan Telegram. Dengan demikian, pengguna dapat segera mendapatkan peringatan otomatis di perangkat seluler ketika sistem mendeteksi abnormalitas pada kualitas air.

Pada penelitian kali ini melakukan pengumpulan data melalui observasi lapangan di sebuah lokasi budidaya hidroponik di Desa Deras, Kecamatan Diwek, Kabupaten

⁴ Wilianto dan Ade Kurniawan (2020)

⁵ Eden Green. (n.d.). Hydroponic butterhead lettuce. Diakses pada 22 Juni 2025, dari <https://www.edengreen.com/blog-collection/hydroponic-butterhead-lettuce>.

⁶ Yosia Nindra Kristiantya, Eko Setiawan, Barlian Henryranu Prasetyo (2022).

Jombang. Sistem pemantauan dipasang dan diuji coba secara bertahap dengan periode pengujian mingguan selama penelitian berlangsung.

Pada instalasi hidroponik, khususnya di bagian tandon nutrisi, dipasang berbagai sensor untuk memantau parameter kualitas air secara real-time, meliputi: pH meter untuk mengukur tingkat keasaman larutan nutrisi, TDS/EC meter untuk memonitor konsentrasi nutrisi terlarut, serta sensor suhu untuk mengawasi kondisi lingkungan budidaya. Seluruh perangkat ini bekerja secara kontinu guna memastikan akurasi data yang diperoleh.

Proses analisis data dengan menggunakan metode *fuzzy sugeno* dilakukan dengan 3 tahapan seperti dibawah ini:

a. Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi merupakan tahap dimana nilai tegas akan diubah menjadi sebuah fungsi keanggotaan atau biasa disebut dengan *membership function* dan dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 1 Fuzzyfikasi

Variabel	Range Nilai
Suhu Dingin	0 - 18°C
Suhu Optimal	18 - 25°C
Suhu Panas	25 - 30°C+
pH Asam	1 – 5.5
pH Optimal	6 – 7
pH Basa	7.5 – 14
TDS Rendah	0 - 560
TDS Optimal	560 – 840
TDS Tinggi	840 – 1000+

b. Inferensi

Dalam logika fuzzy, aturan (rule) terdiri dari satu kondisi dan satu tindakan. Kondisi merupakan kombinasi dari masukan himpunan fuzzy, sedangkan tindakan ditentukan oleh keluaran himpunan fuzzy seperti tabel dibawah.

Tabel 2 Rules

No	Kondisi Suhu	Kondisi pH	Kondisi PPM	Output
1	Optimal	Optimal	Optimal	76-100
2	Optimal	Optimal	Tidak Optimal	51-75
3	Optimal	Tidak Optimal	Optimal	51-75
4	Tidak Optimal	Optimal	Optimal	51-75
5	Optimal	Tidak Optimal	Tidak Optimal	26-50
6	Tidak Optimal	Optimal	Tidak Optimal	26-50
7	Tidak Optimal	Tidak Optimal	Optimal	26-50
8	Tidak Optimal	Tidak Optimal	Tidak Optimal	0-25

Tabel 3 keterangan

Output (Z)	Kategori Kualitas
76-100	Sangat Baik
51-75	Baik
26-50	Sedang
0-25	Buruk

c. Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi merupakan dimana tahap output dari aturan aturan yang telah ditentukan pada basis pengetahuan diatas menjadikan nilai output pada proses defuzzyfikasi ini.

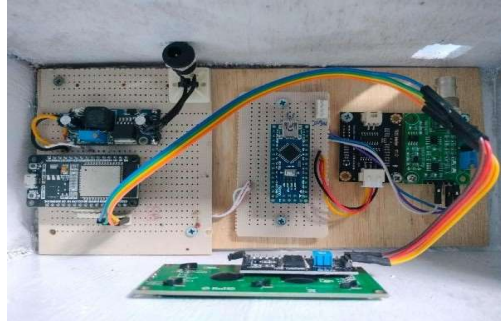
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

Implementasi sistem ini terdiri dari rangkaian perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) yang saling terintegrasi sebagai berikut:

1. Implementasi Hardware

Penelitian ini mengembangkan sistem hardware berbasis IoT untuk pemantauan parameter hidroponik secara real-time. Rangkaian elektronik dirancang dengan komponen utama meliputi: modul ESP32 sebagai pengendali pusat, sensor DS18B20 untuk pengukuran suhu, sensor pH meter analog, dan sensor TDS meter untuk analisis nutrisi. Seluruh sensor terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino Nano yang berfungsi sebagai antarmuka pengukuran.



Gambar 1 Tampilan alat

Pada Gambar 1 menampilkan desain sistem monitoring hidroponik selada berbasis IoT. Dimana terdapat komponen yakni: arduino uno dan juga ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang menerima dan memproses data dari tiga sensor utama, yaitu sensor DS18B20 untuk mengukur suhu larutan hidroponik, sensor pH meter analog untuk mendeteksi tingkat keasaman nutrisi, serta sensor TDS meter yang mengukur konsentrasi nutrisi terlarut. Hasil pembacaan sensor ditampilkan secara real-time melalui LCD 16x2.

2. Implementasi Software

Implementasi software pada penelitian ini menggunakan arduino IDE sebagai media penulisan source code yang dijalankan oleh mikrokontroler arduino nano dan juga esp 32. Sistem ini terintegrasi dengan platform Blynk untuk visualisasi data real-time melalui antarmuka web dan mobile, serta Telegram Bot untuk notifikasi otomatis ketika parameter suhu, pH, atau TDS berada di luar batas normal. Data sensor dikirim secara berkala setiap 1 menit melalui koneksi internet, dengan fitur penyimpanan lokal sebagai cadangan saat koneksi terputus, menjamin keandalan sistem dalam pemantauan kondisi hidroponik secara terus-menerus.



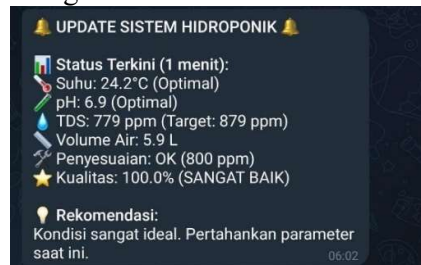
Gambar 2 Tampilan pada blynk

Pada gambar 2 menampilkan tampilan antarmuka mobile untuk sistem monitoring kualitas air dimana disitu tampil nilai maupun kondisi serta rekomendasi parameter pada aplikasi blynk mobile.

3. Notifikasi

Berikut ini adalah notifikasi parameter dengan keadaan secara real-time melalui telegram

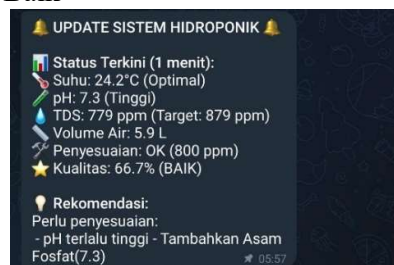
1. Notifikasi Parameter Sangat Baik



Gambar 3 Notifikasi parameter sangat baik

Pada Gambar 3 menunjukkan notifikasi bahwa semua keadaan parameter saat ini dalam kondisi optimal atau ideal.

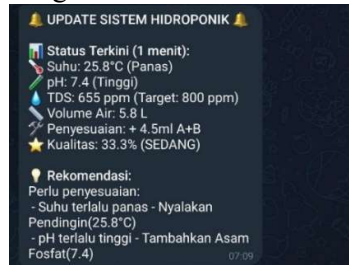
2. Notifikasi Parameter Baik



Gambar 4 Notifikasi parameter baik

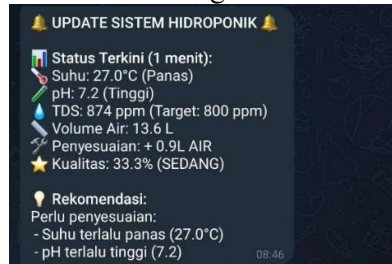
Pada Gambar 4 menunjukkan notifikasi bahwa salah satu keadaan parameter saat ini tidak dalam kondisi optimal atau ideal yakni pada kandungan pH dan rekomendasi yang muncul adalah menambahkan asam fosfat untuk menurunkan pH.

3. Notifikasi Parameter Sedang



Gambar 5 Notifikasi parameter sedang

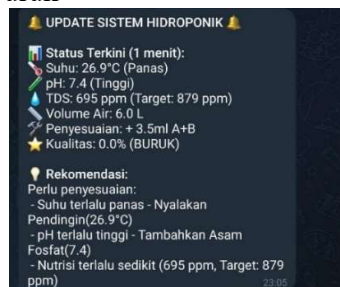
Pada Gambar 5 menunjukkan notifikasi bahwa dua keadaan parameter saat ini tidak dalam kondisi optimal atau ideal yakni pada suhu seta kadar pH maka rekomendasi yang muncul adalah menyalakan pendingin dan menambahkan asam fosfat untuk menurunkan pH. Namun karena target PPM adalah 800 maka sistem akan memberitahu juga mengenai penambahan nutrisi sesuai dengan volume dan target PPM.



Gambar 6 Notifikasi parameter sedang

Pada Gambar 6 menunjukkan notifikasi bahwa dua keadaan parameter saat ini tidak dalam kondisi optimal atau ideal yakni pada suhu seta kadar pH maka rekomendasi yang muncul adalah menyalakan pendingin dan menambahkan asam fosfat untuk menurunkan pH. Namun karena target PPM adalah 800 maka sistem akan memberitahu juga mengenai penambahan air sesuai dengan volume dan target PPM.

4. Notifikasi Parameter Buruk



Gambar 7 Notifikasi parameter buruk

Pada Gambar diatas menunjukkan notifikasi bahwa tiga keadaan parameter saat ini tidak dalam kondisi optimal atau ideal yakni pada suhu, kadar pH serta nutrisi maka rekomendasi yang muncul adalah menyalakan pendingin, menambahkan asam fosfat untuk menurunkan pH dan penambahan nutrisi sesuai dengan volume dan target PPM.

B. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi keakuratan sistem fuzzy sugeno yang telah dirancang dalam menentukan nilai output berdasarkan tiga parameter masukan, yaitu suhu (°C), pH dan juga total ppm nutrisi. Hasil dari sistem dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan Matlab.

Tabel 4 Hasil pengujian

Waktu	Suhu	pH	TDS	Status	Sistem	Matlab
06/06/2025 00:21	26.3	7.5	775.7	Sedang	58.80	58.79
06/06/2025 00:51	26.2	7.3	773.2	Sedang	58.80	58.78
06/06/2025 01:21	26.1	6.1	770.7	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 01:51	26.1	7.2	768.2	Sedang	58.80	58.77
06/06/2025 02:21	25.9	7.6	765.5	Sedang	58.80	58.76
06/06/2025 02:51	25.9	6.3	763.0	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 03:21	25.8	6.9	760.5	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 03:51	25.7	7.8	758.0	Sedang	58.80	58.75
06/06/2025 04:21	25.6	6.6	755.5	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 04:51	25.5	6.7	753.0	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 05:22	25.4	7.9	750.7	Sedang	58.80	58.74
06/06/2025 05:52	25.3	6.8	748.0	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 06:22	25.2	6.4	745.7	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 06:52	25.4	7.7	743.2	Sedang	58.80	58.73
06/06/2025 07:22	25.5	7.1	740.5	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 07:52	25.7	6.1	738.2	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 08:22	26.0	7.4	735.7	Sedang	58.80	58.72
06/06/2025 08:52	26.4	7.4	733.2	Sedang	58.80	58.71
06/06/2025 09:22	26.8	6.1	730.7	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 09:52	27.2	7.1	728.0	Sedang	58.80	58.70
06/06/2025 10:22	27.5	7.6	725.5	Sedang	58.80	58.69
06/06/2025 10:52	27.9	6.4	723.2	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 11:22	28.3	6.9	720.5	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 11:52	28.7	7.9	718.0	Sedang	58.80	58.68
06/06/2025 12:22	29.2	6.6	715.5	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 12:52	29.9	6.6	713.2	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 13:22	30.5	7.8	710.7	Sedang	58.80	58.67
06/06/2025 13:52	31.0	6.9	708.2	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 14:22	31.1	6.3	705.7	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 14:52	31.1	7.6	703.2	Sedang	58.80	58.66
06/06/2025 15:22	30.9	7.1	700.7	Sedang	58.80	58.65
06/06/2025 15:52	30.7	6.1	698.2	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 16:22	30.4	7.3	695.9	Sedang	58.80	58.64
06/06/2025 16:52	30.2	7.4	693.2	Sedang	58.80	58.63
06/06/2025 17:22	29.9	6.2	690.7	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 17:53	29.7	6.6	688.0	Baik	75.00	75.00

06/06/2025 18:23	29.4	7.9	685.7	Sedang	58.80	58.62
06/06/2025 18:53	29.1	6.9	683.2	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 19:23	28.8	6.4	680.7	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 19:54	28.6	7.6	678.4	Sedang	58.80	58.61
06/06/2025 20:24	28.4	7.1	676.0	Sedang	58.80	58.60
06/06/2025 20:54	28.2	6.1	673.5	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 21:24	28.0	7.4	671.0	Sedang	58.80	58.59
06/06/2025 21:54	27.8	7.4	668.5	Sedang	58.80	58.58
06/06/2025 22:24	27.6	6.2	666.0	Baik	75.00	75.00
06/06/2025 22:54	27.4	7.1	663.7	Sedang	58.80	58.57
06/06/2025 23:24	27.2	7.7	661.2	Sedang	58.80	58.56
06/06/2025 23:54	27.0	6.4	658.7	Baik	75.00	75.00

Pada tabel diatas dijelaskan hasil pengujian sistem *fuzzy sugeno* terhadap 48 data uji yang terdiri dari tiga parameter. Untuk mengukur tingkat kesesuaian hasil sistem dengan MATLAB, digunakan metode *Mean Absolute Error* (MAE), yaitu rata-rata dari selisih absolut antara hasil output sistem dan hasil dari MATLAB. Rumus MAE adalah sebagai berikut :

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Output_{sistem} - Output_{matlab}|$$

$$MAE = \frac{0,48}{48} = 0,01$$

Dari hasil pengujian terhadap 48 data uji, diperoleh nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,365. Nilai ini menunjukkan bahwa rata-rata selisih antara hasil output sistem *fuzzy Sugeno* dan hasil perhitungan menggunakan MATLAB tergolong kecil.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem monitoring hidroponik selada berbasis IoT dengan metode *fuzzy sugeno* yang mampu memantau parameter kritis seperti pH, suhu, dan TDS secara real-time dengan akurasi tinggi. Sistem ini memberikan notifikasi dan rekomendasi tindakan melalui platform Blynk dan Telegram, memudahkan pengguna dalam menjaga kondisi optimal tanaman. Namun, untuk pengembangan selanjutnya, disarankan menambahkan sistem kontrol otomatis, meningkatkan akurasi sensor pH, serta memperluas aplikasi untuk jenis tanaman hidroponik lainnya. Integrasi antarmuka mobile yang lebih user-friendly juga dapat menjadi nilai tambah bagi sistem ini.

Selain itu, pengujian dalam skala lebih besar dan jangka panjang diperlukan untuk memvalidasi keandalan sistem dalam berbagai kondisi lingkungan. Kolaborasi dengan petani hidroponik juga dapat membantu menyempurnakan fitur rekomendasi agar lebih sesuai dengan kebutuhan praktis di lapangan. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya menjadi alat monitoring, tetapi juga solusi komprehensif untuk meningkatkan produktivitas budidaya hidroponik.

DAFTAR REFERENSI

- Alam, R. L., & Nasuha, A. (2020). Sistem pengendali pH air dan pemantauan lingkungan tanaman hidroponik menggunakan fuzzy logic berbasis IoT. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 5(1), 11- 20.
- Eden Green. (n.d.). Hydroponic butterhead lettuce. Diakses pada 22 Juni 2025, dari <https://www.edengreen.com/blog-collection/hydroponic-butterhead-lettuce>.
- Fathurrahman, I., Saiful, M., & Samsu, L. M. (2021). Penerapan Sistem Monitoring Hidroponik berbasis Internet of Things (IoT). *ABSYARA: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 2(2), 283-290.
- Fiqar, T. P., Fitriani, F., & Abdullah, R. K. (2023). Implementasi Sistem Monitoring Tanaman Hidroponik Menggunakan Metode *fuzzy sugeno*. *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 5(2), 109-121.
- Kristiantya, Y. N., Setiawan, E., & Prasetyo, B. H. (2022). Sistem kontrol dan monitoring kualitas air pada kolam ikan air tawar menggunakan logika fuzzy berbasis arduino. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(7), 3145-3154.
- Willanto, & Kurniawan, A. (2020). Sejarah, cara kerja dan manfaat Internet of Things. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi dan Informatika*, 8(2), 36–41.