JREEC
JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY, ELECTRONICS AND CONTROL
homepage URL : https://ejurnal.itats.ac.id/jreec

SISTEM KONTROL PENYEMPROTAN OTOMATIS PADA SAYURAN DENGAN METODE AEROPONIK DAN PEMANTAUAN MENGGUNAKAN APLIKASI TELEGRAM

Firdaus Wiyuda Dwi Irawan, Tukadi

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal JREEC – Volume 06
Nomer 02, Oktober 2026

Halaman:
1 – 7
Tanggal Terbit :
30 Oktober 2026

DOI:
10.34506/j.JREEC.2017.v21i2.91

ABSTRACT

Vegetable cultivation in increasingly limited urban land requires land-efficient and easily monitored cultivation techniques, one of which is aeroponics. However, nutrient spraying in conventional aeroponic systems generally still uses a fixed duration without considering the continuously changing temperature and humidity conditions, making it prone to nutrient waste or deficiency. This study aims to design an automatic nutrient spraying control system for a vertical tower aeroponic system for spinach (Amaranthus tricolor) using environment-based Mamdani fuzzy logic integrated with temperature-humidity sensors and a Telegram monitoring interface. The method used is an experiment with a quantitative approach, utilizing an ESP32 microcontroller, a DHT11 sensor for temperature and humidity, and an HC-SR04 sensor to monitor nutrient levels, with the spraying duration determined through Mamdani fuzzy inference. Testing was conducted on the sensors, the fuzzy logic through manual calculation and MATLAB simulation, and the overall system for 14 days under real environmental conditions. The test results show that the DHT11 and HC-SR04 sensors achieved an accuracy above 96% after calibration, the fuzzy logic produced an adaptive spraying duration of 10–35 seconds with an average difference of only 1.85% compared to the MATLAB simulation, and the Telegram monitoring system operated stably with a 99.8% notification delivery success rate and 96.5% uptime over 14 days. This system was proven to improve nutrient use efficiency and support optimal spinach plant growth in limited land.

Keywords: *Aeroponics; ESP32; IoT; Mamdani Fuzzy Logic; Telegram Bot*

EMAIL

Firdaus.wiyuda14@gmail.com

PENERBIT

Jurusan Teknik Elektro-ITATS
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim No.100,Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

Jurnal JREEC by Department of Elecreical Engineering is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK

Budidaya sayuran di lahan perkotaan yang semakin terbatas membutuhkan teknik budidaya yang hemat lahan sekaligus mudah dipantau, salah satunya melalui aeroponik. Namun, penyemprotan nutrisi pada aeroponik konvensional umumnya masih menggunakan durasi tetap tanpa mempertimbangkan kondisi suhu dan kelembapan yang terus berubah, sehingga rawan terjadi pemborosan maupun kekurangan nutrisi. Penelitian ini bertujuan merancang sistem kontrol penyemprotan nutrisi otomatis pada aeroponik *tower* vertikal tanaman bayam (*Amaranthus tricolor*) menggunakan logika *fuzzy* Mamdani berbasis kondisi lingkungan yang terintegrasi dengan sensor suhu-kelembapan serta antarmuka pemantauan Telegram. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan pendekatan kuantitatif, memanfaatkan mikrokontroler ESP32, sensor DHT11 untuk suhu dan kelembapan, serta sensor HC-SR04 untuk memantau level nutrisi, dengan durasi penyemprotan ditentukan melalui inferensi *fuzzy* Mamdani. Pengujian dilakukan pada sensor, logika *fuzzy* melalui perhitungan manual dan simulasi MATLAB, serta sistem secara menyeluruh selama 14 hari pada kondisi lingkungan nyata. Hasil pengujian menunjukkan sensor DHT11 dan HC-SR04 mencapai akurasi di atas 96% setelah kalibrasi, logika *fuzzy* menghasilkan durasi penyemprotan adaptif 10-35 detik dengan selisih rata-rata 1,85% terhadap simulasi MATLAB, serta sistem *monitoring* Telegram bekerja stabil dengan keberhasilan pengiriman notifikasi 99,8% dan *uptime* 96,5% selama 14 hari. Sistem ini terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi dan mendukung pertumbuhan tanaman bayam secara optimal pada lahan terbatas.

Kata kunci: *Aeroponik; ESP32; IoT; Logika Fuzzy Mamdani; Telegram Bot*

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk perkotaan turut mendorong kebutuhan pangan, khususnya sayuran, di tengah semakin sempitnya lahan pertanian akibat alih fungsi lahan menjadi permukiman dan kawasan industri. Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Surabaya mencatat peningkatan jumlah penduduk dari 2.956.153 jiwa pada tahun 2016 menjadi 3.018.022 jiwa pada tahun 2024 [1], sehingga masyarakat perlu memanfaatkan lahan sempit di sekitarnya secara lebih produktif untuk pemenuhan kebutuhan pangan [2].

Salah satu metode budidaya pada lahan sempit adalah hidroponik, yaitu bercocok tanam tanpa media tanah, dengan aeroponik sebagai variasi yang lebih efisien untuk wilayah perkotaan karena akar tanaman digantung di udara dan disemprot larutan nutrisi secara langsung [2]. Meskipun demikian, penyemprotan nutrisi pada aeroponik konvensional umumnya masih dilakukan secara manual dan berkala tanpa mempertimbangkan variasi suhu dan kelembapan udara, sehingga berisiko mengganggu pertumbuhan tanaman apabila penyemprotan tidak dilakukan tepat waktu [3].

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pengumpulan data lingkungan secara *real-time* melalui sensor suhu dan kelembapan, yang selanjutnya dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan otomatis mengenai kapan dan berapa lama penyemprotan dilakukan [4]. Agar keputusan tersebut adaptif terhadap kondisi lingkungan yang tidak pasti dan tidak linier, diperlukan metode pengolahan data seperti logika *fuzzy*, yang telah banyak diterapkan pada sistem pemantauan dan pengendalian nutrisi tanaman berbasis IoT [5], [6].

Selain kontrol otomatis, kemudahan pengawasan jarak jauh menjadi aspek penting bagi pengguna. Telegram *bot* banyak digunakan sebagai antarmuka pemantauan pada sistem pertanian berbasis IoT karena kemudahan integrasinya dengan mikrokontroler, kemampuan mengirim notifikasi secara *real-time*, serta akses gratis dari berbagai perangkat [3], [7].

Berdasarkan kajian terhadap penelitian terdahulu, ditemukan bahwa penelitian pengendalian nutrisi tanaman umumnya hanya menyasar salah satu aspek saja, baik pengaturan pH, pemantauan *level* air, maupun logika *fuzzy*, tanpa mengintegrasikan aeroponik, logika *fuzzy* Mamdani, sensor *level* nutrisi, dan antarmuka Telegram sekaligus dalam satu sistem yang utuh. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol penyemprotan nutrisi otomatis pada aeroponik *tower* vertikal tanaman bayam (*Amaranthus tricolor*) yang mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, sensor DHT11, sensor HC-SR04, logika *fuzzy* Mamdani sebagai penentu durasi penyemprotan secara adaptif, serta antarmuka pemantauan Telegram *bot*, sehingga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi dan air serta memudahkan pengawasan budidaya tanaman pada lahan terbatas di wilayah perkotaan.

TINJAUAN PUSTAKA

Putra dan Pambudi merancang sistem otomatis pengaturan pH nutrisi pada hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) khusus tanaman bayam menggunakan Arduino dan sensor pH, dengan hasil stabilitas pH pada rentang 5,5–6,5 yang mendukung pertumbuhan optimal bayam, namun tanpa integrasi sensor lingkungan maupun antarmuka pemantauan jarak jauh [2].

Hais dkk. mengembangkan sistem kontrol dan *monitoring level* air berbasis IoT dengan integrasi Telegram *bot* pada hidroponik NFT di Hanza Farm, mencapai akurasi deteksi *level* air hingga 95%, tetapi belum melibatkan logika *fuzzy* untuk adaptasi kondisi lingkungan [3]. Supriyanto mengintegrasikan IoT dengan Telegram *bot* untuk pengendalian nutrisi pada hidroponik bayam berbasis ESP32 dengan jadwal penyemprotan tetap yang

mampu menghemat nutrisi hingga 30%, namun tanpa logika fuzzy untuk pengambilan keputusan berbasis data sensor real-time [7].

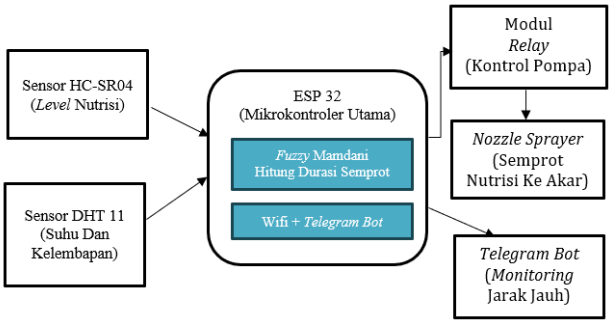
Rohadi dkk. mengembangkan prototipe aeroponik untuk sayuran pakcoy berbasis IoT dan *fuzzy logic* dengan sensor DHT11 untuk menentukan durasi penyemprotan berdasarkan suhu dan kelembapan, menghasilkan pertumbuhan tanaman 20% lebih cepat dibanding metode manual, tetapi belum dilengkapi antarmuka pemantauan Telegram maupun *monitoring level* nutrisi [4]. Sabil dkk. menerapkan *fuzzy logic* pada sistem pemantauan tanaman berbasis Arduino dengan *error rate* di bawah 5% untuk keputusan irigasi, namun tidak spesifik untuk aeroponik dan tanpa integrasi aplikasi eksternal [5]. Sementara itu, Suryatini dkk. serta Pancawati dan Yulianto menerapkan *fuzzy logic* untuk kendali nutrisi hidroponik berdasarkan pH, EC, dan suhu, namun belum menyentuh aspek monitoring mobile maupun metode aeroponik [8], [9].

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu tersebut, terlihat bahwa masing-masing penelitian hanya berfokus pada satu atau dua aspek, seperti pengendalian pH atau *level* air tanpa mempertimbangkan suhu-kelembapan, penggunaan hidroponik konvensional tanpa logika *fuzzy*, atau penerapan *fuzzy* dan aeroponik tanpa antarmuka pemantauan jarak jauh. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengintegrasikan aeroponik, logika *fuzzy* Mamdani berbasis suhu-kelembapan, sensor *level* nutrisi HC-SR04, dan antarmuka Telegram *bot* sekaligus dalam satu sistem yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32.

METODE

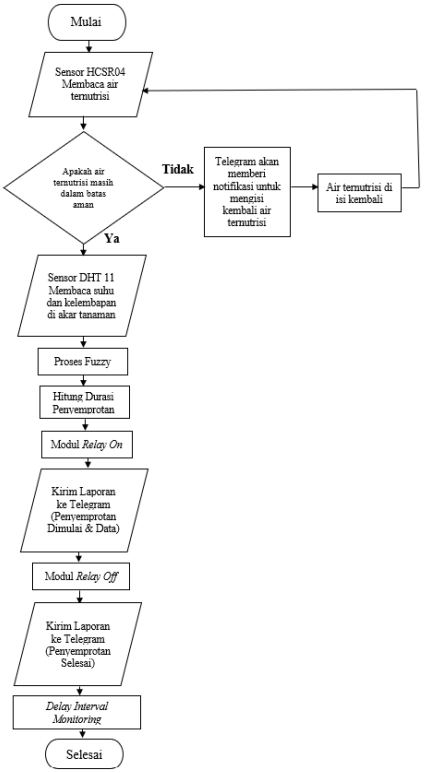
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk merancang dan menguji sistem kontrol penyemprotan nutrisi otomatis pada tanaman bayam (*Amaranthus tricolor*) berbasis aeroponik *tower* vertikal. Perlakuan diberikan dengan memvariasikan kondisi suhu dan kelembapan secara bertahap maupun kombinasi, kemudian mengamati respons durasi penyemprotan yang dihasilkan oleh sistem *fuzzy* pada mikrokontroler ESP32.

Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor DHT11 untuk membaca suhu dan kelembapan di sekitar akar tanaman, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memantau *level* nutrisi dalam tangki, modul *relay* 1 *channel* 5V untuk mengendalikan pompa, serta *nozzle sprayer* untuk menyemprotkan larutan nutrisi berbentuk kabut halus ke akar tanaman yang digantung dalam tower aeroponik berdiameter 26,5 cm dan tinggi 100 cm dengan 32 lubang tanam.



Gambar 1 Diagram Blok Sistem

Gambar 1 merupakan diagram Blok Sistem menunjukkan bahwa ESP32 mengolah data suhu dan kelembapan dari sensor DHT11 untuk menentukan durasi penyemprotan melalui logika *fuzzy*, mengendalikan *nozzle sprayer* melalui modul *relay*, serta memantau *level* nutrisi melalui sensor HC-SR04. Seluruh data dan status sistem dilaporkan secara *real-time* melalui aplikasi Telegram.



Gambar 2 *Flowchart* Sistem kerja

Gambar 2 merupakan alur *flowchart* sistem kerja menunjukkan alur kerja sistem, dimulai dari pembacaan *level* nutrisi oleh HC-SR04, apabila nutrisi berada di bawah batas aman, sistem mengirim notifikasi Telegram untuk pengisian ulang. Jika nutrisi aman, sistem membaca suhu dan kelembapan melalui DHT11, kemudian memproses nilai tersebut melalui tahap fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi untuk menentukan durasi penyemprotan, mengaktifkan *relay* dan *nozzle sprayer*, serta mengirimkan notifikasi mulai dan selesai penyemprotan melalui Telegram sebelum memasuki jeda (*delay interval monitoring*) menuju siklus berikutnya.

Sistem *fuzzy* Mamdani pada penelitian ini menggunakan dua variabel *input*, yaitu suhu (0–50°C) dan kelembapan (20–90% RH), serta satu variabel *output* berupa durasi penyemprotan (0–60 detik). Variabel suhu dibagi menjadi himpunan Dingin (trapesium [0,0,15,25]), Sedang (segitiga [20,30,40]), dan Panas (trapesium [35,45,50,50]). Variabel kelembapan dibagi menjadi himpunan Kering (trapesium [20,30,35,50]), Sedang (segitiga [40,55,70]), dan Lembap (trapesium [60,75,90,90]). Variabel *output* durasi penyemprotan dibagi menjadi himpunan Singkat (trapesium [0,0,15,25]), Sedang (segitiga [20,30,40]), dan Lama (trapesium [35,50,60,60]). Sembilan aturan (*rule*) *fuzzy* disusun dari kombinasi ketiga himpunan suhu dan kelembapan menggunakan operator *Min* untuk inferensi dan *Max* untuk komposisi aturan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 *Rule base fuzzy Mamdani*

Rule	Suhu	Kelembapan	Durasi
R1	Dingin	Kering	Sedang
R2	Dingin	Sedang	Singkat
R3	Dingin	Lembap	Singkat
R4	Sedang	Kering	Lama
R5	Sedang	Sedang	Sedang
R6	Sedang	Lembap	Singkat
R7	Panas	Kering	Lama
R8	Panas	Sedang	Lama
R9	Panas	Lembap	Sedang

Proses defuzzifikasi menggunakan metode *centroid* untuk menghasilkan nilai *crisp* durasi penyemprotan dalam satuan detik, yang kemudian diverifikasi melalui simulasi MATLAB *Fuzzy Logic Toolbox* sebelum diimplementasikan pada perangkat keras ESP32. Pengujian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu pengujian sensor (sebelum dan sesudah kalibrasi, dibandingkan dengan alat ukur standar), pengujian logika *fuzzy* (perhitungan manual, simulasi MATLAB, dan *hardware* ESP32), serta pengujian sistem secara menyeluruh pada kondisi lingkungan nyata selama 14 hari dan kondisi ekstrem di laboratorium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja Sensor dan Validasi Data

Pengujian sensor DHT11 menunjukkan penurunan *error* suhu dari rentang 0,6%–4,2% sebelum kalibrasi menjadi 0,4% setelah kalibrasi, sedangkan *error* kelembapan menurun dari 5,7%–6,4% menjadi 3,1%–3,5%. Sensor HC-SR04 menunjukkan penurunan *error* rata-rata dari 5,1% menjadi 0,7% dengan deviasi absolut turun dari 0,6 cm menjadi 0,07 cm, atau peningkatan akurasi sebesar 86%, serta akurasi 100% pada kondisi tangki penuh (0 cm). Ringkasan kinerja sensor ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Ringkasan Kinerja Sistem

Parameter	*Error* / Kinerja	Keterangan
Sensor DHT 11	Suhu : 0.6 % - 4.2% → 0.4% Kelembapan : 5.7% - 6.4% → 3.1% - 3.5%	Penurunan *error* signifikan setelah kalibrasi
Sensor HC-SR04	5.1 % → 0.7%	Akurasi meningkat 86%, deviasi absolut 0,07cm
Sistem *Fuzzy*	*Error* terhadap MATLAB : 1,85% Durasi : 10 – 35 Detik	*Output* presisi dan adaptif
Sistem IOT & Operasi	Frekuensi: ±202 kali/hari Durasi rata-rata: 10,4–26 detik *Uptime*: ±96,5% Keberhasilan notifikasi: 99,8%	Sistem stabil selama 14 hari dengan gangguan eksternal

Analisis Kinerja Logika *Fuzzy*

Implementasi logika *fuzzy* Mamdani menghasilkan durasi penyemprotan yang adaptif terhadap perubahan suhu dan kelembapan. Pada pengujian kenaikan suhu bertahap (24,7°C–31,2°C), *error* rata-rata *hardware* terhadap simulasi MATLAB sebesar 0,2%, dengan durasi meningkat dari 28,5 menjadi 30 detik. Pada pengujian kenaikan kelembapan bertahap (48%–81% RH), *error* rata-rata sebesar 1,4%, dengan durasi menurun signifikan dari 35 menjadi 10,7 detik akibat aktifnya *rule* R6 (Sedang–Lembap → Singkat). Pada pengujian kombinasi kenaikan suhu dan kelembapan secara bersamaan, *hardware* dan MATLAB menghasilkan *output* identik dengan *error* 0%, termasuk pada kondisi ekstrem suhu 42°C dan kelembapan 85% RH yang tetap menghasilkan durasi 30 detik melalui *rule* R9 (Panas–Lembap → Sedang), membuktikan sistem tidak *over-spray* meskipun suhu tinggi.

Sebagai verifikasi akhir, pada kondisi suhu 30°C dan kelembapan 70% RH, perhitungan manual menghasilkan durasi 10,94 detik, simulasi MATLAB 10,8 detik, dan *hardware* ESP32 11 detik (Tabel 3), dengan selisih maksimal antar metode hanya 0,2 detik. Secara keseluruhan, *error* rata-rata *hardware* terhadap simulasi MATLAB pada seluruh skenario pengujian sebesar 1,85%, jauh di bawah batas toleransi 5%, membuktikan implementasi *fuzzy* Mamdani pada ESP32 telah akurat dan konsisten.

Tabel 3 Respons Sistem terhadap Perubahan Lingkungan

Metode	*Input* Suhu	*Input* Kelembapan	*Rule* Aktif	*Output* Durasi
Perhitungan Manual	30°C	70% RH	R6	10,94 detik
Simulasi MATLAB	30°C	70% RH	R6	10,8 detik
Hardware ESP 32	30°C	70% RH	R6	11 detik

Performa Sistem dan *Monitoring* IoT

Pengujian sistem selama 14 hari pada aeroponik *tower* dengan tanaman bayam menunjukkan sistem beroperasi stabil dengan frekuensi penyemprotan rata-rata 202 kali/hari (194–208 kali), durasi penyemprotan berkisar 10,4–26 detik pada suhu 27,1–29,5°C dan kelembapan 62–80% RH. Sistem *monitoring* Telegram *bot* bekerja stabil dengan tingkat keberhasilan pengiriman notifikasi sebesar 99,8% dan *uptime* sistem 96,5%, meskipun terjadi 4 kali pemadaman listrik dengan total durasi 11 jam 45 menit serta beberapa kegagalan notifikasi minor akibat koneksi *WiFi* yang tidak sepenuhnya mengganggu fungsi utama sistem. Fitur peringatan *level* nutrisi juga berhasil diuji, dimana Telegram *bot* mengirimkan notifikasi otomatis saat *level* nutrisi berada di bawah 20% dari ketinggian tangki, memastikan pengguna dapat mengisi ulang nutrisi tepat waktu.

Implikasi terhadap Pertumbuhan Tanaman

Selama 14 hari pengujian, tanaman bayam menunjukkan pertumbuhan optimal berupa penambahan tinggi tanaman dan jumlah daun, yang mengindikasikan bahwa durasi penyemprotan adaptif berbasis *fuzzy* berkontribusi terhadap distribusi nutrisi yang lebih efisien dibandingkan metode penyemprotan durasi tetap pada aeroponik konvensional.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol penyemprotan nutrisi otomatis berbasis aeroponik *tower* vertikal pada tanaman bayam menggunakan logika *fuzzy* Mamdani yang terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT) dan antarmuka pemantauan Telegram. Sensor DHT11 mencapai akurasi pembacaan suhu sebesar 98,7% dan kelembapan di atas 96%, sedangkan sensor HC-SR04 mencapai akurasi di atas 98%, sehingga keduanya layak digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan sistem. Logika *fuzzy* Mamdani berhasil menghasilkan durasi penyemprotan adaptif dalam rentang 10–35 detik dengan tingkat *error* hanya 1,85% terhadap simulasi MATLAB, jauh di bawah batas toleransi 5%, sementara sistem *monitoring* Telegram *bot* bekerja stabil dengan keberhasilan pengiriman notifikasi sebesar 99,8% dan *uptime* sistem 96,5% selama 14 hari pengujian. Dengan demikian, sistem yang dirancang terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi dan air, memudahkan pengawasan jarak jauh, serta mendukung pertumbuhan tanaman bayam secara optimal pada lahan terbatas di wilayah perkotaan. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem dengan sensor yang lebih presisi, memperluas jenis tanaman yang diuji, serta menambahkan modul cadangan daya (UPS) dan koneksi *backup* untuk meningkatkan keandalan sistem.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Tukadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, serta Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya atas bimbingan dan dukungan yang diberikan selama penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] B. P. S. Kota Surabaya, "Jumlah Penduduk Surabaya Menurut Jenis Kelamin dan Kelompok Umur (Jiwa), 2024." [Online]. Available: https://surabayakota.bps.go.id/id/statistics-table/2/MjM2IzI=/jumlah-penduduk-surabaya-menurut-jenis-kelamin-dan-kelompok-umur.html

[2] A. Y. H. Putra and W. S. Pambudi, "Sistem Kontrol Otomatis Ph Larutan Nutrisi Tanaman Bayam Pada Hidroponik Nft (Nutrient Film Technique)," *J. Ilm. Mikrotek*, vol. 2, no. 4, pp. 11–20, 2017.

[3] Y. R. Hais, N. Nehru, S. Fuady, A. Rabiula, D. Fortuna, and L. Damayanti, "Penerapan Sistem Kontrol Dan Monitoring Level Air Berbasis Internet Of Things (Iot) Dengan Telegram Di Hanza Farm Sebagai Strategi Penguatan Produktivitas Pertanian Hidroponik," *EJOIN J. Pengabdi. Masy.*, vol. 2, no. 5, pp. 863–877, 2024, doi: 10.55681/ejoin.v2i5.2857.

[4] Erfan Rohadi, M. E. Apriyani, and N. H. Laili, "Sistem Penyiraman Tanaman Sayur Secara Aeroponik Berdasarkan Suhu Dan Kelembapan Berbasis Iot Menggunakan Metode Fuzzy," *J. Inform. Polinema*, vol. 5, no. 2, pp. 84–89, 2019, doi: 10.33795/jip.v5i2.247.

[5] M. Sabil, Sarjon Defit, and Gunadi Widi Nurcahyo, "Penerapan Metode Fuzzy Logic Dalam Sistem Pemantauan Tanaman Berbasis Internet Of Things (Iot) Dengan Arduino," *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 195–204, 2024, doi: 10.37859/coscitech.v5i1.6710.

[6] S. Suprijadi, N. Nuraini, and M. Yusuf, "Sistem Kontrol Nutrisi Hidroponik Dengan Menggunakan Logika Fuzzy," *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 1, no. 1, p. 49, 2011, doi: 10.5614/joki.2009.1.1.6.

[7] T. Supriyanto, "Sistem Pemberian Nutrisi Bayam Hidroponik Berbasis Iot Terintegrasi Telegram," *Spektral*, vol. 2, no. 2, pp. 64–69, 2021, doi: 10.32722/spektral.v2i2.4172.

[8] F. SURYATINI, S. PANCONO, S. B. BHASKORO, and P. M. S. MULJONO, "Sistem Kendali Nutrisi Hidroponik berbasis Fuzzy Logic berdasarkan Objek Tanam," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 9, no. 2, p. 263, 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i2.263.

[9] D. Pancawati and A. Yulianto, "Implementasi Fuzzy Logic Controller untuk Mengatur Ph Nutrisi pada Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT)," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 2, p. 278, 2016, doi: 10.25077/jnte.v5n2.284.2016.