Jurnal Fisika Unand (JFU)
Vol. 15, No. 1, Januari 2026, hal. 34 – 40
ISSN: 2302-8491 (Print); 2686-2433 (Online)
https://doi.org/10.25077/jfu.15.1.34-40.2026

Open Access

Sistem Kontrol Otomatis Pemberian Larutan Nutrisi untuk Tanaman Kale Pada Metode Pertanian Aeroponik Berbasis Mikrokontroler

Magfira Ardani, Nini Firmawati*, Rahmat Rasyid
Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Departemen
Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:
Diajukan: 16 Oktober 2025
Direvisi: 30 November 2025
Diterima: 9 Januari 2026

Kata kunci:
Aeroponik
Kale
Sensor DHT22
Sensor TDS
Sistem Kontrol Otomatis

ABSTRAK

Inovasi dalam metode budidaya pertanian terus dikembangkan untuk meningkatkan hasil produksi, salah satunya melalui sistem aeroponik yang memungkinkan tanaman tumbuh tanpa media tanah. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem kontrol otomatis pemberian larutan nutrisi pada tanaman kale berbasis aeroponik. Sistem dilengkapi dengan sensor DHT22 untuk pemantauan suhu dan kelembapan, sensor TDS untuk pengukuran konsentrasi larutan, serta sensor JSN-SR04T untuk deteksi ketinggian larutan. Akuator yang digunakan meliputi *fan cooler*, pompa air DC, dan dua pompa miniDC yang bekerja berdasarkan data sensor secara otomatis. *Fan cooler* diaktifkan pada suhu di atas 26 °C, *mist nozzel* menyemprotkan larutan saat kelembapan turun di bawah 88 % atau secara periodik setiap 10 menit, sementara pompa miniDC menjaga konsentrasi dan ketinggian larutan pada batas optimal. Pengujian dilakukan selama 29 hari dengan pencatatan data pada pukul 07.15, 12.00, 16.00, dan 20.00. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi secara otomatis, stabil, dan efektif dalam menjaga kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan tanaman kale pada metode aeroponik dengan persentase eror kesalahan pada sensor < 5 %.

Keywords:
Aeroponics
Kale
DHT22 Sensor
TDS Sensor
Automatic Control System

Penulis Korespondensi:
Nini Firmawati
Email:
ninifirmawati@sci.unand.ac.id

Innovation in agricultural cultivation methods continues to be developed to improve production yields, one of which is the aeroponic system that enables plants to grow without soil media. This study designs and implements a prototype of an automatic control system for nutrient solution delivery in kale cultivation using an aeroponic method. The system is equipped with a DHT22 sensor for temperature and humidity monitoring, a TDS sensor for nutrient concentration measurement, and a JSN-SR04T sensor for solution level detection. The actuators include a fan cooler, a DC water pump, and two mini DC pumps, all operating automatically based on sensor data. The fan cooler is activated at temperatures above 26 °C, the mist nozzle sprays the solution when humidity drops below 88% or periodically every 10 minutes, while the mini DC pumps maintain the nutrient concentration and solution level within optimal ranges. Testing was conducted over 29 days with data recorded at 07:15, 12:00, 16:00, and 20:00. The results show that the system can operate automatically, stably, and effectively in maintaining environmental conditions that support the growth of kale plants in an aeroponic system.

Copyright © 2026 Author(s).

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat di Indonesia berdampak pada kenaikan kebutuhan pangan, sementara ketersediaan lahan pertanian semakin terbatas (BPS, 2024). Kondisi ini mendorong perlunya inovasi metode budidaya yang lebih efisien dan berkelanjutan. Salah satu solusi yang banyak dikembangkan adalah pertanian tanpa tanah (*soilless culture*), seperti hidroponik dan aeroponik. Sistem aeroponik merupakan teknik budidaya yang menempatkan akar tanaman menggantung di udara dan memperoleh larutan nutrisi (*mist nozzel*) (Awalina dan Erona, 2022). Metode ini memiliki sejumlah keunggulan, di antaranya efisiensi penggunaan air, percepatan pertumbuhan tanaman, serta kemampuan pengendalian nutrisi yang lebih presisi dibandingkan metode konvensional (Suarsana et al., 2019).

Tanaman kale (*Brassica oleracea var. acephala*) adalah salah satu sayuran hijau dengan kandungan gizi tinggi, kaya vitamin, mineral, dan antioksidan. Untuk mencapai pertumbuhan optimal, kale membutuhkan suhu 15 °C hingga 26 °C, kelembapan relatif sekitar 60 % hingga 80 % serta konsentrasi larutan nutrisi 800 ppm hingga 1100 ppm (Marbun, 2024). Ketidaksesuaian kondisi lingkungan dengan kebutuhan fisiologis tanaman dapat menurunkan kualitas maupun kuantitas hasil panen, sehingga pemantauan serta pengendalian parameter lingkungan menjadi sangat penting (Rahmad et al., 2020).

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring aeroponik. Zuhair et al. (2022) merancang sistem berbasis sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembapan, namun belum dilengkapi mekanisme pengendalian otomatis. Winandaru et al. (2019) menggunakan sensor untuk mengukur suhu, kelembapan, pH, dan ketinggian larutan, tetapi pemberian nutrisi masih dilakukan secara manual. Sementara itu, Dame et al. (2023) mengintegrasikan sensor TDS untuk memantau konsentrasi larutan, tetapi sistem yang dirancang belum mampu melakukan pengisian ulang nutrisi secara otomatis ketika persediaan habis. Keterbatasan tersebut menunjukkan perlunya sistem yang lebih terintegrasi, presisi, dan otomatis.

Pemanfaatan mikrokontroler seperti Arduino Uno menawarkan peluang untuk mengintegrasikan berbagai sensor dan akuator dalam satu sistem kendali. Sensor DHT22 dapat digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan, Sensor TDS untuk mengukur konsentrasi larutan nutrisi, dan sensor ultrasonik JSN-SR04T untuk memantau ketinggian larutan (Kumar et al., 2023). Data yang diperoleh dapat diolah oleh mikrokontroler untuk mengendalikan akuator seperti *fan cooler* untuk pengaturan suhu, pompa DC dan *mist nozzel* untuk kelembapan, serta pompa miniDC untuk menambahkan dan pencampuran larutan nutrisi (Fahmizal et al., 2022). Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem kontrol otomatis pemberian larutan nutrisi pada tanaman kale pada pertanian aeroponik berbasis mikrokontroler. Sistem ini diharapkan mampu menjaga kondisi lingkungan tetap berada pada rentang optimal, memudahkan petani dalam perawatan, meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi, serta mendukung keberlanjutan metode pertanian modern di lahan terbatas.

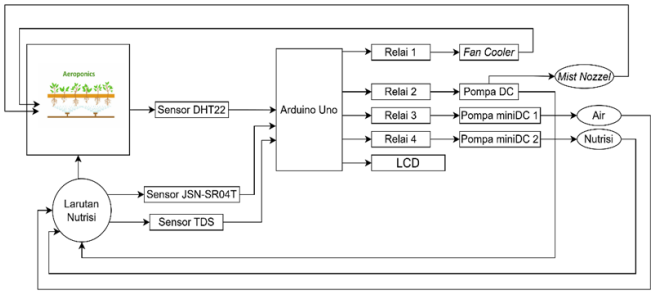
II. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan yaitu Komputer, pompa DC, pompa miniDC, *Lutron MCH-383SD*, penggaris, TDS meter, Arduino uno, Sensor DHT22, Sensor TDS, Sensor JSN-SR04T, *mist nozzel, fan cooler,* relai, jumper, LCD 20 x 4 , modul XL6009, Kale, Nutrisi AB Mix, ditambahkan.

2.2 Perancangan Diagram Blok Sistem

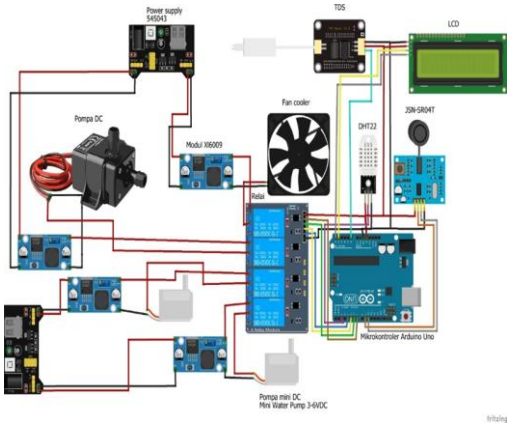
Perancangan diagram blok sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1. Masukan dari sistem berupa data sensor DHT22 yang mendeteksi suhu dan kelembapan udara, sensor TDS yang mengukur konsentrasi larutan nutrisi, serta sensor ultrasonik JSN-SR04T yang membaca ketinggian larutan. Data dari ketiga sensor diproses oleh Arduino uno untuk mengendalikan akuator melalui modul relai. Keluaran sistem berupa pengaktifan *fan cooler* untuk mengatur suhu, pompa DC dan *mist nozzel* untuk penyemprotan larutan nutrisi, serta dua pompa miniDC yang berfungsi menjaga konsentrasi dan ketinggian larutan pada kondisi optimal.



Gambar 1 Diagram blok sistem

2.3 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras menjelaskan hubungan setiap alat dan komponen yang bekerja pada sistem. Perangkat keras yang telah dirancang meliputi rangkaian elektronika yang terdiri atas *power supply* 545043, Arduino Uno, Sensor DHT22, sensor TDS, sensor JSN-SR04T, pompa DC, pompa miniDC, *fan cooler,* modul XL6009, dan LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai aktuator (penampil) yang dapat dilihat pada Gambar 2.

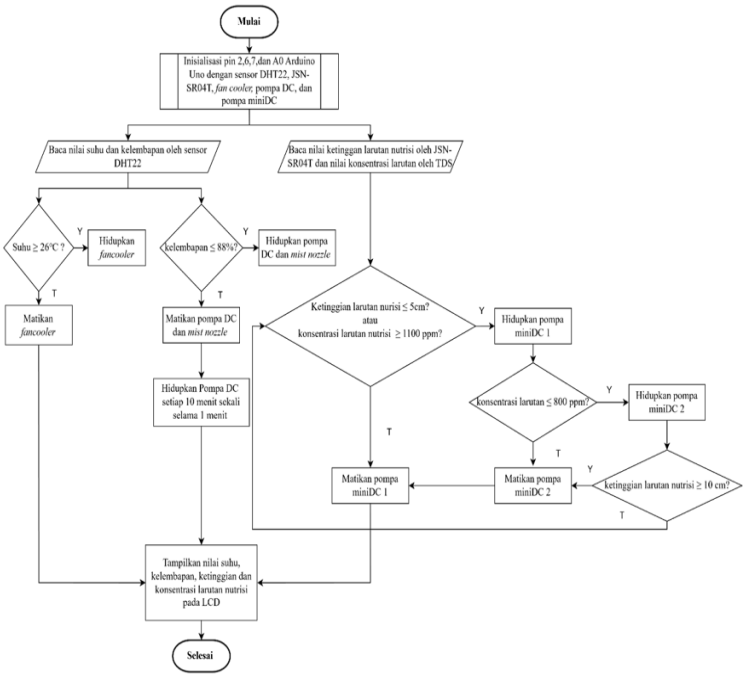


Gambar 2 Rangkaian Sistem Secara Keseluruhan

Sistem ini menggunakan LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai penampil data yang berhasil dideteksi oleh sensor. Data yang ditampilkan berupa nilai suhu, kelembapan, konsentrasi dan ketinggian nutrisi.

2.1 Perancangan Perangkat Lunak Sistem

Perangkat lunak sistem dirancang dengan algoritma pengendalian suhu, kelembapan, konsentrasi dan ketinggian larutan nutrisi berbasis sensor menggunakan Arduino IDE. Diagram alir pada Gambar 3 menunjukkan bahwa setelah inisialisasi pin, sensor DHT22 membaca suhu dan kelembapan, sedangkan sensor JSN-SR04T dan TDS mendeteksi ketinggian serta konsentrasi larutan. Berdasarkan data sensor, *fan cooler* diaktifkan saat suhu > 26 ºC, pompa DC dan *mist nozzel* menyala jika kelembapan < 88 % atau secara periodik, pompa miniDC 1 bekerja jika ketinggian larutan nutrisi ≤ 5 cm atau konsentrasi ≥ 1100 ppm, dan pompa miniDC 2 saat konsentrasi ≤ 800 ppm atau ketinggian < 10 cm. Seluruh hasil pengukuran ditampilkan pada LCD.

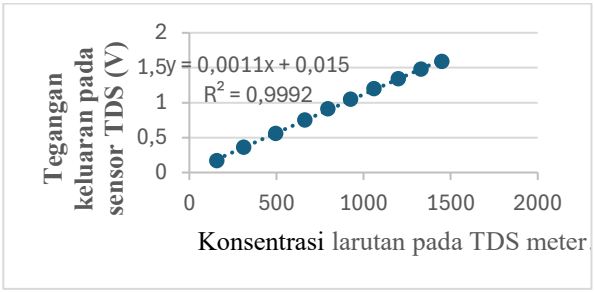


Gambar 3 Diagram Alir Perangkat Lunak Sistem

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Karakterisasi Sensor TDS

Karakterisasi sensor TDS dilakukan dengan melihat hubungan antara konsentrasi larutan pada TDS meter dan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor. Hasil karakterisasi sensor dapat dilihat pada Gambar 4.



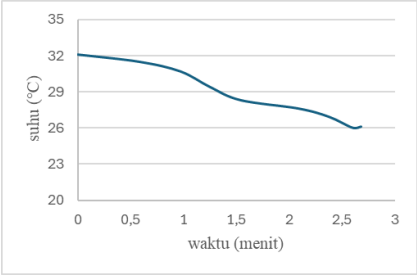
Gambar 4 Hubungan antara konsentrasi larutan dengan Tegangan Keluaran Sensor

Gambar 4 menunjukkan bahwa antara konsentrasi larutan dengan Tegangan Keluaran sensor memiliki hubungan linear, dimana semakin besar konsentrasi larutan yang diterima sensor maka akan semakin besar tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor. Hasil karakterisasi memiliki fungsi transfer y = 0,0011x + 0,015, dengan variabel x adalah konsentrasi larutan yang diberikan dan variabel y adalah tegangan keluaran sensor. Angka ini berarti bahwa setiap perubahan sebesar 1 ppm pada konsentrasi larutan yang diukur akan mengubah tegangan keluaran sensor sebesar 0,0011 V. Dalam konteks pengukuran larutan nutrisi, sensitivitas ini menunjukkan seberapa besar respons tegangan sensor terhadap perubahan konsentrasi larutan yang terdeteksi. Sensitivitas yang lebih tinggi memungkinkan deteksi perubahan kecil dalam konsentrasi larutan yang diinduksi oleh larutan nutrisi, sehingga meningkatkan akurasi dan kepekaan dalam mendeteksi larutan nutrisi pada konsentrasi rendah dalam nutrisi tanaman.

Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan program sederhana yang ditulis dengan menggunakan *software* Ardunio IDE. Perbandingan dengan TDS meter menunjukkan error rata-rata hanya 0,41%, sehingga sensor TDS layak digunakan untuk deteksi konsentrasi larutan nutrisi secara real-time.

3.2 Hasil Pengujian Sistem Kontrol Otomatis

Pengujian dilakukan dengan mengaktifkan *fan cooler* ketika suhu sistem melebihi 26 °C. Grafik hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil menunjukkan suhu awal 32 °C turun hingga 26 °C dalam waktu 2,6 menit. Hal ini membuktikan *fan cooler* mampu menjaga suhu dalam rentang ideal pertumbuhan kale.



Gambar 5 Grafik perubahan suhu terhadap waktu

Pengujian sistem kontrol kelembapan dilakukan dengan mengaktifkan pompa DC dan mist nozzle setiap 10 menit selama 1 menit. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Sistem Kontrol Kelembapan

***Input* Arduino (*High/Low*)**	**Waktu (menit)**	**Kelembapan pada DHT22 (%)**	**Kelembapan Pada *LutronMCH-383SD* (%)**	**Pompa DC (*On/Off*)**
High	5	90,5	89,9	*Off*
Low	10	84,4	84	*On*
High	15	88,2	88,5	*Off*
Low	20	92,8	93,4	*On*
Low	25	94,6	94,1	*Off*
Low	30	91,4	90,9	*On*
High	35	89,1	88,7	*Off*
Low	40	82,6	82,3	*On*
Low	45	90,3	89,8	*Off*

Hasil pengujian menunjukkan kelembapan dapat dipertahankan pada rentang 60–88% sesuai kebutuhan tanaman kale.

Sistem otomatis bekerja dengan pompa miniDC untuk menambah nutrisi ketika ketinggian < 5 cm atau konsentrasi < 800 ppm dan menambah air ketika konsentrasi >1100. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3. Hasil pengujian menunjukkan sistem dapat bekerja otomatis sesuai batas yang ditetapkan, sehingga efisiensi nutrisi lebih terjaga dan perawatan tanaman menjadi lebih mudah.

Tabel 3 Pengujian sistem otomatis pencampuran nutris

Waktu (menit)	**Konsentrasi larutan nutrisi (ppm)**	**Ketinggian larutan nutrisi (cm)**	**Pompa miniDC 1(Air) *On/off***	**Pompa miniDC 2(Nutrisi) *On/off***
0	750	4,0	*On*	*On*
0,5	780	5,1	*On*	*On*
1	860	6,2	*On*	*On*
1,5	1135	6,1	*On*	*Off*
2	1025	7,2	*On*	*Off*
2,5	770	7,9	*On*	*On*
3	810	8,6	*On*	*On*
3,5	1140	9,3	*On*	*Off*
4	1080	9,8	*On*	*Off*
4,5	998	10,1	*Off*	*Off*

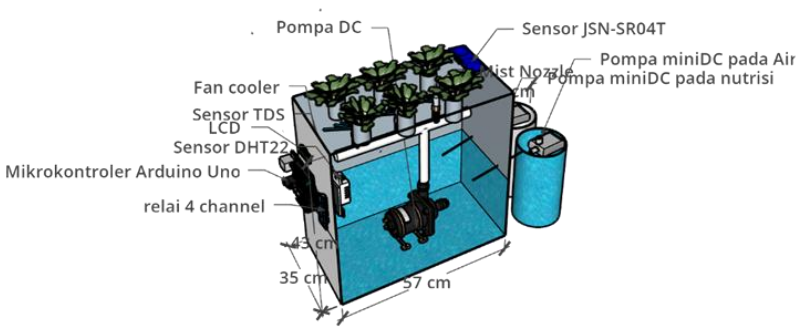
3.3 Hasil Pengujian Alat Keseluruhan

Pengujian alat secara keseluruhan untuk memastikan integrasi sistem kontrol otomatis pemberian larutan nutrisi dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan selama 29 hari, dengan pengambilan data pada pukul 07.15, 12.00, 16.00, dan 20.00 setiap hari. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengukuran alat secara keseluruhan

Hari-ke	waktu	Suhu (℃)	Kelembapan (%)	Konsentrasi larutan (ppm)	Ketinggian larutan (cm)	*Fan cooler (on/off)*	Pompa DC (*on/off*)	Pompa mini 1 (*on/off*)	Pompa mini 2 (*on/off*)
1	07:15	25,7	89,5	784	4,2	*Off*	*Off*	*On*	*On*
1	12:00	31,7	65,6	1054	9,8	*On*	*On*	*Off*	*Off*
1	16:00	30,1	71,2	1049	9,7	*On*	*On*	*Off*	*Off*
1	20:00	27,5	87,9	1040	9,6	*On*	*On*	*Off*	*Off*
5	07:15	26,3	88,1	1012	7,8	*On*	*On*	*Off*	*Off*
5	12:00	29,9	72,5	1009	7,7	*On*	*On*	*Off*	*Off*
5	16:00	27,2	82,6	1007	7,5	*On*	*On*	*Off*	*Off*
5	20:00	27,9	86,9	1003	7,4	*On*	*On*	*Off*	*Off*
10	07:15	29,5	84,3	969	5,1	*On*	*On*	*Off*	*Off*
10	12:00	31,3	75,2	968	5	*On*	*On*	*Off*	*Off*
10	16:00	30	83,4	968	4,8	*On*	*On*	*On*	*Off*
10	20:00	25,9	89,3	1087	9,9	*Off*	*Off*	*Off*	*Off*
15	07:15	24,9	94,1	1079	7,5	*Off*	*On*	*Off*	*Off*
15	12:00	27,6	84,2	1078	7,4	*On*	*On*	*Off*	*Off*
15	16:00	25,7	90,7	1076	7,2	*Off*	*Off*	*Off*	*Off*
15	20:00	25,1	95,1	1075	7,1	*Off*	*Off*	*Off*	*Off*
20	07:15	24,5	94,3	1041	4,8	*Off*	*On*	*On*	*Off*
20	12:00	26,5	83,7	1098	9,8	*On*	*On*	*Off*	*Off*
20	16:00	25,9	89,4	1096	9,7	*Off*	*Off*	*Off*	*Off*
20	20:00	27,2	81,3	1095	9,6	*On*	*On*	*Off*	*Off*
25	07:15	25,8	84,6	1061	7,2	*Off*	*On*	*Off*	*Off*
25	12:00	29,6	71,8	1062	7,1	*On*	*On*	*Off*	*Off*
25	16:00	30,8	62,9	1059	7	*On*	*On*	*Off*	*Off*
25	20:00	26,3	82,1	1058	6,9	*On*	*On*	*Off*	*Off*
29	07:15	25,7	92,2	1035	5,1	*Off*	*On*	*Off*	*Off*
29	12:00	30,8	64,4	1031	5	*On*	*On*	*Off*	*Off*
29	16:00	31,1	63,5	1028	4,9	*On*	*On*	*On*	*Off*
29	20:00	25,3	94	1089	9,9	*Off*	*Off*	*Off*	*Off*

Sistem keseluruhan berjalan stabil dan efektif dalam menjaga kondisi lingkungan tanaman kale sesuai parameter optimal. Dibandingkan penelitian sebelumnya (Zuhair et al., 2022; Winandaru et al., 2019; Dame et al., 2023), prototipe ini memiliki keunggulan karena sudah dilengkapi otomatisasi penuh, mulai dari kontrol suhu, kelembapan, hingga pengisian ulang nutrisi. Gambar alat keseluruhan sistem aeroponik dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Alat Keseluruhan

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kontrol otomatis pemberian larutan nutrisi pada pertanian aeroponik untuk tanaman kale bekerja dengan baik, dengan akurasi sensor DHT22, JSN-SR04T, dan TDS yang berada dalam batas error rendah yaitu < 5 % sehingga efektif menjaga kondisi lingkungan tumbuh tanaman. Penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada pengembangan sistem berbasis IoT untuk pemantauan jarak jauh serta penggunaan UPS (*Uninterruptible Power Supply)* agar sistem tetap beroperasi stabil saat terjadi pemadaman listrik..

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dibiayai oleh UNIVERSITAS ANDALAS sesuai dengan kontrak penelitian, skema penelitian Skripsi Sarjana Batch 1 Nomor:281/UN16.19/PT.01.03/PSS/2025 tahun anggaran 2025.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan.

PERNYATAAN PENDANAAN

Penelitian ini tidak memperoleh pendanaan khusus.

PERNYATAAN PENGGUNAAN AI GENERATIF DAN TEKNOLOGI BERBASIS AI

GPT hanya digunakan untuk mengoreksi kesalahan tata bahasa dan tipografi. Penulis bertanggung jawab penuh atas isi dan integritas publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Awalina, R., Erona, M., 2022, Lettuce (*Lactuca sativa L*) Growth in Aeroponic Systems with Differences in Nutritional Time, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, Hal. 12014.

BPS, 2024, Laju Pertumbuhan Penduduk (Persen), 2024, *Badan Pusat Statistik*. https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTk3NiMy/laju-pertumbuhan-penduduk.html (diakses 12-Oktober-2024).

Dame, K., Rante, J., Wiguna, R., 2023, Pemanfaatan sistem otomasi nutrisi dan monitoring suhu air pada hidroponik mode NFT berbasis mikrokontroler, *Jurnal Ilmiah Realtech*, Vol. 19, Hal. 32–36.

Marbun, D.S.M., 2024, Respon pertumbuhan dan hasil tanaman kale (*Brasicca oleraceae L.*) secara hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) menggunakan berbagai konsentrasi ab mix dan ecoenzyme.

Rahmad, I.F., Tanti, L., Puspasari, R., Ekadiansyah, E., Fragastia, V.A., 2020, Automatic monitoring and control system in aeroponic plant agriculture, *2020 8th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, IEEE, Hal. 1–5.

Suarsana, M., Parmila, I.P., Gunawan, K.A., 2019, Pengaruh konsentrasi nutrisi AB Mix terhadap pertumbuhan dan hasil sawi pakcoy (*Brassica rapa L.*) dengan hidroponik sistem sumbu (wick system), *Agro Bali: Agricultural Journal*, Vol. 2, Hal. 98–105, DOI: 10.37637/ab.v2i2.393.

Winandaru, A.F., Mulyana, A., Hartaman, A., 2019, Kontrol Dan Monitoring Budidaya Sayuran Dengan Metode Aeroponik Berbasis Mikrokontroler, *eProceedings of Applied Science*, Vol. 5.

Zuhair, A., Sholihah, E.N., Fahmi, A., Anggraini, Y., Herwono, B., 2022, Perancangan sistem monitoring suhu dan kelembaban pada sistem aeroponik berbasis internet of things, *Jurnal rekayasa energi*, Vol. 1, Hal. 30–35, DOI: https://doi.org/10.31884/jre.v1i1.7.