



IoT-Based Lettuce Hydroponic Monitoring and Controlling System in a Horticulture Greenhouse

Sistem Monitoring dan Controlling Hidroponik Selada Berbasis IoT di Greenhouse Hortikultura

Rini Yanti^{1*}, Rabby Nazli^{2*}, Ega Evinda Putri³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Indonesia

*Correspondence: yantirini753@gmail.com¹, rabbynazli@gmail.com², ega@politanipyk.ac.id³

Abstract

Manually monitoring pH and Total Dissolved Solids (TDS) in hydroponic farming can slow down adjusting nutrient solution conditions. This study aimed to develop an IoT-based system for monitoring and controlling pH and TDS in hydroponic lettuce (*Lactuca sativa* L.) using the Nutrient Film Technique (NFT). The system was developed using the ADDIE method, which includes analysis, design, development, implementation, and evaluation stages. The system uses an ESP32 to process sensor data and send real-time measurements to an Android app while storing data online. Test results show the pH sensor has 95.74% accuracy with a 4.26% error, while the TDS sensor reached 93.74% accuracy with a 6.26% error. The system can automatically monitor, record data, and control nutrients based on TDS ranges according to plant age.



Copyright (c) 2026. Rini Yanti, dkk.

Article Information

Article History:

Received: 15/07/2026

First Revised: 06/08/2026

Accepted: 15/09/2026

Publication Date: 16/09/2026

Keywords:

NFT Hydroponics; Internet of Things (IoT); Monitoring and Controlling; pH; Total Dissolved Solids (TDS)

Abstrak

Pemantauan pH dan *Total Dissolved Solids* (TDS) secara manual pada budidaya hidroponik berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam penyesuaian kondisi larutan nutrisi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring dan controlling pH serta TDS berbasis *Internet of Things* (IoT) pada budidaya hidroponik selada (*Lactuca sativa* L.) menggunakan metode *Nutrient Film Technique* (NFT). Pengembangan sistem menggunakan metode ADDIE yang meliputi tahap *analysis, design, development, implementation*, dan *evaluation*. Sistem menggunakan ESP32 untuk mengolah data sensor dan mengirimkan hasil pengukuran secara *real*

Artikel Info

Riwayat Artikel:

Diterima: 15/07/2026

Direvisi: 06/08/2026

Disetujui: 15/09/2026

Dipublikasikan: 16/09/2026

Kata Kunci:

Hidroponik NFT; Internet of Things (IoT); Monitoring dan Controlling; pH; Total Dissolved Solids (TDS)

time ke aplikasi Android serta menyimpan data secara daring. Hasil pengujian menunjukkan sensor pH memperoleh akurasi 95,74% dengan *error* 4,26%, sedangkan sensor TDS mencapai akurasi 93,74% dengan *error* 6,26%. Sistem mampu melakukan monitoring, pencatatan data, dan *controlling* nutrisi secara otomatis berdasarkan rentang TDS sesuai umur tanaman.



Copyright (c) 2026. Rini Yanti, dkk.

1. Pendahuluan

Budidaya hidroponik merupakan salah satu teknologi pertanian modern yang memanfaatkan larutan nutrisi sebagai media tumbuh tanaman tanpa menggunakan tanah. Metode ini dinilai lebih efisien dalam penggunaan air dan lahan dibandingkan sistem budidaya konvensional karena mampu mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya serta mendukung pertumbuhan tanaman secara lebih terkontrol (Zulfarosda et al., 2023). Salah satu komoditas hortikultura yang banyak dibudidayakan menggunakan sistem hidroponik adalah selada (*Lactuca sativa* L.) karena memiliki umur panen yang relatif singkat, produktivitas tinggi, serta nilai ekonomi yang baik (Ahmed et al., 2021). Untuk memperoleh hasil budidaya yang optimal, penanaman selada umumnya dilakukan di dalam *greenhouse* sehingga kondisi lingkungan, seperti suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya, dapat dikendalikan dengan lebih baik selama proses pertumbuhan tanaman (Farvardin et al., 2024).

Salah satu metode hidroponik yang banyak diterapkan pada budidaya selada adalah *Nutrient Film Technique* (NFT). Metode ini bekerja dengan mengalirkan larutan nutrisi secara terus-menerus dalam lapisan tipis sehingga akar tanaman memperoleh suplai air, oksigen, dan unsur hara secara bersamaan ((Rajaseger, 2023); (Endryanto & Khomariah, 2022)). Keberhasilan sistem NFT sangat dipengaruhi oleh kestabilan nilai pH dan *Total Dissolved Solids* (TDS), karena kedua parameter tersebut menentukan tingkat ketersediaan unsur hara yang dapat diserap oleh tanaman (Novia et al., 2023). Perubahan nilai pH maupun TDS yang berada di luar rentang optimum dapat menghambat penyerapan nutrisi, memperlambat pertumbuhan tanaman, serta menurunkan kualitas hasil panen (Helmy et al., 2024).

Dalam budidaya hidroponik, larutan AB Mix merupakan sumber nutrisi yang umum digunakan karena mengandung unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan tanaman untuk mendukung pertumbuhan vegetatif maupun generatif (M. Handayani & ., 2022). Kebutuhan nutrisi selada berubah sesuai fase pertumbuhannya, yaitu berkisar antara 300–600 ppm pada fase awal, meningkat menjadi 600–900 ppm pada fase vegetatif, dan mencapai sekitar 1200 ppm menjelang panen ((M. Handayani & ., 2022); (Hermala et al., 2022)). Selain itu, larutan nutrisi perlu dipertahankan pada rentang pH 6,0–7,0 agar proses penyerapan unsur hara berlangsung secara optimal (Lee, 2024). Oleh sebab itu, pemantauan kedua parameter tersebut perlu dilakukan secara berkelanjutan agar kondisi nutrisi tetap sesuai dengan kebutuhan tanaman dan produktivitas budidaya dapat dipertahankan (Romalasari & Sobari, 2019).

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memberikan peluang dalam pengembangan sistem pertanian cerdas melalui integrasi sensor, mikrokontroler, dan jaringan internet untuk melakukan proses pengumpulan, pengiriman, serta penyimpanan data secara otomatis (Ramsari & Hidayat, 2023). Pada sistem hidroponik, teknologi ini memungkinkan sensor pH dan TDS melakukan pengukuran secara kontinu dan mengirimkan hasil pembacaan secara *real time* sehingga kondisi nutrisi dapat dipantau tanpa harus melakukan pengukuran langsung di lokasi budidaya (Wijayanto et al., 2024). Pemanfaatan aplikasi berbasis Android juga semakin mempermudah pengguna dalam mengakses informasi kondisi tanaman melalui *smartphone* kapan saja dan di mana saja ((Hadi et al., 2023); (Prabowo et al.,

2023). Dalam penelitian ini, aplikasi monitoring dikembangkan menggunakan Kodular karena mendukung metode *block programming* serta mudah diintegrasikan dengan Firebase sebagai media penyimpanan data berbasis *cloud*. Integrasi tersebut memungkinkan data hasil pembacaan sensor ditampilkan sekaligus disimpan secara daring sehingga proses monitoring menjadi lebih praktis dan efisien (Sosmita, 2024); (Yazid, 2023); (Agusti Farma et al., 2025).

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah mendorong berbagai penelitian dalam pengembangan sistem hidroponik berbasis sensor untuk meningkatkan efektivitas proses monitoring. (Prabowo et al., 2023) mengembangkan sistem monitoring pH dan *Total Dissolved Solids* (TDS) berbasis IoT yang mampu menampilkan hasil pengukuran secara *real time*. Penelitian (Wijayanto et al., 2024) juga menunjukkan bahwa integrasi sensor pH dan TDS dengan mikrokontroler ESP32 dapat meningkatkan kemudahan dalam memantau kualitas larutan nutrisi secara berkelanjutan. Selain itu, (Hadi et al., 2023) memanfaatkan aplikasi Android sebagai media monitoring sehingga pengguna dapat mengakses informasi kondisi hidroponik melalui *smartphone* tanpa harus berada di lokasi budidaya. Pengembangan aplikasi menggunakan Kodular yang terintegrasi dengan Firebase juga telah diterapkan sebagai media penyimpanan dan visualisasi data sensor secara daring sehingga proses monitoring menjadi lebih praktis dan efisien ((Sosmita, 2024); (Yazid, 2023); (Agusti Farma et al., 2025)). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan IoT mampu meningkatkan kemudahan pemantauan kondisi nutrisi tanaman dibandingkan metode konvensional.

Selain sistem monitoring, beberapa penelitian juga telah mengembangkan mekanisme *controlling* otomatis pada budidaya hidroponik. (Rahmawati et al., 2025) melaporkan bahwa penggunaan mikrokontroler yang dipadukan dengan modul relay mampu mengaktifkan pompa nutrisi secara otomatis ketika nilai TDS berada di bawah batas yang telah ditentukan sehingga proses pengelolaan nutrisi menjadi lebih efisien dibandingkan pengendalian manual. Meskipun demikian, (Abu Sneineh & Shabaneh, 2023) menjelaskan bahwa sebagian besar sistem hidroponik berbasis IoT masih lebih berfokus pada fungsi monitoring, sedangkan penerapan mekanisme *controlling* otomatis yang terintegrasi dengan sistem monitoring masih belum banyak dikembangkan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa integrasi monitoring dan *controlling* dalam satu sistem masih menjadi tantangan pada pengembangan teknologi hidroponik berbasis IoT.

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di *greenhouse* Program Studi Budidaya Hortikultura, proses pemantauan nilai pH dan TDS masih dilakukan secara manual dengan frekuensi satu kali dalam seminggu selama masa budidaya (M. Handayani & ., 2022). Cara tersebut menyebabkan perubahan kondisi larutan nutrisi tidak dapat diketahui secara cepat sehingga penyesuaian nutrisi sering terlambat dilakukan. Kondisi ini berpotensi mengganggu proses penyerapan unsur hara, menghambat pertumbuhan tanaman, serta menurunkan produktivitas hasil panen (Rivana et al., 2023). Selain itu, rendahnya intensitas pemantauan juga menyebabkan proses pengelolaan nutrisi menjadi kurang efisien sehingga diperlukan sistem yang mampu melakukan pemantauan secara berkelanjutan dan memberikan respons otomatis ketika terjadi perubahan nilai pH maupun TDS (Luckardi et al., 2025).

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu dan hasil observasi lapangan, masih terdapat beberapa keterbatasan pada sistem yang telah dikembangkan sebelumnya. Sebagian besar penelitian hanya mengimplementasikan fungsi monitoring atau *controlling* secara terpisah, sedangkan sistem yang mampu mengintegrasikan kedua fungsi tersebut dalam satu platform masih relatif terbatas. Selain itu, mekanisme *controlling* umumnya menggunakan nilai ambang yang bersifat tetap dan belum menyesuaikan kebutuhan nutrisi berdasarkan umur tanaman. Penyimpanan data juga umumnya hanya memanfaatkan satu media sehingga proses dokumentasi dan evaluasi data budidaya belum optimal. Keterbatasan tersebut menunjukkan bahwa masih diperlukan pengembangan sistem yang mampu mengintegrasikan monitoring, penyimpanan data, dan *controlling* otomatis dalam satu sistem yang bekerja secara *real time*.

Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring dan *controlling* berbasis *Internet of Things* menggunakan mikrokontroler ESP32 yang diintegrasikan dengan sensor pH, sensor

TDS, modul relay, pompa peristaltik, Firebase, Google Spreadsheet, serta aplikasi Android berbasis Kodular. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi fungsi monitoring, penyimpanan data, dan *controlling* otomatis berdasarkan nilai ambang pH dan TDS yang disesuaikan dengan umur tanaman selada. Dengan pendekatan tersebut, sistem tidak hanya menyajikan informasi kondisi nutrisi secara *real time*, tetapi juga mampu melakukan pengendalian larutan nutrisi secara otomatis untuk mempertahankan kondisi yang sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem monitoring dan *controlling* pH serta TDS pada budidaya hidroponik selada menggunakan metode *Nutrient Film Technique* (NFT) di *greenhouse* Program Studi Budidaya Hortikultura.

2. Metodologi

2.1. Rancangan Penelitian

Pengembangan sistem monitoring dan *controlling* pH serta *Total Dissolved Solids* (TDS) pada hidroponik selada (*Lactuca sativa* L.) dilakukan menggunakan pendekatan ADDIE yang mencakup tahap *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Pendekatan tersebut digunakan karena menyediakan alur pengembangan yang berurutan, sehingga kebutuhan sistem dapat dianalisis terlebih dahulu sebelum dilanjutkan pada proses perancangan, realisasi perangkat, penerapan, dan penilaian kinerja sistem (Subiksa et al., 2025).

Kegiatan penelitian berlangsung pada Januari hingga April 2026 di *greenhouse* Program Studi Budidaya Hortikultura, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. Sasaran penelitian adalah sistem pengelolaan pH dan TDS larutan nutrisi pada budidaya selada menggunakan metode *Nutrient Film Technique* (NFT). Sistem dikembangkan untuk melakukan pembacaan parameter nutrisi, menampilkan data secara *real time*, menyimpan hasil pengukuran, serta menjalankan pengendalian otomatis. Alur pengembangan penelitian menggunakan ADDIE disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Pengembangan sistem melibatkan perangkat keras dan perangkat lunak yang diintegrasikan untuk mendukung proses akuisisi data, komunikasi, penyimpanan, dan pengendalian. ESP32 digunakan sebagai pusat pemrosesan dan pengendali sistem, sedangkan sensor pH dan sensor TDS digunakan untuk memperoleh data kondisi larutan nutrisi. Modul relay dan pompa peristaltik berperan dalam menjalankan mekanisme *controlling*, sementara modem menyediakan koneksi internet untuk mendukung komunikasi data berbasis IoT.

Pada sisi perangkat lunak, Arduino IDE digunakan untuk mengembangkan dan mengunggah program ke ESP32. Aplikasi monitoring dibangun menggunakan Kodular, sedangkan Firebase dimanfaatkan untuk pertukaran dan penyimpanan data secara *real time*. Data hasil implementasi juga direkam pada Google Spreadsheet untuk memudahkan proses

rekapitulasi dan pengolahan data. Draw.io digunakan dalam penyusunan rancangan diagram sistem. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Alat dan Bahan

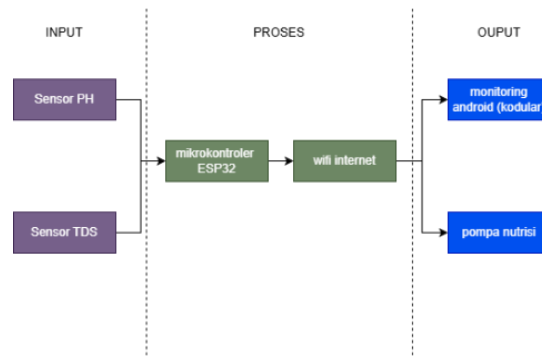
No.	Komponen	Spesifikasi/Kategori	Fungsi
1	ESP32	Mikrokontroler dengan konektivitas WiFi	Memproses data sensor dan mengendalikan sistem
2	Sensor pH	Sensor pengukuran pH larutan	Mengukur nilai pH larutan nutrisi
3	Sensor TDS	Sensor pengukuran TDS dalam ppm	Mengukur konsentrasi zat terlarut
4	Modul relay	Sakelar elektronik	Mengendalikan pompa secara otomatis
5	Pompa peristaltik	Aktuator pengalir larutan	Menyalurkan larutan ke tandon nutrisi
6	Power supply	Catu daya sistem	Menyuplai daya pada rangkaian
7	Kabel jumper	Penghubung rangkaian	Menghubungkan antarkomponen elektronik
8	Modem	Perangkat koneksi internet	Mendukung komunikasi data IoT
9	pH meter digital	Alat ukur digital	Referensi pengujian sensor pH
10	TDS meter digital	Alat ukur digital	Referensi pengujian sensor TDS
11	Laptop/PC	Perangkat komputasi	Mendukung pemrograman dan pengolahan data
12	Arduino IDE	Perangkat lunak pemrograman	Menulis dan mengunggah program ke ESP32
13	Kodular	Platform pengembangan aplikasi	Mengembangkan aplikasi monitoring Android
14	Firebase	Basis data <i>real time</i>	Menyimpan dan mengirimkan data monitoring
15	Google Spreadsheet	Media penyimpanan data	Merekam dan merekap data pengukuran
16	Draw.io	Perangkat lunak diagram	Membuat rancangan diagram sistem
17	Larutan AB Mix	Nutrisi hidroponik	Menyediakan unsur hara bagi tanaman
18	Bibit selada (<i>Lactuca sativa</i> L.)	Bahan penelitian	Objek budidaya hidroponik

Perangkat keras dan perangkat lunak pada Tabel 1 diintegrasikan menjadi satu sistem berbasis IoT. ESP32 digunakan sebagai pusat pemrosesan data pH dan TDS sekaligus menjalankan logika pengendalian pompa melalui modul relay. Data pengukuran dikirimkan ke Firebase untuk ditampilkan pada aplikasi Android berbasis Kodular dan direkam melalui Google Spreadsheet. Larutan AB Mix dan bibit selada digunakan dalam penerapan sistem pada instalasi hidroponik NFT.

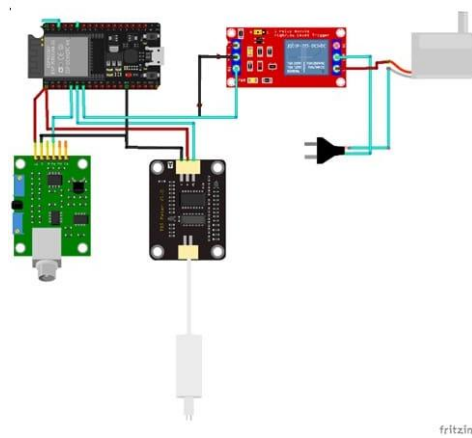
2.3 Prosedur Pengembangan Sistem

Tahap *Analysis* dilakukan dengan mengidentifikasi kondisi budidaya hidroponik dan kebutuhan sistem melalui pemantauan proses pengukuran pH serta TDS di *greenhouse*. Hasil analisis digunakan sebagai dasar penentuan kebutuhan perangkat keras, perangkat lunak, dan fungsi sistem. Tahap *Design* mencakup perancangan arsitektur perangkat, alur komunikasi data, serta penetapan nilai ambang pH dan TDS sebagai acuan *controlling* otomatis (S.

Handayani et al., 2024). Diagram blok dan rangkaian sistem masing-masing ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem



Gambar 3. Rangkaian Perangkat Keras

Tahap *Development* meliputi perakitan perangkat, pemrograman ESP32 menggunakan Arduino IDE, serta integrasi sistem dengan Firebase, Google Spreadsheet, dan aplikasi Android. Sistem kemudian diterapkan pada instalasi hidroponik NFT pada tahap *Implementation* untuk melakukan monitoring dan *controlling* pH serta TDS. Tahap *Evaluation* dilakukan melalui perbandingan pembacaan sensor dengan alat ukur digital serta penilaian terhadap proses monitoring, penyimpanan data, dan respons pengendalian otomatis (S. Handayani et al., 2024).

2.4. Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data

Data penelitian dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi untuk memperoleh informasi mengenai kondisi budidaya hidroponik, kebutuhan sistem, serta parameter pH dan TDS tanaman selada. Pengukuran dilakukan menggunakan sensor pH dan TDS yang terintegrasi dengan ESP32, sedangkan pH meter dan TDS meter digital digunakan sebagai alat referensi.

Data pengujian dianalisis secara kuantitatif dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat referensi. Tingkat kesalahan sensor dihitung menggunakan persentase *error* (Hamidah et al., 2023) dengan Persamaan (1).

$$\text{Error (\%)} = \frac{H_{\text{sensor}} - H_{\text{referensi}}}{H_{\text{referensi}}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

dengan H_{sensor} sebagai hasil pembacaan sensor dan $H_{\text{referensi}}$ sebagai hasil pengukuran alat referensi. Tingkat akurasi dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$\text{Akurasi (\%)} = 100\% - \text{Error (\%)} \dots \dots \dots (2)$$

Nilai *error* dan akurasi digunakan untuk mengevaluasi kinerja sensor pH dan TDS pada sistem monitoring hidroponik.

3. Hasil dan Pembahasan

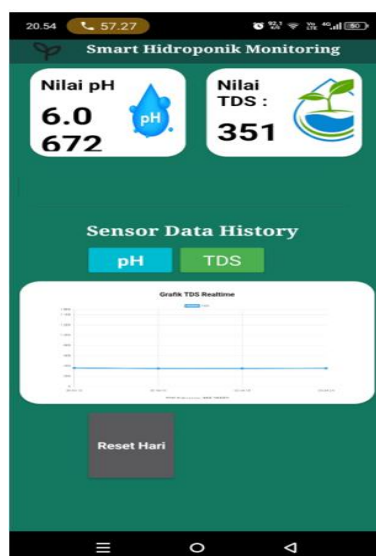
3.1 Implementasi dan kinerja Sistem

Penelitian menghasilkan sistem monitoring dan *controlling* pH serta *Total Dissolved Solids* (TDS) berbasis *Internet of Things* (IoT) pada budidaya hidroponik selada (*Lactuca sativa* L.) menggunakan metode *Nutrient Film Technique* (NFT). Sistem mengintegrasikan ESP32, sensor pH, sensor TDS, relay, dan pompa peristaltik untuk melakukan pengukuran dan pengendalian larutan nutrisi. Implementasi sistem ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Impelementasi Sistem

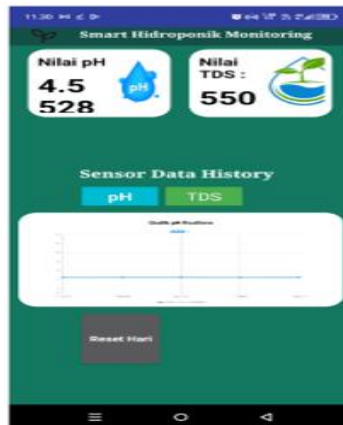
Data pH dan TDS diproses oleh ESP32 dan dikirim melalui jaringan internet untuk ditampilkan pada aplikasi Android berbasis Kodular secara *real time*. Hasil pengukuran juga direkam pada Google Spreadsheet sehingga perubahan kondisi larutan nutrisi dapat dipantau selama masa budidaya. Tampilan monitoring ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Aplikasi Monitoring

3.2 Hasil Pengujian Sensor

Pengujian dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor terhadap alat ukur digital pada larutan yang sama. Sensor pH dibandingkan dengan pH meter digital, sedangkan sensor TDS diuji menggunakan TDS meter digital. Hasil perbandingan pengukuran ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

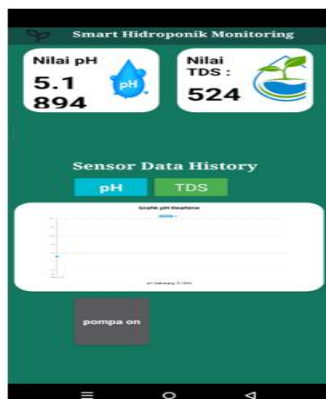


(a). Tampilan Hasil Pembacaan Sensor Ph pada kodular

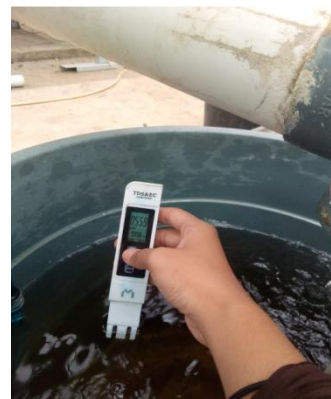


(b) Pengukuran Menggunakan Ph meter Digital

Gambar 6. Perbandingan Hasil Sensor pH dan pH Meter Digital



(a) Tampilan hasil pembacaan Sensor TDS Pada Kodular



(b) Pengukuran menggunakan TDS Pada meter digital

Gambar 7. Perbandingan Sensor TDS dan TDS meter digital

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Ph dan TDS

Parameter	Error (%)	Akurasi (%)
pH	4,26	95,74
TDS	6,26	93,74

Berdasarkan Tabel 2, sensor pH menghasilkan *error* sebesar 4,26% dengan akurasi 95,74%, sedangkan sensor TDS memperoleh *error* 6,26% dan akurasi 93,74%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembacaan kedua sensor mendekati nilai alat ukur referensi dan dapat digunakan sebagai sumber data pada sistem monitoring hidroponik.

3.3. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) mampu melakukan monitoring pH dan TDS secara *real time* serta menjalankan *controlling* larutan nutrisi secara otomatis. Temuan ini sejalan dengan (Hermala et al., 2022), (Linelson & Saputri, 2025), (Abu Sneineh & Shabaneh, 2023)(Agusti Farma et al., 2025), serta (Rivana et al., 2023) yang memanfaatkan IoT untuk pemantauan parameter hidroponik. Namun, beberapa penelitian tersebut masih berfokus pada fungsi monitoring dan belum mengintegrasikan pengendalian nutrisi otomatis.

Sensor pH menghasilkan akurasi 95,74% dengan *error* 4,26%, sedangkan sensor TDS memperoleh akurasi 93,74% dengan *error* 6,26%. Nilai kesalahan tersebut lebih rendah dibandingkan (Hermala et al., 2022) yang memperoleh *error* pH 5,86% dan TDS 11,1%, serta relatif sebanding dengan hasil (Linelson & Saputri, 2025) yang mencapai akurasi pH 96,84% dan TDS 92,33%. Perbedaan hasil pengukuran dapat dipengaruhi oleh proses kalibrasi, karakteristik sensor, dan kondisi larutan selama pengujian.

ekanisme *controlling* otomatis pada penelitian ini memiliki kesamaan dengan (Hermala et al., 2022) dan (Banjardana et al., 2024). Perbedaannya, rentang TDS pada sistem disesuaikan berdasarkan umur tanaman, yaitu 300–600 ppm, 600–900 ppm, dan 900–1200 ppm. Pendekatan tersebut memungkinkan pengendalian nutrisi mengikuti fase pertumbuhan selada. Hal ini melengkapi penelitian (M. Handayani & ., 2022) mengenai pengendalian nutrisi selada dan Endryanto dan (Endryanto & Khomariah, 2022) pada sistem hidroponik NFT.

Dengan demikian, kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi monitoring pH dan TDS secara *real time*, pencatatan data daring, serta *controlling* otomatis dengan rentang TDS yang disesuaikan berdasarkan umur tanaman selada pada instalasi hidroponik NFT berbasis IoT.

4. Simpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem monitoring dan *controlling* pada budidaya hidroponik selada (*Lactuca sativa* L.) berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32. Sistem mampu memantau pH dan *Total Dissolved Solids* (TDS) secara *real time* melalui aplikasi Android, menyimpan data hasil pengukuran secara daring, serta menjalankan *controlling* otomatis berdasarkan nilai ambang sesuai umur tanaman. Sensor pH memperoleh akurasi 95,74% dengan *error* 4,26%, sedangkan sensor TDS mencapai akurasi 93,74% dengan *error* 6,26%. Sistem yang dikembangkan mendukung pemantauan, pencatatan data, dan pengendalian nutrisi secara terintegrasi pada budidaya hidroponik selada.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh dan Program Studi Budidaya Hortikultura yang telah memberikan dukungan serta fasilitas selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing dan seluruh pihak yang telah memberikan arahan serta kontribusi dalam proses penelitian dan penyusunan artikel ini.

Daftar Pustaka

- Abu Sneineh, A., & Shabaneh, A. A. A. (2023). Design Of A Smart Hydroponics Monitoring System Using An Esp32 Microcontroller And The Internet Of Things. *Methodsx*, 11, 102401. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102401>
- Agusti Farma, T., Palupi, D., & Sirait, W. (2025). Iot Based Hydroponic Water Nutrient And Ph Monitoring With Real-Time Notifications. *Journal Of Innovation Information Technology And Application (Jinita)*, 7(2), 340–349. <https://doi.org/10.35970/jinita.v7i2.2940>

- Ahmed, Z. F. R., Alnuaimi, A. K. H., Askri, A., & Tzortzakakis, N. (2021). Evaluation Of Lettuce (*Lactuca Sativa* L.) Production Under Hydroponic System: Nutrient Solution Derived From Fish Waste Vs. Inorganic Nutrient Solution. *Horticulturae*, 7(9), 292. <https://doi.org/10.3390/Horticulturae7090292>
- Banjardana, A., Andriani, T., Topan, P. A., & Aryanto, N. (2024). Prototipe Sistem Monitoring Dan Kontrol Ph Serta Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis Iot Untuk Pertanian. *Jurnal Informatika Teknologi Dan Sains*.
- Endryanto, A. A., & Khomariah, N. E. (2022). Kontrol Dan Monitoring Tanaman Hidroponik Sistem Nutrient Film Technique Berbasis Iot. *Konvergensi*, 18(1), 25-32. <https://doi.org/10.30996/Konv.V18i1.4494>
- Farvardin, M., Taki, M., Gorjian, S., Shabani, E., & Sosa-Savedra, J. C. (2024). Assessing The Physical And Environmental Aspects Of Greenhouse Cultivation: A Comprehensive Review Of Conventional And Hydroponic Methods. *Sustainability*, 16(3), 1273. <https://doi.org/10.3390/Su16031273>
- Hadi, D. K., Wicaksono, D. A., Anggriawan, R., Rita, A. I., & Zulfan, A. (2023). Desain Smart Nutrition Monitoring System Teknik Budidaya Hidroponik Kangkung Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Penelitian Ipteks*, 8(2), 99-109. <https://doi.org/10.32528/Ipteks.V8i2.7727>
- Hamidah, M. N., Safitri, N. I., Akbar, D. W., Uly, O. S. I., & Kurnianto, D. (2023). Prototype Sistem Monitoring Nutrisi Dan Tingkat Ph Air Pada Budidaya Hidroponik Sayur Pakcoy Menggunakan Teknologi Internet Of Things (Iot). *Elektron: Jurnal Ilmiah*, 13-20. <https://doi.org/10.30630/Eji.15.1.336>
- Handayani, M., & . M. (2022). Sistem Pengendali Nutrisi Dan Ph Air Pada Tanaman Hidroponik Selada. *Juteks (Jurnal Teknik Elektro Dan Sains)*, 9(2). <https://doi.org/10.32832/Juteks.V9i2.13505>
- Handayani, S., Nuzuluddin, M., & 'Alimuddin, 'Alimuddin. (2024). Rancang Bangun Smart Hidroponik Berbasis Iot Dengan Aplikasi Android. *Jurnal Printer: Jurnal Pengembangan Rekayasa Informatika Dan Komputer*, 2(1), 46-59. <https://doi.org/10.29408/Jprinter.V2i1.23799>
- Helmy, H., Nursyahid, A., & Setyawan, T. A. (2024). Penerapan & Machine Learning Untuk Mengendalikan Parameter Budidaya Tanaman Hidroponik Berbasis & Edge & Dan & Cloud Computing. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 11(4), 827-836. <https://doi.org/10.25126/Jtiik.1148631>
- Hermala, I., Ismail, A., Hendrasto, N., Harisuddin, H., & Daulay, S. (2022). Sistem Pintar Iot Berbasis Arduino Dan Android Untuk Pengontrolan Kondisi Ph Dan Tds Pada Pengairan Hidroponik. *Jrst (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, 6(1), 101. <https://doi.org/10.30595/Jrst.V6i1.12387>
- Lee, J. (2024). Growth Response Of *Lactuca Sativa* L. (Lettuce) And *Solanum Lycopersicum* (Tomato) To High Ph Levels In A Nutrient Film Technique Hydroponics System. <https://doi.org/10.58445/Rars.1686>
- Linelson, R., & Saputri, F. R. (2025). Design Of A Nutrient And Environment Monitoring Iot Device In Vertical Hydroponic System. *Ultima Computing: Jurnal Sistem Komputer*, 17(1). <https://doi.org/10.31937/Sk.V17i1.4145>
- Luckardi, S., Rafdhi, A. A., Sari, A. W., Zangana, H. M., & Soegoto, E. S. (2025). How To Improve Hydroponic Leafy Vegetable Plant Productivity By Balancing Nutrient Solution, Total Dissolved Solids (Tds), And Ph Completed With Literature Review On Standard Vegetable Ph & Tds Requirement To Support Sustainable Development Goals (Sdgs). *Asean Journal Of Science And Engineering (First Published Online)*, 6(1), 113-128. <https://doi.org/10.17509/Ajse.V6i1.89992>
- Novia, Y., Ezward, C., & Seprido, S. (2023). Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca Sativa* L.) Pada Berbagai Konsentrasi Nutrisi Ab Mix Dengan Sistem Hidroponik Nutrient

- Film Technique (Nft). *Jagur Jurnal Agroteknologi*, 5(1), 25. <https://doi.org/10.25077/jagur.5.1.25-30.2023>
- Prabowo, M. C. A., Janitra, A. A., & Wibowo, N. M. (2023). Sistem Monitoring Hidroponik Berbasis Iot Dengan Sensor Suhu, Ph, Dan Ketinggian Air Menggunakan Esp8266. *Jurnal Tecnoscienza*, 7(2), 312–323. <https://doi.org/10.51158/Tecnoscienza.V7i2.894>
- Rahmawati, Y. F., Wirman, S. P., & Fitrya, N. (2025). Sistem Pengontrol Nutrisi Otomatis Tanaman Hidroponik Berbasis Iot. *Telka - Telekomunikasi Elektronika Komputasi Dan Kontrol*, 11(2), 262–273. <https://doi.org/10.15575/Telka.V11n2.262-273>
- Rajaseger, G. (2023). Hydroponics: Current Trends In Sustainable Crop Production. *Bioinformation*, 19(9), 925–938. <https://doi.org/10.6026/97320630019925>
- Ramsari, N., & Hidayat, T. (2023). Teknologi Internet Of Things (Iot) Pada Tanaman Selada Dan Pakcoy Hidroponik Dengan Menggunakan Perhitungan Mape. *Journal Of Applied Informatics And Computing*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.30871/Jaic.V7i1.5011>
- Rivana, R. R., Made, M. R., Edilla, & Jajang Jaenudin. (2023). Sistem Monitoring Nutrisi Dan Ph Air Pada Tanaman Hidroponik Berbasis Internet Of Things (Iot). *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 10(3). <https://doi.org/10.33795/Elkolind.V10i3.3579>
- Romalasari, A., & Sobari, E. (2019). Produksi Selada (*Lactuca Sativa* L.) Menggunakan Sistem Hidroponik Dengan Perbedaan Sumber Nutrisi. *Agriprima: Journal Of Applied Agricultural Sciences*, 3(1), 36–41. <https://doi.org/10.25047/Agriprima.V3i1.158>
- Sosmita, Y. (2024). Rancang Bangun Aplikasi Mobile Untuk Pemantauan Dan Kontrol Sistem Keamanan Pintu Rumah Berbasis Iot. *Jurnal Pustaka Ai (Pusat Akses Kajian Teknologi Artificial Intelligence)*, 4(3), 84–89. <https://doi.org/10.55382/Jurnalpustakaai.V4i3.853>
- Subiksa, G. B., Ida Bagus Adisimakrisna Peling, & Made Pasek Agus Ariawan. (2025). Penerapan Metode Addie Pada Pengembangan Sistem Rental Kendaraan Berbasis Website. *Reputasi: Jurnal Rekayasa Perangkat Lunak*, 6(1), 37–44. <https://doi.org/10.31294/Reputasi.V6i1.8733>
- Wijayanto, D., Silmina, E. P., Firdonsyah, A., & Aditiya, A. A. (2024). Prototype Iot Untuk Pemantauan Nutrisi Dan Ph Pada Hidroponik Menggunakan Esp32 Di Kebun Hidroponik Vefar Yogyakarta. *Hoag (High Education Of Organization Archive Quality): Jurnal Teknologi Informasi*, 15(2), 100–106. <https://doi.org/10.52972/Hoag.Vol15no2.P100-106>
- Yazid, A. (2023). Aplikasi Monitoring Dan Kontrol Budidaya Ikan Dalam Ember Berbasis Android Menggunakan Kodular. *Submit: Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Dan Sains*, 3(2), 1–6. <https://doi.org/10.36815/Submit.V3i2.3009>
- Zulfarosda, R., Purnamasari, R. T., & Fibriani, V. (2023). Nutrient Content Of Lettuce Plants In A Hydroponic System With The Addition Of Acid Solution. *Journal Of Applied Plant Technology*, 2(2), 122–127. <https://doi.org/10.30742/Japt.V2i2.108>