

PENGEMBANGAN SISTEM MODULAR MENGGUNAKAN ESP32 UNTUK PLATFORM INTERNET OF THINGS (IOT)

¹Luthfi Yanuar, ²Deni Kurnia, ³Janizal, ⁴Uus Muhamad Husni Tamyiz

^{1,2,3}Teknologi Rekayasa Mekatronika, Politeknik Enjineering Indorama, Purwakarta, Indonesia

⁴Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

¹luthfiyanuar82@gmail.com, ²deni.kurnia@pei.ac.id, ³janizal@pei.ac.id, ⁴husni.tamyiz@upi.edu

Coressponding author: luthfiyanuar82@gmail.com

Abstrak

Permasalahan dalam sistem hidroponik diantaranya tidak terkontrolnya parameter parameter seperti nutrisi, pH air dan Suhu. Parameter parameter tersebut mengakibatkan tidak optimalnya para petani hidroponik saat memanen tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem hidroponik menggunakan platform Internet of Things (IoT) yang bersifat modular sebagai salah satu alternatif solusi untuk mengatasi karakteristik tanaman hidroponik yang beragam. Metode penelitian ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai kontroler sekaligus untuk monitoring pH air dan nutrisi. Sistem IoT diintegrasikan sebagai media antarmuka pengguna dengan menyediakan mode pilihan menu seperti : Auto Manual, pengaturan setpoint untuk penyesuaian kadar pH dan nutrisi sesuai jenis tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu menyaingi pertumbuhan tanaman hidroponik konvensional, dengan sistem monitoring yang terhubung ke web secara akurat dan sensor yang memiliki tingkat akurasi yang baik.

Kata kunci: Kontrol, IoT, ESP32, Hidroponik, Monitoring, Web, Modular

1. PENDAHULUAN

Dalam sistem hidroponik, menjaga kadar nutrisi dan pH air sangat penting. Selain itu, data kedua faktor tersebut harus mampu dipantau secara tepat dan *real-time* agar kadar nutrisi yang mengalir pada tanaman serta akurasi nilai pH dan nutrisi mampu menjaga kualitas pertumbuhan tanaman secara optimal [1].

Studi mengenai desain sistem *monitoring* hidroponik telah dilakukan pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan sensor TDS dan pH [2]. Kemudian, Studi lain juga dilakukan untuk monitoring hidroponik berbasis IoT [3]. Selain itu, tahap penelitian lebih lanjut yang sudah dilakukan oleh peneliti lain yaitu menggunakan PLC sebagai kontroler untuk peningkatan akurasi sensor pada sistem monitoring dan kontrol hidroponik [4][5][6]. Selanjutnya, penggunaan ESP-32 sebagai media kontrol dan monitoring parameter-parameter hidroponik cukup banyak digunakan dalam penelitian yang berkaitan dengan topik ini [7][8][9][10], serta dikembangkan dengan implementasi WEB sebagai *interface*-nya [11][12][13].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem hidroponik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang bersifat modular, sebagai salah satu solusi untuk melengkapi penelitian sebelumnya masih berupa satu paket sistem kontrol dan sensor yang terintegrasi, sehingga memiliki keterbatasan dalam hal fleksibilitas ketika kebutuhan area pengontrolan semakin bertambah. Dengan mengadopsi pendekatan modular, sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih adaptif dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan pertanian hidroponik yang beragam. Penerapan teknologi IoT dalam sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi, tetapi

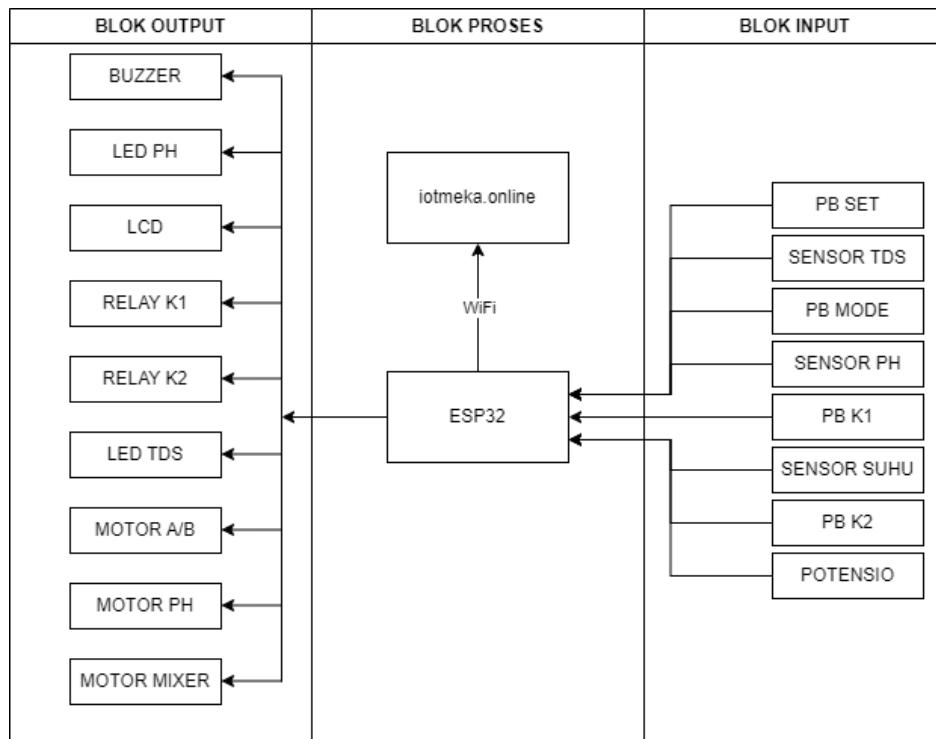
Makalah dikirim 22 Februari 2024; Revisi 22 Maret 2024, Diterima 22 April 2024

juga memungkinkan monitoring dan kontrol yang lebih baik, memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan pertanian berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan

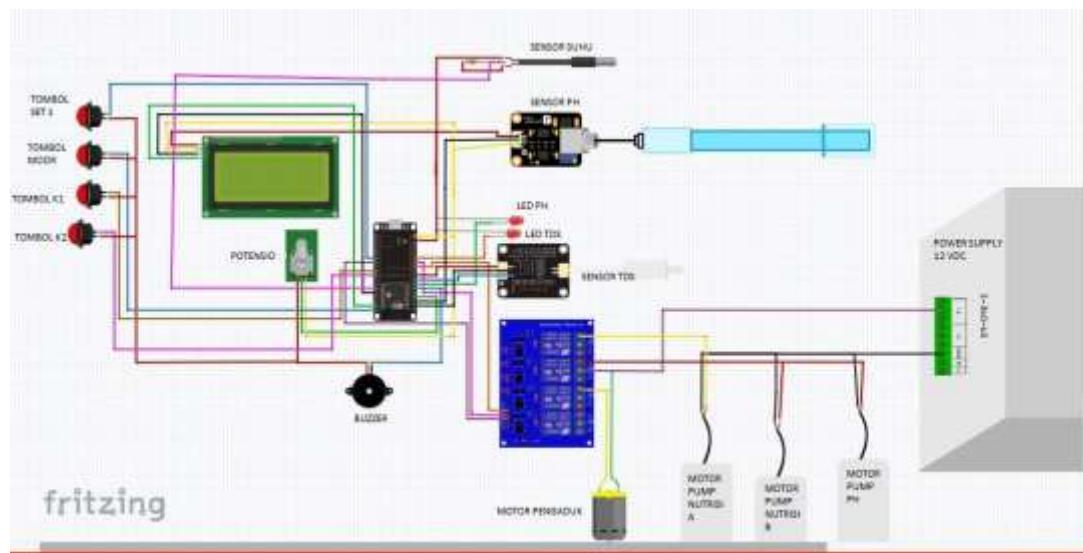
Deskripsi diagram blok sistem yang akan dikembangkan dapat dilihat pada Gambar.1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Modular

Dari Gambar 1 dapat dijelaskan bahwa metodologi penelitian ini dimulai dengan merancang tiga blok penting, yaitu blok input, proses dan output. Blok input terdiri dari sensor TDS DF Robot, sensor PH-4502C, sensor suhu DS18b20 dan *push button* sebagai media interaksi *user* pada panel. Bagian proses menggunakan ESP-32 serta pengiriman data ke web iotmeka.online, dan bagian output terhubung dengan LCD untuk penampilan informasi pada kebun hidroponik, relay yang mengaktifkan motor PH dan A/B (pupuk), dan LED sebagai notifikasi bila relay aktif.

Dari semua perangkat yang digunakan dalam penelitian ini, dapat dijelaskan bagaimana perangkat-perangkat ini terhubung melalui *wiring diagram* pada Gambar 2.



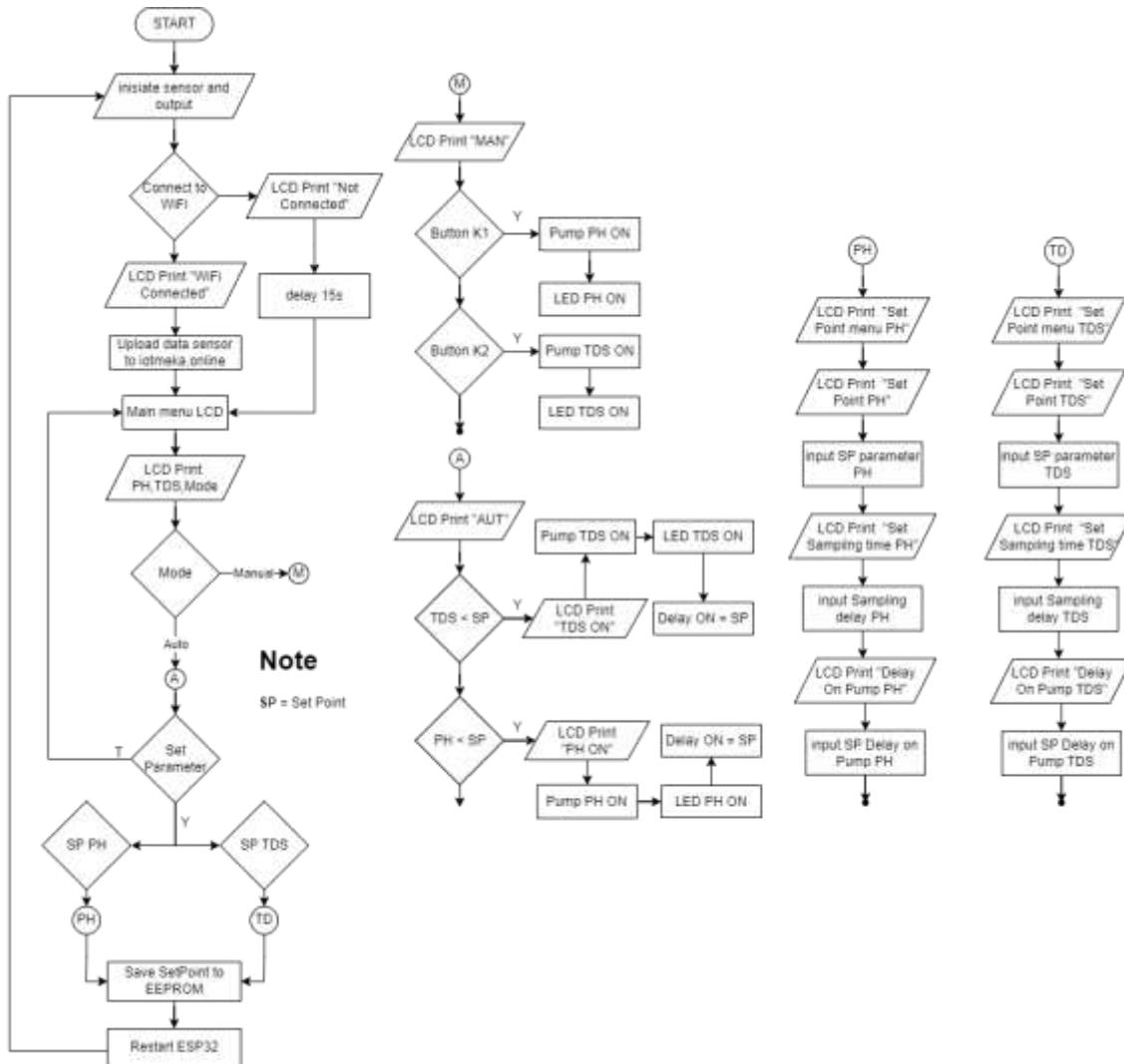
Gambar 2. Wiring Diagram sistem modular

Untuk lebih menjelaskan distribusi pin, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pin ESP-32 Mapping.

No	Nama Komponen	Wiring
1.	Relay	KPH – Pin D12 ESP KTDS – Pin D14 ESP
2.	LED PH	Vin – Pin D33 ESP
3.	LED TDS	Vin – Pin D13 ESP
4.	Buzzer	Vin – Pin D32 ESP
5.	LCD	SDA – Pin D21 ESP SCL – Pin D22 ESP
6.	POT	Pin Data – Pin D34 ESP
7.	Tombol Set	Vin – Pin D15 ESP
8.	Tombol Mode	Vin – Pin D23 ESP
9.	Tombol K1	Vin – Pin RX2 ESP
10.	Tombol K2	Vin – Pin TX2 ESP
11.	Sensor pH	Pin Data – Pin VN ESP
12.	Sensor Suhu	Pin Data – Pin D19 ESP
13.	Sensor TDS	Pin Data – Pin VP ESP
14.	Motor Pump Nutrisi A	Vin – Pin Relay CH 1
15.	Motor Pump Nutrisi B	Vin – Pin Relay CH 1
16.	Motor Agitator	Vin – Pin Relay CH 1
17.	Motor Pump pH	Vin – Pin Relay CH 2

Urutan proses untuk cara sistem ini bekerja dapat dilihat dalam diagram alur pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart System

Gambar 3 menjelaskan bagaimana sistem yang akan digunakan. Pada kondisi *start*, *buzzer* akan menyala sebagai tanda bahwa sistem berjalan lalu sistem akan menghubungkan jaringan ke APN WiFi yang sudah ditentukan pada program, selanjutnya nilai kadar air pada tampungan akan tampil di LCD dan juga dengan jenis mode yang sedang dijalankan. Terdapat tombol mode pada panel, bila ditekan maka mode sistem akan berubah bila sedang ada pada mode *auto* maka akan berpindah ke mode “*manual*”. Pada mode “*manual*”, user dapat menyalakan atau memberikan nutrisi secara manual dengan menekan tombol K1 untuk pH dan tombol K2 untuk PPM atau nutrisi AB Mix, dan jika menekan tombol mode kembali maka sistem akan berpindah ke mode *auto*. Pada mode *auto*, user dapat memberikan nilai setpoint, pada contoh kasus jika user ingin mengatur *SetPoint* pada pH maka user perlu menekan tombol Set dan tombol K1 secara bersamaan sampai tampilan LCD berganti ke menu setpoint pH, pada menu setpoint yang dapat di atur adalah waktu pembacaan sampling kadar air, besar nilai pH yang dibutuhkan, dan waktu lamanya pompa pH berjalan pada saat pemberian pH, semua itu dapat user lakukan dengan memberikan nilai menggunakan potensio dan menekan tombol set

kembali untuk ke menu selanjutnya, hal tersebut sama halnya untuk mode setpoint TDS. Setelah keluar dari menu *SetPoint*, seluruh nilai akan disimpan pada memori EEPROM dan sistem akan men-restart kembali ke tampilan awal. Selanjutnya pembacaan kadar air akan dilakukan selama waktu yang sudah ditentukan pada waktu sampling di mode setpoint sebelumnya. Jika kondisi kadar air pH atau nutrisi kurang dari nilai yang sudah ditentukan maka pompa pH atau nutrisi akan menyala dengan lama waktu yang sesuai dengan nilai waktu yang sudah ditentukan pada menu setpoint. Selanjutnya, bagaimana proses komunikasi data dalam sistem ini dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Data communication process

Sistem ini terhubung dengan internet dengan tujuan agar dapat mengirim record data ke web <http://iotmeka.online>, rekaman data terhitung secara *realtime*. Data tersebut mencakupi kadar pH air, nutrisi air, dan suhu air.

2.2. Uji Coba dan Kalibrasi Sensor

Pengujian sensor dan kalibrasi menggunakan metode Root Mean Square Error (RMSE). Menurut Timothy O.Hodson [14][15][16] RMSE dihitung dengan mengkuadratkan selisih antara prediksi dan nilai sebenarnya, menjumlahkan hasil kuadrat tersebut, kemudian mengambil akar kuadrat dari rata-rata kesalahan kuadrat. Berikut pengujian dan kalibrasi sensor yang dilakukan.

2.2.1 Hasil Uji Coba dan Kalibrasi Sensor TDS DF Robot

Sensor TDS diuji pada campuran larutan AB, dan larutan kalibrasi TDS. Selanjutnya, nilai bacaan diukur dengan menggunakan sensor TDS dan meter TDS yang telah dikalibrasi. Informasi lebih lanjut mengenai hasil pengujian dapat ditemukan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian sensor TDS menggunakan larutan AB Mix dan Air.

Pengujian ke -	Pengujian Sensor TDS			
	Sensor TDS	TDS Meter	Error	Square Error
1	276	273	-3	9
2	712	709	-3	9
3	508	507	-1	1
4	800	802	-2	4
5	970	989	-19	361
6	761	766	-5	25
7	595	601	-6	36
8	280	301	-21	441
9	462	470	-8	64
10	907	900	-7	49
Jumlah Square Error				999
Jumlah data				10
Root Mean Squared Error (RMSE)				9.99%

Secara keseluruhan, RMSE dari pengujian ini adalah sebesar 9.99%. RMSE digunakan sebagai metrik untuk mengukur sejauh mana perbedaan antara pembacaan sensor TDS dan TDS meter. Semakin rendah nilai RMSE, semakin akurat sensor TDS dalam mengukur nilai TDS. Dalam konteks ini, nilai RMSE sebesar 9.99% berbanding lurus dengan nilai error yang tercantum pada spesifikasi sensor yang digunakan sebesar 10% pada suhu 25°C.

2.2.2 Hasil Uji Coba dan Kalibrasi Sensor PH-4502c

Pengujian sensor pH dilaksanakan menggunakan pH buffer dan air keran dengan nilai pH 7 dan konsentrasi air hingga 89 PPM. Selanjutnya, pembacaan diukur dengan menggunakan alat pH meter yang sebelumnya telah dikalibrasi menggunakan larutan pH buffer 8. Rincian hasil pengujian dapat ditemukan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian sensor PH menggunakan pH Buffer dan Air.

Pengujian Sensor PH			
Sensor PH	PH Meter	Error	Square Error
7	7	0	0
7	7	0	0
7	7	0	0
8	8	0	0
8	8	0	0
Jumlah Square Error			0
Jumlah data			10
Root Mean Squared Error (RMSE)			0%

Berdasarkan tabel pengujian sensor pH didapatkan hasil yang akurat yaitu 0% dengan menggunakan RMSE yang berarti sensor PH-4502c memiliki tingkat akurasi yang baik.

2.2.3 Hasil Uji Coba dan Kalibrasi Sensor suhu DS18b20

Pengujian pada sensor suhu dilakukan menggunakan air keran dengan nilai suhu saat pengujian sebesar 29°C. Selanjutnya, pembacaan suhu dilakukan menggunakan alat TDS '3 in 1' yang dilengkapi dengan sensor suhu air. Alat tersebut dikalibrasi dengan membandingkan nilai suhu pada aplikasi dan juga data suhu dari 'Google Weather'.

Tabel 4. Pengujian sensor Suhu.

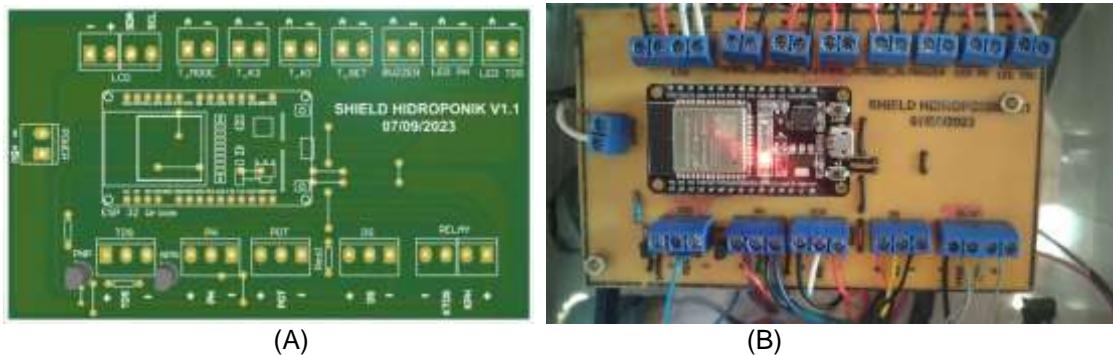
Pengujian ke	Pengujian Sensor Suhu			
	Sensor suhu	TDS	Error	Square Error
1	29	29	0	0
2	29	29	0	0
3	29	29	0	0
4	28	29	-1	1
5	29	29	0	0
Jumlah Square Error			1	
Jumlah data			10	
Root Mean Squared Error (RMSE)			0.31%	

Berdasarkan hasil pengujian sensor dengan metode RMSE didapatkan nilai error sebesar 0.31% hal ini sesuai dengan spesifikasi yang diberikan oleh sensor suhu DS18B20 yaitu pada pengujian -10°C ~ $+85^{\circ}\text{C}$ terdapat error sebesar 0.5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Prototipe Produk

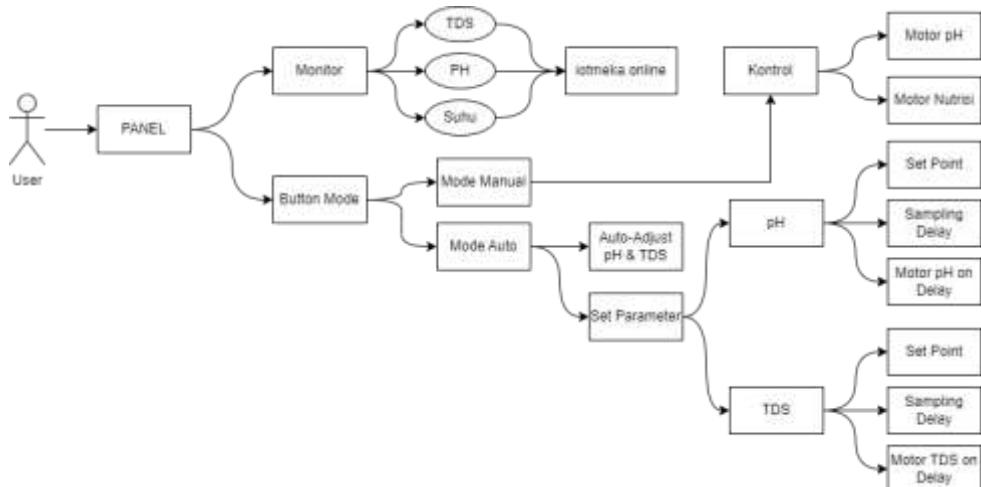
Ditunjukkan dalam Gambar 5 adalah prototipe produk sistem modular yang telah dikembangkan. Gambar 5a menunjukkan desain modul pada software, dan Gambar 5b menunjukkan gambar fisik modul mengikuti desain kabel pada Gambar 2.



Gambar 5. Produk Sistem Modular

3.2. Use Case

Diagram use case memperlihatkan sistem dari sudut pandang pengguna untuk mempermudah dalam pemahaman penggunaan alat yang dibuat. Diagram use case ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Use Case

Pengguna menggunakan panel sebagai media interaksi dalam mengakses sistem monitor seperti kadar nutrisi, pH dan suhu pada air. Pengguna juga dapat melakukan kontrol dengan 2 mode berbeda yaitu "Manual" untuk memberikan nutrisi dan pH air secara manual, adapun mode "Auto" dimana pengguna dapat memberikan batasan nilai pH dan nutrisi serta

mengatur *delay* waktu *sampling* sebagai seberapa lama pembacaan kondisi air dilakukan selama sekali persetiap waktu *sampling* dengan tujuan agar alat dapat menyesuaikan dengan bermacam luas kebun hidroponik yang akan dikontrol, serta pengguna dapat mengatur lama waktu motor pH dan nutrisi menyala pada saat kondisi air tidak sesuai dengan *setpoint* parameter yang ditentukan sebelumnya.

3.3. Analisa Hasil Uji Coba Pada Tanaman

Pengujian dilakukan selama 21 hari pada tanaman selada dan pakchoy. Tabel 5 merupakan hasil tabel rata-rata pertumbuhan pakchoy dan Tabel 6 Rata-rata pertumbuhan selada.

Tabel 5. Pertumbuhan Pakchoy.

Fase Pertumbuhan	Jumlah Daun Referensi	Jumlah Daun	Panjang Daun Referensi (cm)	Panjang Daun (cm)	Lebar Daun Referensi (cm)	Lebar Daun (cm)
Minggu 1	5,9	6,5	3,5	2,24	2,2	2,12
Minggu 2	9,3	8,7	7	3,52	4,9	3,48
Minggu 3	10,1	10,9	8,1	4,22	5,8	4,19

Tabel 6. Pertumbuhan selada.

Fase Pertumbuhan	Jumlah Daun Referensi	Jumlah Daun	Panjang Daun Referensi (cm)	Panjang Daun (cm)	Lebar Daun Referensi (cm)	Lebar Daun (cm)
Minggu 1	-	5,4	-	3,74	-	4,32
Minggu 2	3,42	7,2	8,22	6,71	13,67	6,04
Minggu 3	4,87	8,4	10,01	7,68	23,45	7,21

Berdasarkan data pertumbuhan tanaman selada dan pakchoy didapatkan analisa bahwa kedua tanaman memiliki keunggulan pada jumlah daun lebih banyak dari kedua data referensi tanaman, tetapi untuk panjang daun dan lebar daun pada kedua tanaman berada di bawah nilai referensi tanaman.

4. KESIMPULAN

Dari desain dan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa telah berhasil dikembangkan suatu sistem modular dengan pengendalian dan pemantauan tanaman hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32. Hal ini terbukti melalui serangkaian pengujian, termasuk pengujian sensor, pengujian perangkat, dan pengolahan informasi ke web. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa sistem telah berhasil melakukan pemantauan dan pengendalian tanaman, serta otomatisasi dalam pencampuran nutrisi sesuai kebutuhan tanaman. Pengguna memiliki kemampuan untuk mengendalikan setiap kondisi yang diperlukan tanaman, seperti batas nilai TDS, dan pH. Selain itu, pengguna dapat secara langsung memantau kondisi perangkat dan jumlah nutrisi yang diberikan pada tanaman pada web. Hasil pengujian pada tanaman hidroponik menunjukkan bahwa tanaman dapat tumbuh dengan baik dalam perangkat yang telah dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Wijaya, B. Hariono, and T. W. Saputra, "Pengaruh Kadar Nutrisi dan Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Bayam Merah (*Alternanthera amoena voss*) Sistem Hidroponik," *J. Ilm. Inov.*, vol. 20, no. 1, pp. 1–5, 2020, doi: 10.25047/jii.v20i1.1929.
- [2] A. Fauzan and R. Fahlefie, "Sistem Monitoring Hidroponik Berbasis Arduino Uno," *J. Ilm.*

- Mhs. Kendali dan List.*, vol. 3, no. 1, p. page-page, 2022.
- [3] I. Efimov and G. Salama, "The future of optical mapping is bright: RE: Review on: 'optical imaging of voltage and calcium in cardiac cells and tissues' by Herron, Lee, and Jalife," *Circ. Res.*, vol. 110, no. 10, pp. 516–522, 2012, doi: 10.1161/CIRCRESAHA.112.270033.
- [4] dan F. M. Rudatin Christina L, Annisa Wardhani, "Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-6," *J. Semin. Nasional Terap. Ris. Inov.*, vol. 6, no. 2, pp. 139–146, 2020.
- [5] Nadhiroh, N., Wardhani, A. K., Setiana, H., Renaldi, R., Putri, A. A., & Handayani, M. D. (2024). Penyiram Tanaman Hidroponik Otomatis Berbasis IoT Dengan PLC Outseal Dan ESP32. *ELECTRICES*, 6(1), 17-26.
- [6] Hidayat, Anton, Tuti Angraini, and Angga Dio Putra. "PENGONTROLAN pH DAN NUTRISI TANAMAN HIDROPONIK UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS AIR DAN PANEN BERBASIS PLC." *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*. Vol. 9. No. 1. 2023.
- [7] R. E. Putri, A. Habib, and A. Hasan, "Pencahayaan Berbasis Internet of Things (IoT) Pada Hidroponik Vertikultur," *J. Teknol. Pertan.*, vol. 12, no. 1, pp. 41–50, 2023.
- [8] A. Putri and H. Zakaria, "PERANCANGAN SISTEM MONITORING KUALITAS AIR DAN NUTRISI TANAMAN HIDROPONIK BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN NODEMCU ESP32 PADA TANAMAN SELADA (Study kasus : Aflaha Farm)," *JORAPI J. Res. Publ. Innov.*, vol. 1, no. 1, pp. 41–45, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.portalpublikasi.id/index.php/JORAPI/article/view/101>
- [9] Kurnia, Deni, et al. "IoT Platform for Monitoring Systems Water pH in the Freshwater Fish Cultivation Process." *Jurnal Teknologi* 16.1 (2024): 11-16.
- [10] Kurnia, Deni, and Rudi Setiawan. "DEVELOPMENT OF IoT SYSTEMS FOR FIRE DETECTION TOOLS USING ESP 8266 AND TELEGRAM NOTIFICATIONS." *Ramatekno* 3.2 (2023): 18-27.
- [11] R. S. Wulansari and N. W. Setyawati, "Sistem Kontrol Kelembaban Dan Temperatur Pada Ruang Tanaman Hidroponik Berbasis Web," *Semin. SANTIKA*, pp. 117–120, 2019.
- [12] Mulyana, J., Baharsah, R. B., Purba, A. B., & Grahana, C. I. (2023). JM Penerapan Teknologi Internet Of Think (IoT) Untuk Smart Green House Berbasis Web Server dan Android Controller. *Jurnal Inovasi Pengembangan Aplikasi Dan Keamanan Informasi Nusantara*, 1(1), 45–54.
- [13] de la Torre, Luis, et al. "Using IoT-type metadata and smart web design to create user interfaces automatically." *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 19.3 (2022): 3109–3118.
- [14] T. O. Hodson, "Root-mean-square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): when to use them or not," *Geosci. Model Dev.*, vol. 15, no. 14, pp. 5481–5487, 2022, doi: 10.5194/gmd-15-5481-2022.
- [15] de Oliveira, Juliane Regina, et al. "Improving sensor data quality with predictive models." *2021 IEEE 7th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*. IEEE, 2021.
- [16] Aix, Marie-Laure, Séan Schmitz, and Dominique J. Bicout. "Calibration methodology of low-cost sensors for high-quality monitoring of fine particulate matter." *Science of The Total Environment* 889 (2023): 164063.