



SISTEM PEMANTAUAN REAL-TIME DAN KONTROL OTOMATIS BERBASIS IOT-AI UNTUK PERTUMBUHAN TANAMAN YANG OPTIMAL

M. Rasyid¹, Cut Mutia²

^{1,2}Institut Teknologi Rokan Hilir

^{1,2}Jl. Lintas Riau - Sumut KM 167

Email : muhammadrasyid798@gmail.com

ABSTRAK

Urgensi dari penelitian ini yaitu diantaranya karena pesatnya pertumbuhan penduduk, berkurangnya lahan pertanian dan kemajuan teknologi yang tidak dapat dihindari, menuntut inovasi dalam produksi pangan yang efisien, berkelanjutan dan ramah lingkungan. Sistem hidroponik telah menjadi Solusi alternatif dalam pertanian modern. Namun, keberhasilan sistem ini masih sangat tergantung pada keterampilan dan ketelatenan petani dalam memantau dan mengelola berbagai parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, pH dan nutrisi pada tanaman. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem yang mampu melakukan pemantauan dan kontrol secara otomatis guna meningkatkan efisiensi dan hasil panen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun sistem hidroponik cerdas berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi Artificial Intelligence (AI) dengan menggunakan model Random Forest yang mampu melakukan pemantauan lingkungan secara real-time dan melakukan control otomatis terhadap nutrisi, suhu dan kondisi lingkungan lainnya untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Metode prototype akan digunakan dalam implementasi penelitian ini yang terdiri dari tahapan identifikasi kebutuhan pengguna, Perancangan awal, pembuatan prototype, Evaluasi, Revisi dan pengembangan lanjutan serta final implementation. Selain itu, untuk Artificial Intelligence akan dikembangkan metode Regresi dan klasifikasi dengan Random Forest.

Kata kunci : Sistem Hidroponik, Prototype, Internet of Things, Random Forest, Urban Farming

ABSTRAK

The urgency of this research is partly due to the rapid population growth, the decrease in agricultural land, and the unavoidable advancement of technology, which demands innovation in food production that is efficient, sustainable, and environmentally friendly. Hydroponic systems have become an alternative solution in modern agriculture. However, the success of this system still heavily relies on the skills and diligence of farmers in monitoring and managing various environmental parameters such as temperature, humidity, pH, and nutrients in the plants. Therefore, a system is needed that can perform automatic monitoring and control to improve efficiency and crop yields. The aim of this research is to design and build an intelligent hydroponic system based on the Internet of Things (IoT) integrated with Artificial Intelligence (AI). using the Random Forest model that can perform real-time environmental monitoring and automatic control of nutrients, temperature, and other environmental conditions to support optimal plant growth. The prototype method will be used in the implementation of this research, which consists of stages of user needs identification, initial design, prototype creation, evaluation, revision, and further development, as well as final implementation. In addition, for Artificial Intelligence, regression and classification methods will be developed using Random Forest.

Keywords : Hydroponic System, Prototype, Internet of Things, Random Forest, Urban Farming

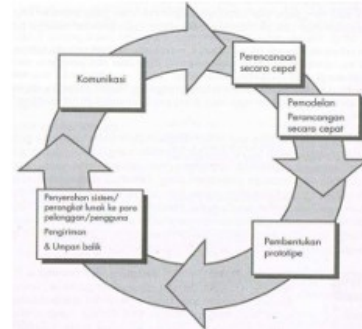


1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi global yang pesat dan urbanisasi telah meningkatkan permintaan akan pangan, sementara lahan pertanian semakin berkurang. Metode pertanian tradisional menghadapi tantangan seperti degradasi lahan, ketergantungan pada kondisi cuaca dan penanganan yang tidak optimal. Pertanian hidroponik semakin berkembang sebagai Solusi atas keterbatasan lahan dan perubahan iklim yang mengancam ketahanan pangan global. System ini memungkinkan budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah, melainkan dengan larutan nutrisi yang kaya akan unsur hara. Namun, system hidroponik konvensional masih memiliki tantangan dalam hal pemantauan manual, efisiensi penggunaan sumber daya dan ketergantungan pada manusia. Seiring dengan perkembangan teknologi, Internet of Things (IoT) telah memungkinkan otomatisasi dalam pengelolaan pertanian hidroponik. IoT memungkinkan pemantauan real-time dan control otomatis terhadap factor lingkungan seperti suhu, pH, dan kandungan nutrisi dalam larutan hidroponik. Penelitian menunjukkan bahwa system hidroponik berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi pertumbuhan tanaman serta mengoptimalkan sumber daya yang digunakan. Sistem Smart Hydroponics yang berbasis IoT ini dapat memberikan manfaat lebih lanjut dengan memungkinkan pemantauan jarak jauh dan analisis data berbasis cloud untuk membantu petani dalam pengambilan Keputusan secara lebih akurat. Dengan melihat berbagai manfaat yang ditawarkan oleh system ini, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan teknologi hidroponik berbasis IoT yang dapat meningkatkan efisiensi pertanian hidroponik serta memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan membangun prototype terlebih dahulu untuk kemudian diimplementasikan ke pihak terkait. Model prototype dapat digunakan untuk menyambungkan ketidakpahaman pelanggan mengenai hal teknis dan memperjelas spesifikasi kebutuhan yang diinginkan pelanggan kepada pembuat aplikasi. Adapun Langkah-langkah dari model prototype yaitu :



Gambar 1. Metode Prototype

Keterangan :

1. Peneliti akan mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam proses pembuatan alat dan tahap ini juga merupakan Langkah awal untuk menemukan rumusan masalah terkait bagaimana merancang alat monitoring hidroponik berbasis IoT yang dengan memberikan output berupa data realtime dari suhu, kadar pH, TDS dan kadar Nutrisi yang ada pada tanaman hidroponik.
2. Perencanaan dan pemodelan perancangan secara cepat sudah dilakukan pada Gambaran diagram alir penelitian.
3. Lalu akan dibuat pembentukan prototype untuk memberikan Gambaran kepada pelanggan (perancangan secara cepat).
4. Setelah pengujian dan evaluasi diselesaikan, selanjutnya akan dilakukan demonstrasi alat dan implementasi untuk memastikan alat berjalan sesuai fungsinya dengan baik pada lingkungan nyata untuk melihat efektifitas dari Smart Hydroponics berbasis IoT-AI guna monitoring dan optimalisasi pertumbuhan tanaman.

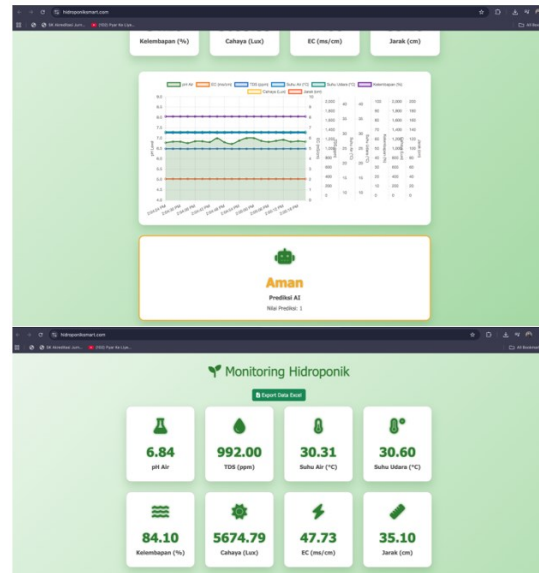
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pemantauan *real-time* dan kontrol otomatis berbasis Iot-AI untuk pertumbuhan tanaman yang optimal ini difungsikan sebagai pemantau nutrisi yang ada pada air yang digunakan untuk tanaman yang berada pada hidroponik

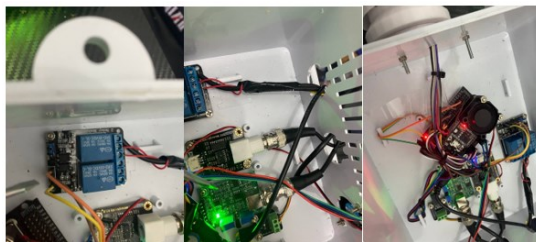


Gambar 2. Tanaman hidroponik

Cara Kerja dari alat *Smart Hydroponics* ini apabila sensor TDS mendeteksi kadar nutrisi tidak stabil ataupun normal maka mikrokontroler akan menghidupkan pompa nutrisi dan menambahkan cairan nutrisi secara otomatis ke dalam tangki air hidroponik sampai kadar nutrisi mencapai angka stabil pompa cairan nutrisi akan mati dengan secara otomatis



Gambar 4. Sistem IoT



Gambar 3. Alat *Smart Hydroponics*

Sistem *Smart Hydroponics* ini juga mencatat semua data yang didapatkan dari sensor yang ada seperti sensor pH, TDS, kelembapan, ED, Cahaya, suhu yang terkoneksi dengan sistem IoT dan mencatat semua data yang didapatkan secara *real-time*

	Waktu	pH Air	EC (mc/cm)	TDS (ppm)	Suhu Air (DTC)	Suhu Udara (DTC)	Kelembapan (%)	Cahaya (Lux)	Jarak (cm)
1	2025-08-30 09:38:24	8,05	0	1106	26,19	30,7	76,2	4557,5	16,4
2	2025-08-30 09:38:27	8,49	0	1114	26,19	30,7	76,2	4560,83	16
3	2025-08-30 09:38:31	8,67	0	1110	26,25	30,7	76,2	4557,5	14,9
4	2025-08-30 09:38:34	8,23	0	1081	26,25	30,7	76,2	4555	14,2
5	2025-08-30 09:38:38	8,83	0,95	1111	26,25	30,7	76,2	4545,83	14,9
6	2025-08-30 09:38:41	8,21	0	1110	26,31	30,7	76,2	4555	13,9
7	2025-08-30 09:38:45	7,59	0	1110	26,31	30,7	76,2	4548,33	15,1
8	2025-08-30 09:38:48	8,15	0	1107	26,37	30,7	76,2	4505	15,3
9	2025-08-30 09:38:52	8,63	0	1106	26,44	30,7	76,2	4551,67	14,2
10	2025-08-30 09:38:55	8,73	0	1107	26,37	30,7	76,2	4555	16,1
11	2025-08-30 09:38:58	8,77	0	1108	26,37	30,7	76,2	4558,33	14,8
12	2025-08-30 09:39:02	9,14	0	1106	26,44	30,7	76,2	4512,5	14,7
13	2025-08-30 09:39:05	8,65	0	1104	26,44	30,7	76,2	4528,33	16,1
14	2025-08-30 09:39:09	8,76	0	1106	26,44	30,7	76,2	4530	15,7
15	2025-08-30 09:39:12	8,66	0,51	1108	26,37	30,7	76,2	4530	15,6
16	2025-08-30 09:39:15	7,76	0	1106	26,44	30,7	76,2	4530,83	15,4
17	2025-08-30 09:39:19	8,81	0,95	1108	26,37	30,7	76,2	4530,83	14,9
18	2025-08-30 09:39:22	8,75	0,66	1108	26,37	30,7	76,2	4530	14,8
19	2025-08-30 09:39:26	8	0	1106	26,44	30,7	76,2	4530,83	15
20	2025-08-30 09:39:29	8,05	0	1106	26,44	30,7	76,2	4530,83	14,7
21	2025-08-30 09:39:33	9,23	0	1109	26,37	30,7	76,2	4531,67	15,5
22	2025-08-30 09:39:36	8,27	0,07	1107	26,37	30,7	76,2	4531,67	16,2
23	2025-08-30 09:39:39	8,88	0,44	1107	26,37	30,7	76,2	4532,5	15,3
24	2025-08-30 09:39:43	9,28	1,46	1106	26,44	30,7	76,2	4533,33	15,6
25	2025-08-30 09:39:46	8,11	0,29	1108	26,37	30,7	76,2	4530,83	15,2
26	2025-08-30 09:39:49	8,1	0,22	1107	26,44	30,7	76,2	4530,83	15,1
27	2025-08-30 09:39:53	8,79	0,22	1106	26,44	30,7	76,2	4506,67	15,6
28	2025-08-30 09:39:56	8,22	0,22	1107	26,44	30,7	76,2	4515,83	14,9
29	2025-08-30 09:40:00	9,34	0,66	1107	26,44	30,7	76,2	4487,5	15,3
30	2025-08-30 09:40:03	8,13	0	1104	26,44	30,7	76,2	4548,33	14
31	2025-08-30 09:40:06	8,93	0	1104	26,44	30,7	76,2	4482,5	15,1
32	2025-08-30 09:40:10	8,9	0	1106	26,44	30,7	76,2	4478,17	15
33	2025-08-30 09:40:13	9,15	0	1105	26,44	30,7	76,2	4488,17	15,8
34	2025-08-30 09:40:17	8,41	0,07	1104	26,44	30,7	76,2	4783,33	15
35	2025-08-30 09:40:20	8,52	0	1104	26,44	30,7	76,2	4749,17	14,9
36	2025-08-30 09:40:24	8,54	0	1104	26,44	30,7	76,2	4785,83	16,5
37	2025-08-30 09:40:27	8,95	0	1104	26,44	30,7	76,2	4793,33	15,7

Gambar 5. Data *realtime* yang diperoleh dari sistem

Berdasarkan hasil pengujian, seluruh komponen sistem **Smart Hydroponics** yang meliputi sensor, aktuator, komunikasi IoT, mekanisme logging data, serta *dashboard real-time* dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.



Tabel 1. Hasil pengujian alat

No	Item Pengujian IoT	Tujuan	Metode Pengujian	Valid /Tidak
	Sensor pH & EC	Verifikasi akurasi & kestabilan sensor nutrisi	Kalibrasi dengan larutan standar pH 4, 7, 10 dan EC rendah/tinggi	Valid
2	Sensor Suhu & Kelembapan	Validasi akurasi pembacaan lingkungan	Bandingkan dengan alat ukur referensi	Valid
3	Sensor Cahaya (Lux)	Pastikan sensor dapat membaca intensitas cahaya	Uji dengan luxmeter referensi	Valid
4	Aktuator Pompa Nutrisi & Air	Verifikasi kontrol ON/OFF & volume aliran	Uji perintah via microcontroller	Valid
5	Aktuator Lampu LED Grow	Validasi kontrol ON/OFF & stabilitas	Siklus ON/OFF berulang	Valid
6	Komunikasi IoT	Uji stabilitas koneksi	Kirim data berkala ke server	Valid

		& latency		
7	Logging Data Lokal & Cloud	Pastikan data tersimpan dengan benar	Simulasi data burst & koneksi terputus	Valid
8	Dashboard Real-Time	Validasi tampilan data sensor	Bandingkan data sensor vs UI	Valid
9	Integrasi Sistem IoT End-to-End	Verifikasi alur sensor → MCU → cloud → dashboard	Jalankan skenario pengiriman data penuh	Valid

4. KESIMPULAN

Sistem *Smart Hydroponics* berbasis IoT dan AI ini berhasil memantau dan mengontrol kondisi nutrisi tanaman secara otomatis dan real-time. Dengan menggunakan sensor seperti TDS, pH, suhu, cahaya, dan kelembapan, sistem dapat mendeteksi ketidakseimbangan nutrisi dan secara otomatis mengaktifkan pompa untuk menyesuaikan. Semua data dicatat dan ditampilkan melalui sistem IoT secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen bekerja sesuai spesifikasi dan berfungsi dengan baik.

5. REFERENSI

Abu Hatab, A., Cavinato, M. E. R., Lindemer, A., & Lagerkvist, C. J. (2021). Urban sprawl, food security and agricultural systems in developing countries: A systematic review of the literature. *Cities*, 94, 129–142. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.06.001>



- Chatterjee, A., Ghosh, P., Winkler, B., V. V., Debnath, S., Cichocki, J., et al. (2025). Demystifying the integration of hydroponics cultivation system reinforcing bioeconomy and sustainable agricultural growth. *Scientia Horticulturae*, 341, 113973. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.113973>
- Duangpakdee, K., Thananta, G., & Sukpancharoen, S. (2024). IoT enhanced deep water culture hydroponic system for optimizing Chinese celery yield and economic evaluation. *Smart Agricultural Technology*, 9, 100545. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100545>
- Erekath, S., Seidlitz, H., Schreiner, M., & Dreyer, C. (2024). Food for future: Exploring cutting-edge technology and practices in vertical farm. *Sustainable Cities and Society*, 106, 105357. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105357>
- Islam, M. R., Oliullah, K., Kabir, M. M., Alom, M., & Mridha, M. F. (2023). Machine learning enabled IoT system for soil nutrients monitoring and crop recommendation. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100880. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100880>
- Mehra, M., Saxena, S., Sankaranarayanan, S., Tom, R. J., & Veeramankandan, M. (2022). IoT based hydroponics system using deep neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 155, 473–486. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.10.015>
- Neranjana, N., Muzakker Khalid, A., Zakaria, Z., Metali, F., Bakar, M. S. A., & Yassin, H. (2024). A novel cloud enabled smart carbon neutral hydroponic setup for stem cutting propagation of tropical tree species. *Computers and Electronics in Agriculture*, 218, 108724. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108724>
- Rahman, M. A., Chakraborty, N. R., Sufiun, A., Banshal, S. K., & Tajnin, F. R. (2024). An AIoT-based hydroponic system for crop recommendation and nutrient parameter monitorization. *Smart Agricultural Technology*, 8, 100472. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100472>
- Rajendran, S., Domalachenpa, T., Arora, H., Li, P., Sharma, A., & Rajauria, G. (2024). Hydroponics: Exploring innovative sustainable technologies and applications across crop production, with emphasis on potato mini-tuber cultivation. *Heliyon*, 10(5), e26823. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26823>
- Ramakrishnam Raju, S. V. S., Dappuri, B., Ravi Kiran Varma, P., Yachamaneni, M., Verghese, D. M. G., & Mishra, M. K. (2022). Design and implementation of smart hydroponics farming using IoT-based AI controller with mobile application system. *Journal of Nanomaterials*, 2022(1), 4435591. <https://doi.org/10.1155/2022/4435591>
- Rathor, A. S., Choudhury, S., Sharma, A., Nautiyal, P., & Shah, G. (2024). Empowering vertical farming through IoT and AI-driven technologies: A comprehensive review. *Heliyon*, 10(15), e34998. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34998>
- Stevens, J. D., Murray, D., Diepeveen, D., & Toohey, D. (2024). A low-cost spectroscopic nutrient management system for microscale smart hydroponic system. *PLOS ONE*, 19(5), e0302638. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302638>
- Xiong, Y., Liu, M., Wen, L., & Zhang, A. (2025). Does urbanization inevitably exacerbate cropland pressure? The multiscale evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 504, 145413. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145413>
- Zhu, Z., Yogev, U., Keesman, K. J., Rachmilevitch, S., & Gross, A. (2023). Integrated hydroponics systems with anaerobic supernatant and aquaculture effluent in desert regions: Nutrient recovery and benefit analysis. *Science of the Total Environment*, 904, 166867. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166867>