

Sistem Pemantauan Dan Pengendalian Kadar Nutrisi Dan Pasokan Air Pada Sistem Tanam Hidroponik Menggunakan Arduino Uno Berbasis Internet Of Things (IoT)

Rengga Erlangga

Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan
Jl. Raya Puspitek No. 46, Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten 15316
email: dosen02967@unpam.ac.id

Abstrak

Berkurangnya lahan pertanian membuat orang beralih ke sistem tanam hidroponik karena sistem ini tidak membutuhkan lahan yang luas seperti pertanian konvensional. selain itu, tanaman hidroponik juga memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi karena lebih bersih, sehat dan bebas pestisida. Namun pemeliharaan dan perawatanya terbilang lebih sulit dan butuh banyak waktu dalam pengecekan sirkulasi air, nutrisi dan kelembapan suhu ruangan untuk menjamin tanaman tumbuh dengan baik, oleh karena itu diperlukan suatu sistem pintar untuk membantu dalam mengontrol tanaman yang dapat dilakukan secara terus menerus, jarak jauh dan real time. Arduino Uno dan NodeMCU Esp8266 merupakan mikrokontroller yang digunakan dalam penerapan teknologi Internet of Things (IoT) pada sistem tanam hidroponik ini dengan sistem kendali sederhana untuk memberikan sebuah informasi dari hasil pembacaan sensor-sensor yang digunakan dan ditampilkan pada smartphone lewat aplikasi blynk.. Pada penelitian ini dihasilkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dan sesuai yang diharapkan karena sensor yang digunakan dapat berjalan dan memberikan informasi secara cepat, akurat dan real time dengan rentang waktu 1-5 detik serta secara otomatis dapat mengontrol pasokan air, nutrisi air dan pencahayaan sehingga pertumbuhan tanaman akan lebih aman dan stabil

Kata kunci: Hidroponik, Arduino Uno, Internet of Things, Aplikasi Blynk

Abstract

The agriculture made peoples moved to hydroponic plant system,because this system needn't big land like conventional agriculture. In addition, the hydroponic plants has a higher value because more clean, more health, and free pesticide. But maintenance and treatment more difficult and need more time for checking, flowing water, nutrition, lighting, temperature and dampness for vouch the plants will be grow well. Therefore need a smart system for help controlling the plants, it can do continue, long distance and real time. Arduino uno and NodeMCU Esp8266 is a microcontroller can use for assembling technology Internet of thing (IoT) from this hydroponic planting system by simple control system to providing an information from the results of the reading of the sensors used and displayed on smartphones via the Blynk application. In this research it was found that the system can work well and as expected because the sensors used can run and provide information quickly, accurately and in real time range of 1-5 seconds and can automatically control water supply, water nutrition and lighting so that plant growth will be safer and more stable.

Keywords: Hydropoic, Arduino Uno, Internet of Things, Blynk application .

1. Pendahuluan

Sejak tinggi dan berkembangnya pembangunan lahan pada sektor perumahan dan perkantoran yang terjadi saat ini, sehingga membuat semakin sedikit dan

sulitnya lahan yang luas untuk dapat digunakan dalam sektor pertanian. Oleh karena itu ada cara lain untuk memanfaatkan lahan yang sempit sebagai usaha untuk mengembangkan hasil pertanian, yaitu

dengan cara bercocok tanam dengan sistem hidroponik. Hidroponik merupakan metode bercocok tanam dengan menggunakan media tanam selain tanah, seperti batu apung, kerikil, pasir, sabut kelapa, potongan kayu atau busa. Hal tersebut dilakukan karena fungsi tanah sebagai pendukung akar tanaman dan perantara larutan nutrisi dapat digantikan dengan mengalirkannya atau menambah nutrisi, air dan oksigen melalui media tersebut (Nurifah & Fajarfika, 2020). Sehingga tanaman hidroponik ini tidak kalah sehat dan bergizi, apalagi teknik ini mengutamakan terpenuhinya kebutuhan nutrisi tanaman dan tidak menggunakan pestisida serta bahan kimia berbahaya.

Dalam penerapannya, pemeliharaan dengan sistem ini tidaklah mudah, membutuhkan ketekunan dan ketelitian dalam merawatnya terutama pada kebutuhan pasokan nutrisi dalam air serta kebutuhan lain seperti kelembaban, pencahayaan dan sirkulasi air. Sehingga dibutuhkan banyak waktu dan biaya yang cukup besar dalam penerapannya karena bergantung pada kebutuhan daya listrik. Untuk itu dibutuhkan sistem pemantauan dan pengendalian berbasis teknologi *Internet of Things*. *Internet of Things* (IoT) merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari koneksi internet yang tersambung secara terus menerus (Dodi Hidayat et al., 2021).

Namun, berdasarkan berbagai penelitian IoT pada sistem hidroponik yang telah ada, sebagian besar masih berfokus pada pemantauan satu atau dua parameter saja seperti kadar nutrisi atau kelembaban tanpa integrasi menyeluruh terhadap pengendalian otomatis pencahayaan, sirkulasi air, serta pemantauan real time secara simultan. Selain itu, beberapa penelitian sebelumnya belum mengoptimalkan kemampuan kontrol jarak jauh secara stabil dan belum menyediakan sistem notifikasi yang responsif ketika terjadi anomali pada kondisi tanaman. Cela penelitian inilah yang menjadi dasar perlunya pengembangan sistem yang lebih komprehensif.

Peneliti dapat menyimpulkan bahwa dibutuhkan sistem pintar yang dapat membantu mengontrol dan memonitoring kadar nutrisi dan pasokan air, pencahayaan

ruangan dan kelembaban ruangan pada sistem tanam hidroponik yang berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan sistem kendali sederhana sehingga dapat dilakukan secara jarak jauh, kontinyu dan *real time*.

2. Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini penulis melakukan serangkaian proses dimulai dari Analisa kebutuhan, pengumpulan data yang dapat dijadikan sebagai bahan penelitian, pengujian, evaluasi serta validasi terkait dengan penerapan metode yang penulis usulkan.

2.1 Perangkat Lunak dan Perangkat Keras

Perangkat lunak (*Software*) dan perangkat keras (*Hardware*) sangat dibutuhkan dalam melakukan penelitian, berikut adalah perangkat – perangkat yang digunakan :

1. Perangkat Lunak(*software*)

Adapun spesifikasi perangkat lunak yang penulis gunakan adalah :

Tabel 1. Perangkat Lunak

Perangkat Lunak	Spesifikasi
Operating System	Windows 10 Enterprise 64 bit
Tools Applikasi	<i>Microsoft office 2016</i>
	<i>Arduino IDE</i>
	<i>Frizting</i>
	<i>Blynk</i>
	<i>Microsoft visio 2007</i>

2. Perangkat Keras(*hardware*)

Adapun spesifikasi perangkat keras yang penulis gunakan adalah :

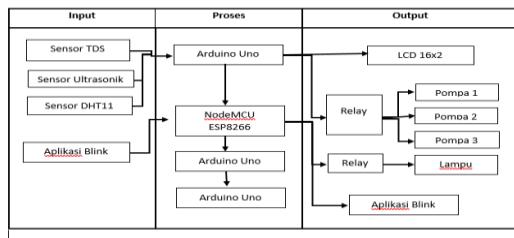
Tabel 2. Perangkat Keras

Perangkat Keras	Spesifikasi
Processor	<i>Intel Core i5-8250U CPU @ 3.4Ghz</i>
Ram	4 Gb
Mikrokontroller	<i>Arduino Uno R3</i>
Water Flow sensor	<i>Water Flow sensor YF-S201</i>
Sensor nutrisi air	<i>Analog TDS sensor</i>

Sensor Ultrasonik	<i>Ultrasonik HC-SR04</i>
Sensor suhu dan kelembaban	<i>DHT11</i>
Perangkat wifi	<i>NodeMCU ESP8266</i>
Modul Tampilan	<i>LCD 16x2</i>
Penghubung arus AC-DC	<i>Relay</i>
Perangkat pencahayaan	Lampu 16 watt
Perangkat sirkulasi air	Pompa Aquarium
Wireless	Modem XL
Handphone	Android

2.2 Block Diagram

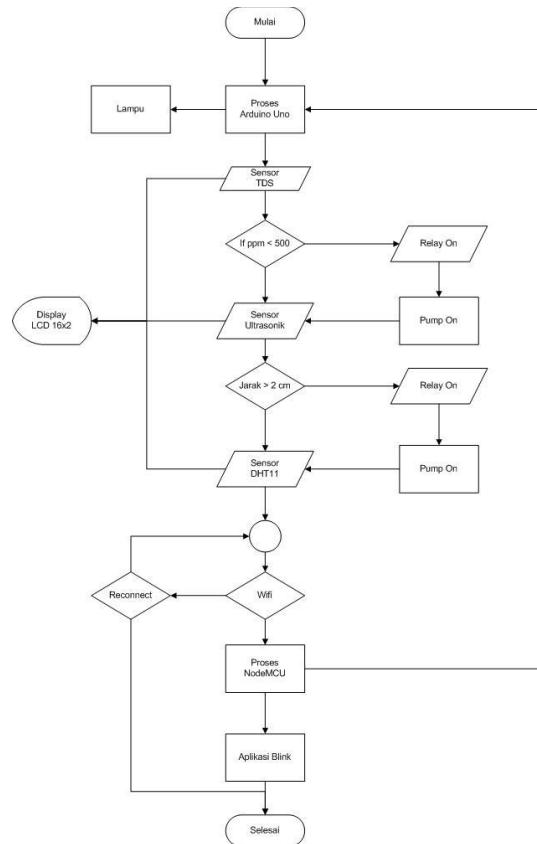
Berikut ini adalah *block diagram* untuk sistem pemantauan dan pengendalian pada sistem tanam hidroponik berbasis *internet of things* secara keseluruhan :



Gambar 1. *Block Diagram*

2.3 Flow Chart Diagram

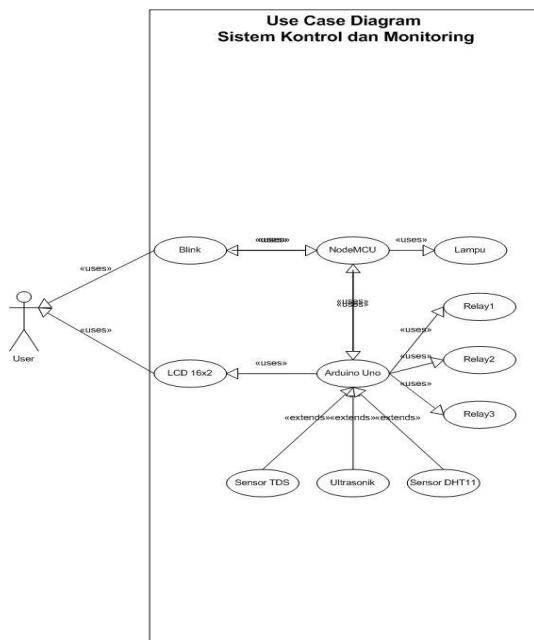
Adapun dalam menentukan alur atau proses pada sistem pemantauan dan pengendalian ini dibutuhkan *flowchart diagram*. Berikut ini *flowchart diagram* keseluruhannya sebagai berikut :



Gambar 2. *Flow Diagram*

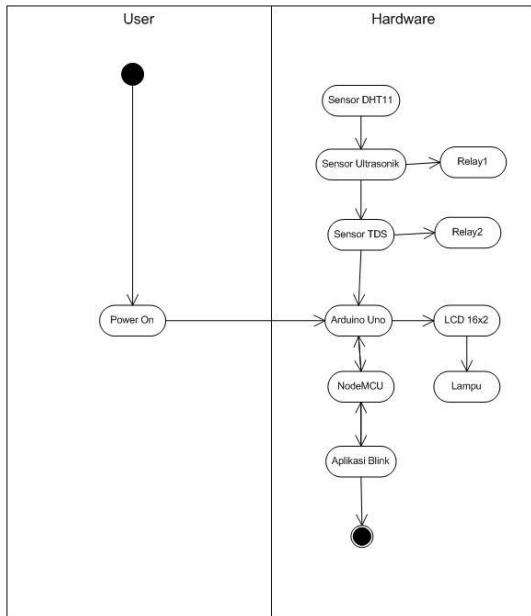
2.4 Use Case Diagram

Berikut ini gambar *use case diagram* dan penjelasan pada sistem pemantauan dan pengendalian ini :



Gambar 3. *Use case diagram*

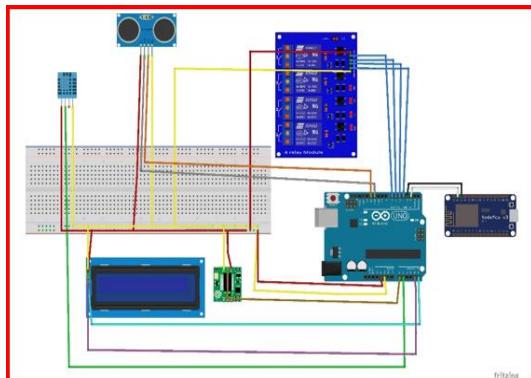
2.5 Activity Diagram



Gambar 4. Activity diagram

2.5 Wiring Diagram

Pada *wiring diagram* digambarkan jalur koneksi antara perangkat atau komponen dengan mikrokontroller adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Wiring diagram system

Berikut tabel penjelasan *wiring diagram* pada gambar 2.5 :

Tabel 3. Komponen Alat

Komponen	Uno
NodeMCU Esp8266	D1
	D2
Sensor TDS	In/Data
	Gnd
	Vcc
Sensor DHT11	Data
	Gnd
	Vcc
Sensor Ultrasonik	Echo
	12

	Trigger	11
Vcc	5V	
Gnd	Gnd	
LCD 16x2	SCL	A5
	SDA	A4
	Gnd	Gnd
Vcc	5V	
Relay 4 Chanel	Vcc	5V
	Gnd	Gnd
<i>Relay 1</i>	4	
<i>Relay 2</i>	5	
<i>Relay 3</i>	6	
<i>Relay 4</i>	7	

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini akan membahas mengenai hasil dari perancangan yang dibangun pada penelitian ini meliputi hasil implementasi perangkat keras dan Perangkat lunak.

3.1 Implementasi perangkat keras (hardware)

Implementasi ini merupakan rancangan bangun dari perangkat keras yang digunakan berdasarkan hasil analisis. berikut adalah implementasi dari perangkat keras yang telah di rancang sebelumnya :



Gambar 5. Rangkaian Sensor-sensor

Dari hasil implementasi perangkat keras diatas dapat dijelaskan bahwa :

1. Ketika adaptor dipasangkan ke mikrokontroller *arduino uno* dan *nodemcu esp8266*, alat posisi ON maka layar lcd akan menyala dan akan menampilkan data atau nilai-nilai sensor.
2. Lcd menampilkan nilai dari sensor tds, jika nilai sensor kurang dari 500ppm maka *relay 1* dan *relay 2* akan menyala bergantian selama 1

detik untuk menyalakan pompa-pompa untuk pengisian nutrisi air. Jika nilai sensor lebih dari 500ppm maka *relay* tidak akan menyala dan akan langsung membaca sensor selanjutnya.

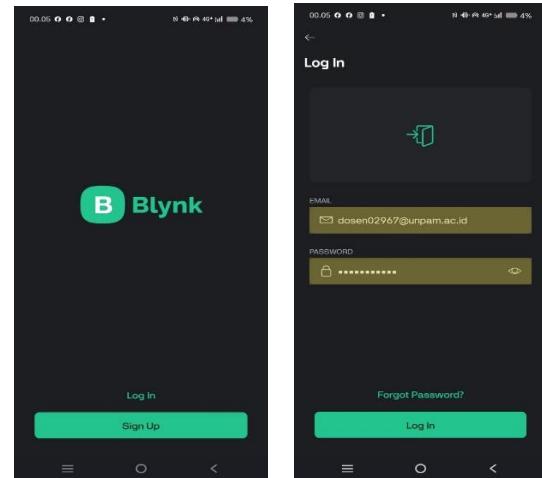
3. Lcd menampilkan nilai dari sensor ultrasonik untuk mengukur jarak atau volume air, jika nilai sensor lebih dari 5 cm maka *relay* 3 akan menyala untuk menyalakan pompa untuk pengisian air baku. Jika nilai sensor kurang dari 5 cm maka *relay* dan pompa tidak akan menyala dan akan langsung membaca sensor selanjutnya.
4. Selanjutnya lcd akan menampilkan nilai kelembapan dan suhu ruangan
5. Ketika *nodeMCU esp8266* terkoneksi dengan wifi maka data atau nilai yang dihasilkan dari alat akan ditampilkan dan diakses melalui aplikasi *blink* yang sudah dikonfigurasi. Nilai yang tampil pada aplikasi akan sama dengan nilai yang tampil pada layar lcd.
6. Tombol *bottom* lampu pada aplikasi *blink* digunakan untuk menyalakan lampu yang terhubung dengan alat. Jika tombol *bottom* kondisi ON maka lampu akan menyala dan jika tombol *bottom* kondisi OFF maka lampu akan mati.

3.2 Implementasi Perangkat Lunak (*Software*)

Berikut ini adalah implementasi dari perangkat lunak dari sistem pemantauan dan pengendalian yang sudah dirancang sebelumnya antara lain :

1. Login

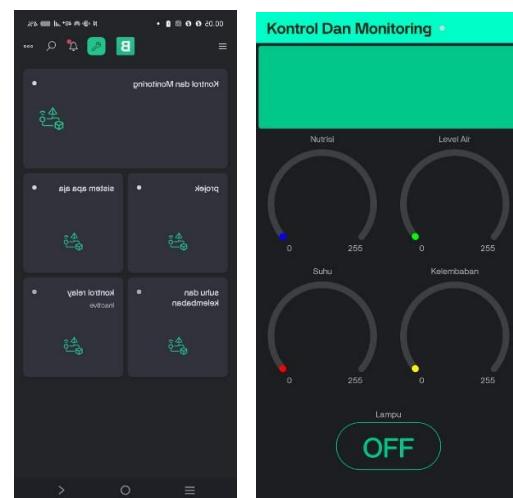
Halaman *login* adalah halaman muka pada aplikasi *blink* untuk bisa mengakses ke menu utama dan menu *dashboard* yang menampilkan sistem alat pemantauan dan pengendalian yang telah dibuat.



Gambar 7. Tampilan Login

2. Dashboard Utama

Setelah melakukan *Login* maka akan masuk ke halaman *dashboard* utama seperti tampilan berikut ini :



Gambar 8. Tampilan Dashboard Utama

3.3 Pengujian

Pengujian sistem merupakan hal terpenting yang bertujuan untuk mengevaluasi dan menemukan kesalahan-kesalahan atau kekurangan-kekurangan pada perangkat lunak dan perangkat keras yang di uji. Pada tahapan ini akan dilakukan pengujian sistem untuk memeriksa apakah alat atau perangkat yang dibuat sudah dapat dijalankan sesuai dengan kebutuhan dan standar tertentu. Adapun metode yang digunakan pada pengujian sistem ini menggunakan metode *Black Box*.

3.3.1 Pengujian Perangkat keras

Tabel 4. Pengujian Perangkat Keras

No	Pengujian	Parameter	Indikator	Hasil	
				Y	T
1.	Arduino Uno	Adaptor Power	Indikator Layar LCD menyala ketika adaptor dipasangkan pada Listrik	✓	
2.	NodeMCU	Adaptor Power	Indikator lampu pada nodeMCU menyala ketika adaptor dipasangkan pada Listrik	✓	
3.	LCD 16x2	Layar menyala dan menampilkan nilai-nilai sensor	LCD dapat menampilkan data atau nilai-nilai sensor	✓	
4.	Sensor TDS Analog	Mendeteksi nilai tds	Nilai tds tertampil pada layar LCD	✓	
5	Sensor Ultrasnik	Mendeteksi nilai jarak	Nilai jarak tertampil pada layar LCD	✓	
6.	Sensor DHT11	Mendeteksi nilai suhu dan kelembaban	Nilai suhu dan kelembaban tertampil pada layar	✓	
7.	Relay 1	Lampu Indikator relay 1	Lampu indikator relay 1 akan menyala jika diberi arus dan pompa 1 untuk pengisian air nutrisi A menyala	✓	
8.	Relay 2	Lampu Indikator relay 2	Lampu indikator relay 2 akan	✓	

No	Pengujian	Paramater	Indikator	Hasil	
				Y	T
			menyala dan pompa 2 untuk pengisian air nutrisi B menyala		
9.	Relay 3	Lampu Indikator relay 3	Lampu indikator relay 3 akan menyala dan pompa 3 untuk pengisian air baku menyala	✓	
10	Relay 4	Lampu indikator relay 4	Lampu indikator relay 4 akan menyala dan lampu akan menyala	✓	
11	Pompa 1 celup 1	Pompa 1 menyala	Pompa 1 untuk pengisian air nutrisi A akan menyala jika relay 1 menyala	✓	
12	Pompa 2 celup 2	Pompa 2 menyala	Pompa 2 untuk pengisian air nutrisi B akan menyala jika relay 2 menyala	✓	
13	Pompa 3 celup 3	Pompa 3 menyala	Pompa 3 untuk pengisian air baku akan menyala jika relay 3 menyala	✓	
14	Lampu	Lampu Menyala	Lampu akan menyala jika relay menyala	✓	

3.3.2 Pengujian Sensor

Untuk menentukan apakah nilai – nilai dari sensor –sensor sudah sesuai dan dapat digunakan, diperlukan alat atau bahan

sebagai perbandingan antara nilai yang dihasilkan sensor dengan alat atau bahan yg sudah terkalibrasi sesuai standar. Adapun sensor-sensor yang akan dikalibrasi adalah sensor *TDS*, sensor Ultrasonik dan sensor *DHT11*.

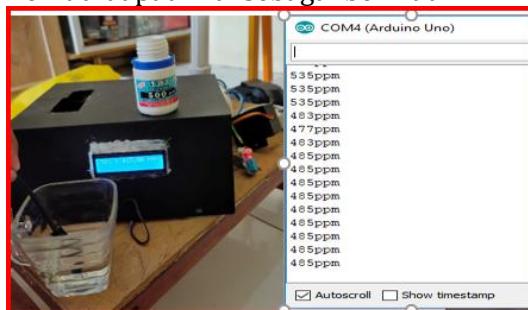
1. Perbandingan Sensor *TDS*

Kalibrasi yang dilakukan pada sensor tds dibutuhkan cairan yang sudah terkalibrasi sesuai standar nasional yaitu *TDS Calibration Liquid/Solution*. Cairan tds kalibrasi yang digunakan memiliki nilai 500ppm.



Gambar 9. Cairan *tds* kalibrasi 500 ppm

Dari hasil pembacaan sensor selama 10 menit didapat nilai sebagai berikut :



Gambar 10. Perbandingan Sensor *TDS*

Dari perbandingan ini dihasilkan selisih dari sensor yang digunakan dengan cairan tds kalibrasi yang menghasilkan nilai error/kesalahan. Menurut panduan praktikum fisika dasar 1, untuk mendapatkan nilai persentasi kesalahan relatif sensor dihitung dengan persamaan berikut :

Selisih dari pembacaan sensor *tds* yang telah dilakukan dengan nilai mutlak dari cairan kalibrasi disebut kesalahan absolut

Kesalahan Absolut = $| \text{nilai cairan kalibrasi} - \text{nilai pembacaan sensor} |$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{\text{kesalahan absolut}}{\text{nilai cairan kalibrasi}}$$

$$\text{Selisih rata-rata} = \frac{\text{jumlah nilai kesalahan relatif}}{\text{jumlah percobaan}} = \frac{0,352}{10} = 0,0352$$

Persentasi Kesalahan Relatif = selisih rata-rata x 100% = $0,0352 \times 100\% = 3,52\%$

$$\text{Nilai akurasi} = 100 - 3,52 = 96,48\%$$

Sehingga dengan hasil perbandingan ini, dapat disimpulkan bahwa alat ini memiliki nilai keakurasi sebesar 96,48%.

1. Perbandingan Sensor Ultrasonik

Pada tahapan ini, perbandingan yang dilakukan adalah dengan mengukur jarak antara sensor ultrasonik ke benda kemudian dibandingkan dengan menggunakan alat ukur berupa penggaris atau mistar.



Gambar 11. Perbandingan Sensor Ultrasonik

Hasil dari perbandingan ini didapatkan nilai yang dibaca oleh sensor ultrasonik dengan menggunakan alat ukur manual (penggaris) dihasilkan nilai keakurasi sebesar 98,06%.

2. Perbandingan Sensor *DHT11*

Untuk mengkalibrasi sensor *DHT11* dilakukan untuk menguji kepekaan baca sensor terhadap keadaan suhu dan kelembapan disekitar, kemudian dilakukan perbandingan dengan *thermohygrometer* diwaktu, dan temperatur yang beda. Kemudian dilakukan pencatatan hasil pembacaan sensor.



Gambar 12. Perbandingan Sensor *DHT11*

Hasil dari perbandingan ini didapatkan nilai yang dibaca oleh sensor *DHT11* dengan alat *thermohygrometer* dihasilkan nilai persentase kesalahan relatif yaitu 6,6% untuk rata-rata suhu sehingga memiliki nilai akurasi sensor sebesar 93,4% dan 5,6% untuk rata-

rata nilai kelambaban dengan nilai akurasi sensor sebesar 94,4%, namun pada selisih tersebut masih dibilang masih layak untuk digunakan, dikarenakan nilai standar pada suhu adalah diberikan nilai koreksi yang tidak melebihi $\pm 2^{\circ}\text{C}$ dan untuk kelembapan tidak melebihi $\pm 10\%$.

3.3.2.1 Pengujian Sistem Kendali Sederhana

Pengujian selanjutnya dilakukan pada sistem pengendalian pengisian tandon air berupa pengisian air nutrisi dan air baku yang sudah terhubung dengan pompa pompa dengan menggunakan sistem kendali sederhana. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem pengendalian dapat bekerja dengan baik menggunakan sensor ultrasonik dan sensor *TDS* untuk mengontrol pompa air dalam melakukan pengisian air bak penampungan.

Dari hasil percobaan sistem kontrol dan monitoring tanaman hidroponik dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5. Pengujian Sistem Kendali

Uji ke	Jarak Sensor Ultrasonik (Cm)	Durasi Pompa Air Baku (detik)	Nutrisi (ppm)	Durasi Pompa Nutrisi (detik)
1	19	10	96	1
2	17	30	170	2
3	10	20	442	2
4	6	15	609	Off
5	4	Off	745	Off
6	3	Off	766	Off
7.	3	Off	764	Off
8.	3	Off	755	Off
9	4	Off	702	Off
10 .	5	10	672	Off
11 .	3	Off	563	1
12 .	3	Off	756	Off

13 .	3	Off	755	Off
Total Durasi Pompa		85		6

Hasil pengamatan pada tabel diatas durasi pompa air baru untuk memenuhi sirkulasi hidroponik membutuhkan waktu 85 detik dan setiap 10detik pengisian menghasilkan ketinggian debit air antara 2-3 cm. Untuk durasi pompa nutrisi untuk memenuhi kebutuhan sistem hidroponik membutuhkan waktu 6 detik dengan setiap detik pengisian nutrisi menghasilkan rentang nilai 100-200 ppm.

3.3.3 Hasil Analisis pengujian *Black Box* Perangkat Keras dan Lunak

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dengan metode *black box*, diketahui bahwa mikrokontroller arduino uno dan nodemcu dapat bekerja jika diberi arus listrik untuk menghidupkan perangkat dan terkoneksi dengan perangkat *wifi* yang sudah *disetting*. Lampu indikator pada mikrokontroller akan menyala diikuti layar lcd yang menyala. Kemudian sensor – sensor akan mulai bekerja

Sedangkan untuk aplikasi yang digunakan *user* dapat mengakses *dashboard monitoring* pada aplikasi *blynk* jika *user* dan *password* benar dan sudah terdaftar. Pada halaman *dashboard monitoring* akan menampilkan nilai – nilai yang dibaca oleh sensor secara *real time* dan terus menerus, selain itu terdapat tombol *button* untuk menjalankan perintah pada *nodemcu* untuk menyalakan atau mematikan lampu.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Penerapan sistem pengendalian dan pemantauan berbasis *internet of things* dengan system kendali sederhana menggunakan mikrokontroller *arduino uno* dan *nodemcu esp8266* pada sistem tanam hidroponik dapat bekerja dengan baik dan sesuai yang diharapkan karena sensor yang digunakan dapat berjalan dan memberikan informasi secara cepat, akurat dan *real time* dengan nilai akurasi sensor *tds* 96,48%,

sensor ultrasonik 98,06% dan sensor *dht11* untuk suhu 93,4% dan kelembaban 94,4% dan sistem dapat bekerja secara otomatis dalam mengontrol pasokan dan nutrisi air, suhu, kelembapan dan pencahayaan ruangan sehingga memudahkan petani dalam merawat tanamannya serta membuat pertumbuhan tanaman menjadi lebih aman dan stabil.

Daftar Pustaka

- Afrizal Zein dan Emi Sita Eriana, (2021).**, Perancangan *Internet Of Things (IoT) Smart Home*. Sainstech Vol.31, No.2, 48-53.
- Agus Sofwan, Abdul Muis, dan Muhamad Juliarto., (2022).** Sistem Sterilisasi Microorganisme Dengan Penyinaran Ultra Violet Berbasis *Internet Of Things*. Saintech Vol 32(4).
- Ahmad, N. F., & Zuhrie, M. S. (2019).** Rancang bangun sistem monitoring dan pengontrolan pH nutrisi pada hidroponik sistem *Nutrient Film Technique (NFT)* menggunakan pengendali PID berbasis *Arduino Uno*. Jurnal Teknik Elektro, Vol.8 No.2, p.349-357.
- Albar, F., Paputungan, I. V., & Irianto, K. D. (2022).** Sistem pemantauan nutrisi air pada tanaman hidroponik model rakit apung. *Journal of Information System Research* (JOSH), 3(4), 703-711.
- Andrianto, H. & S., (2023).** Pemantauan dan Pengendalian Nutrisi pada Tanaman Hidroponik Sistem Wick berbasis IoT. ELKOMIKA, Volume 11 No.4, p. 968-982.
- Arafat, Ratna , S. & Wagino, (2023).** Monitoring Kualitas Air Dan Kadar Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis Internet Of Things. Teknologia Jurnal Ilmiah, Volume 14, N0. 4, p. 449.
- Arrobani, M. & Sartika, N., (2023).** Sistem Pemantauan Tingkat Nutrisi dan pH Menggunakan Arduino berbasis Internet of Things. Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung, November.pp. 149-156.
- Banjardana, A., Andriani, T. & Topan, P. A., (2024).** Prototipe Sistem Monitoring Dan Kontrol Ph Serta Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis IoT Untuk Pertanian. JINTEKS, Volume 6, pp. 455-464.
- Dody Hidayat dan Ika Sari., (2021).** Monitoring Suhu dan Kelembaban berbasis Internet of Things (IoT). Jurnal Penelitian Teknik Informatika, Volume 4 Nomor 1, e-ISSN : 2621-234X.
- Harlan Effendi dan Bima Cucu Riswara., (2020).** Aplikasi Sensor Suhu Lampu Yang Dikendalikan Menggunakan Smartphone Android. Sainstech Vol. 26 No. 2, p-ISSN : 1410 - 7104.,
- Murdiantoro, R. A., Izzinnahadi, A., & Armin, E. U. (2021).** Sistem pemantauan kondisi air hidroponik berbasis Internet of Things menggunakan NodeMCU ESP8266. Journal of Telecommunication Electronics and Control Engineering (JTECE).
- Nababan, P., Andromeda, T., & Soetrisno, Y. A. A. (2020).** Perancangan sistem monitoring hidroponik Nutrient Film Technique (NFT) berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan Web Server ThingSpeak. Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 9(4).
- Nurifah, G., & Fajarfika, R. (2020).** Pengaruh media tanam pada hidroponik terhadap pertumbuhan dan hasil kailan (*Brassica oleracea L.*). JAGROS: Jurnal Agroteknologi dan Sains, 4(2). <https://doi.org/10.52434/jagros.v4i2.925>
- Pramartaningthyas, E. K., Ma'shumah, S., & Faud, M. I. (2022).** Analisis Performa Sistem Kendali Ph Dan Tds Terlarut Berbasis Internet Of Things Pada Sistem Hidroponik Dft. Jurnal Resistor (Rekayasa Sistem Komputer), 5 No.1, 1-9.
- Priawardana, S. G. & Surriani, A., (2025).** Design of a Monitoring and Nutrient Management System Based on Internet of Things (IoT) for Hydroponic Method Using MIT App Inventor. Juliet, Volume 6, No.1.
- Rusman, J., Michael, A. & Garonga, M., (2023).** Sistem Kontrol Kadar Nutrisi

Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino UNO. dynamicsaint, Mar, Volume vol. 7, p. 8–14.

Syaiful Romadhon dan Abdul Multi., (2023). Rancang Bangun Real Time Monitoring & Controlling Infant Incubator dengan Tilt Stabilizier untuk mengurangi kemiringan saat pemindahan bayi menggunakan Rasberry PI Berbasis IOT. Sainstech Vol. 33 No. 3 (September 2023):49 – 60.

Vincentdo, V., & Surantha, N. (2023). Nutrient Film Technique based hydroponic monitoring and controlling system using ANFIS. Electronics, 12(6), 1446.

Widiantoko, A., Jamal, Z. & Sudibyo, N. H., (2023). Sistem Kontrol dan Monitoring Kandungan Nutrisi pada Budidaya Sayuran. JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi), Volume 7(2), p. 169–176.

Wijayanto, D., Silmina, E. P., Firdonsyah, A., & Aditiya, A. A. (2024). Prototype IoT untuk pemantauan nutrisi dan pH pada hidroponik menggunakan ESP32 di Kebun Hidropinik Vefar Yogyakarta. HOAQ: Jurnal Teknologi Informasi, 15(2), 100–106.