



Sistem Kontrol dan Monitoring Nutrisi Tanaman Hidroponik Indoor Berbasis IoT dengan Aplikasi Android

Naufal Bima Rizkyanto¹, M. Irwan Bustami¹, Chindra Saputra^{1,*}, Wahyu Nugraha¹

¹Universitas Dinamika Bangsa, Jambi, Indonesia

Informasi Artikel

Sejarah Artikel:
Submit: 25 Juni 2025
Revisi: 05 Juli 2025
Diterima: 17 Juli 2025
Diterbitkan: 30 Juli 2025

Kata Kunci

Sistem Monitoring, Hidroponik, IoT, Arduino Uno, ESP32, Android

Korespondensi

E-mail: chindrasaputra@gmail.com*

A B S T R A K

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem monitoring hidroponik berbasis IoT dengan menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama dan ESP32 sebagai modul IoT. Sistem ini dapat mengukur parameter-parameter hidroponik seperti pH, suhu, TDS, dan intensitas cahaya secara akurat dan otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini berfungsi dengan baik dan dapat memberikan hasil yang akurat. Sistem ini memiliki akurasi pengukuran yang tinggi, dengan selisih *error* kurang dari ± 5 ppm untuk pH, $\pm 0,3^\circ\text{C}$ untuk suhu, ± 5 lux untuk intensitas cahaya, dan ± 5 ppm untuk TDS. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan kontribusi pada kemajuan teknologi hidroponik dan membantu meningkatkan kinerja aplikasi hidroponik. Saran dari penelitian ini adalah perlu dilakukan kalibrasi ulang pada sensor-sensor yang digunakan untuk memastikan akurasi tinggi, mengembangkan sistem kontrol otomatis yang lebih canggih, menambahkan fitur-fitur lain seperti kemampuan untuk mengirim data secara *real-time* ke aplikasi Android atau platform lainnya.

Abstract

This research aims to design and develop an IoT-based monitoring system for indoor hydroponic farming using Arduino Uno as the main microcontroller and ESP32 as the IoT module. The system can accurately and automatically measure parameters such as pH, temperature, TDS, and light intensity. The results of this study show that the system functions well and provides accurate results. The system has high measurement accuracy, with an error margin of less than ± 5 ppm for pH, $\pm 0.3^\circ\text{C}$ for temperature, ± 5 lux for light intensity, and ± 5 ppm for TDS. Therefore, this research can contribute to the advancement of hydroponic technology and help improve the performance of hydroponic systems. The suggestions from this study are to perform recalibration on sensors used to ensure high accuracy, develop more advanced automated control systems, and add features such as real-time data transmission capabilities to Android or other platforms.

This is an open access article under the CC-BY-SA license



1. Pendahuluan

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini memberikan pengaruh besar dalam menyelesaikan pekerjaan. Ilmu yang diterapkan pada mesin dan elektronika dapat diselesaikan dengan lebih efektif dan efisien. Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi juga mendorong manusia untuk terus berpikir kreatif tidak hanya menemukan sesuatu yang baru, tapi juga memaksimalkan kinerja suatu teknologi [1]. Budidaya hidroponik menjadi pilihan saat ini terutama di daerah perkotaan. Teknologi hidroponik memiliki beberapa keuntungan, antara lain terdapat

kemudahan pengelolaan, efisiensi jumlah nutrisi atau pupuk, jumlah air, dan juga dapat dikembangkan secara komputerisasi [2].

Banyaknya faktor luar seperti kekurangan lahan, boros biaya, ataupun ketidakefektifan dalam melakukan penanaman juga dapat mempersulit dalam menjalankan usaha [3]. Sehingga Budidaya tanaman hidroponik ini sangatlah cocok untuk daerah yang mempunyai lahan sempit dan dapat dibudidayakan secara indoor. Teknik hidroponik sangat bergantung pada larutan nutrisi yang digunakan karena larutan nutrisi merupakan sumber pasokan nutrisi bagi tanaman untuk mendapatkan makanan dalam budidaya hidroponik [4].

Permasalahan yang timbul pada cocok tanam menggunakan media air adalah sering terjadinya keterlambatan dalam pemantauan dan pemberian cairan nutrisi ke dalam air dikarenakan pengecekan hanya mengandalkan alat TDS meter dan PH meter yang dilakukan secara manual [5]. Petani harus mengecek secara rutin untuk mengetahui kondisi kadar nutrisi dalam air, jika hasil pengecekan dihasilkan kadar nutrisi dalam air tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman maka petani harus memberikan larutan nutrisi secara manual dengan menuangkan cairan nutrisi ke dalam bak penampungan air yang kemudian di cek kembali dengan TDS meter untuk memastikan kadar nutrisi sesuai standar kebutuhan tanaman [6].

Salah satu faktor terpenting dalam menanam tanaman hidroponik adalah kualitas pH air. Di dalam budidaya tanaman hidroponik hal yang terpenting dalam pertumbuhan tanaman adalah menjaga kadar pH (derajat keasaman atau kebasaan) pada air, karena pH air berdampak dalam penyerapan unsur nutrisi yang diperlukan tanaman [7]. Nilai ideal pH pada sayur pakcoy adalah 5,5 - 6,5 [8]. Jika melakukan hidroponik secara indoor, memerlukan pengganti cahaya matahari yang tidak bisa didapatkan. Karena itu digunakan growlight untuk menggantikan cahaya matahari dalam pertumbuhan tanaman. Penyinaran selama 14-16 jam setiap hari dapat membuat pertumbuhan tanaman sayuran dan buah-buahan secara maksimal [3]. Selain pH, suhu air juga berperan penting dalam budidaya hidroponik. Suhu air yang ideal untuk hidroponik berkisar antara 18-24°C. Suhu air yang terlalu tinggi dapat menyebabkan oksigen terlarut dalam air menurun, sehingga menghambat pertumbuhan tanaman. Sebaliknya, suhu yang terlalu rendah dapat memperlambat proses metabolisme tanaman [9]. Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah Total Dissolved Solids (TDS) atau jumlah zat terlarut dalam air. TDS digunakan untuk mengukur konsentrasi nutrisi yang tersedia bagi tanaman. Nilai TDS ideal tergantung pada jenis tanaman yang dibudidayakan, namun untuk pakcoy berkisar antara 500-1500 ppm [10]. Nilai ini memastikan tanaman mendapatkan cukup nutrisi tanpa risiko keracunan akibat konsentrasi yang terlalu tinggi.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Putri dkk [11], penelitian ini merancang sistem kontrol otomatis untuk mengelola pH larutan dan pencahayaan tanaman pakcoy (*Brassica rapa L.*) dengan koneksi smartphone. Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler ESP32, sensor pH Probe 4502C untuk pemantauan pH, sensor cahaya BH1750 untuk pengukuran intensitas pencahayaan, pompa peristaltik sebagai pengatur larutan buffer, dan lampu LED growing light sebagai pengganti sinar matahari. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi tinggi dengan nilai R^2 sebesar 0,9913 untuk sensor pH dan 0,9947 untuk sensor cahaya, serta rata-rata kesalahan masing-masing hanya 0,3144% dan 0,4086%.

Penelitian sebelum juga dilakukan oleh Saputra [10], dalam penelitian ini, sistem otomatisasi pada hidroponik dengan teknik NFT (*Nutrient Film Technique*) diterapkan untuk tanaman pakcoy. Sistem ini dirancang untuk mengalirkan air secara kontinu ke akar tanaman dengan aliran kecil, menjaga pH larutan stabil pada kisaran 5,5-7, dan menyalaikan lampu LED secara otomatis saat intensitas cahaya turun di bawah 3000 Lux. Hasil pengujian menunjukkan akurasi sensor dengan rata-rata *error* sebesar 4,88% untuk pH, 3,99% untuk TDS, dan 6,78% untuk intensitas cahaya.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan Derafi dkk, mengkaji implementasi teknologi IoT pada sistem hidroponik dengan metode *Nutrient Film Technique* (NFT), yang memungkinkan akar tanaman

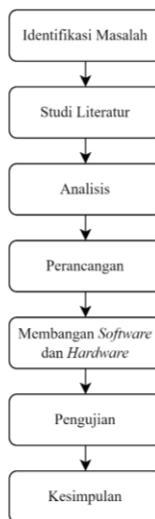
memperoleh air, nutrisi, dan oksigen melalui lapisan nutrisi yang dangkal dan tersirkulasi. Sistem ini dirancang untuk membantu petani mengatasi kendala dalam mengontrol dan memantau kondisi tanaman tanpa mengorbankan waktu dan kesibukan lain. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler ESP32 dan aplikasi Blynk untuk memantau serta mengontrol parameter penting, seperti nutrisi, suhu, dan kelembapan rockwool. Perangkat keras yang digunakan meliputi sensor TDS, ultrasonik, LDR, DHT11, dan sensor kelembapan tanah, serta pompa DC sebagai aktuator. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga nutrisi dalam rentang optimal 560–660 ppm, suhu stabil hingga 29,20 °C, dan kelembapan rockwool pada kisaran ideal 50–56% [9].

Penelitian ini mengajukan sebuah sistem yang dapat memonitoring hidroponik indoor yaitu monitoring suhu air, keasamaan air (pH), nilai tds atau kepekatan nutrisi air (ppm) dan intensitas cahaya (lux). Alat ini menggunakan aplikasi android untuk memonitoring nilai sensor dan notifikasi jika nilai sensor diluar keadaan normal. Sistem ini meningkatkan efisiensi waktu dan energi dengan mengurangi kebutuhan pengukuran manual, membantu meningkatkan hasil panen melalui pengelolaan lingkungan yang optimal, serta menyediakan analisis data untuk strategi perawatan jangka panjang. Dari latar belakang yang diuraikan, maka dilakukan penelitian dengan judul Sistem Kontrol Dan Monitoring Nutrisi Tanaman Hidroponik Indoor Berbasis IoT Dengan Aplikasi Android.

2. Metode Penelitian

2.1. Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan bagian krusial dalam sebuah penelitian yang berfungsi sebagai landasan konseptual dan metodologis. Dengan kerangka penelitian yang jelas, diharapkan penelitian dapat berjalan secara sistematis dan menghasilkan temuan yang valid serta relevan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Kerangka kerja yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:



Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan utama yang sistematis, dimulai dari tahap identifikasi masalah, studi literatur, analisis, perancangan, pembangunan sistem, pengujian, hingga penyimpulan. Tahap pertama adalah identifikasi masalah, di mana penulis mengamati tantangan dalam budidaya hidroponik indoor, khususnya pada aspek monitoring dan kontrol nutrisi yang masih mengandalkan alat manual seperti TDS meter dan pH meter. Hal ini menyebabkan keterlambatan dalam pemantauan dan pemberian nutrisi. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat meningkatkan efisiensi waktu dan energi.

Selanjutnya, dilakukan studi literatur yang bertujuan untuk meninjau penelitian terdahulu mengenai teknologi hidroponik dan penerapan IoT. Dari literatur tersebut, penulis memperoleh

pemahaman tentang penggunaan sensor, mikrokontroler, serta sistem otomatisasi dalam pertanian hidroponik. Kemudian, pada tahap analisis, penulis mengolah data dan mengidentifikasi kebutuhan sistem berdasarkan temuan masalah dan referensi yang relevan. Analisis ini mempertimbangkan jenis tanaman, kondisi lingkungan, serta parameter penting seperti pH, TDS, suhu, dan intensitas cahaya. Dari hasil analisis, dipilih beberapa komponen utama sistem, seperti mikrokontroler ESP32, sensor GY-302 (cahaya), E-201C (pH), DS18B20 (suhu), dan sensor TDS, serta perangkat pendukung seperti pompa air DC dan lampu growing light.

Pada tahap perancangan, penulis menyusun arsitektur sistem dalam bentuk blok diagram dan *flowchart*, lalu menentukan perangkat keras dan lunak yang akan digunakan. Perancangan hardware meliputi rancangan fisik alat dan penyusunan rangkaian elektronika yang mengintegrasikan berbagai sensor dengan ESP32. Setelah itu, dilakukan pembangunan sistem yang mencakup pengembangan software dan hardware. Arduino IDE digunakan untuk memprogram ESP32, sedangkan aplikasi mobile dibuat menggunakan Flutter dan terhubung ke Firebase Realtime Database untuk memantau dan mengontrol sistem secara *real-time*. Data dari sensor akan ditampilkan di aplikasi, yang juga memungkinkan kontrol jarak jauh terhadap pompa dan lampu sesuai parameter yang telah ditentukan.

Tahap selanjutnya adalah pengujian prototipe, yang bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen berfungsi dengan baik. Pengujian ini mencakup uji akurasi sensor, kestabilan sistem, serta respons aplikasi terhadap perubahan parameter lingkungan. Evaluasi hasil pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem berjalan sesuai rencana dan untuk mengidentifikasi potensi perbaikan. Akhirnya, pada tahap kesimpulan, penulis menyimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan berhasil meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam budidaya hidroponik indoor. Selain itu, disarankan adanya pengembangan lebih lanjut, seperti penambahan fitur baru atau peningkatan akurasi sistem untuk hasil yang lebih optimal.

2.2. Metode Pengumpulan Data

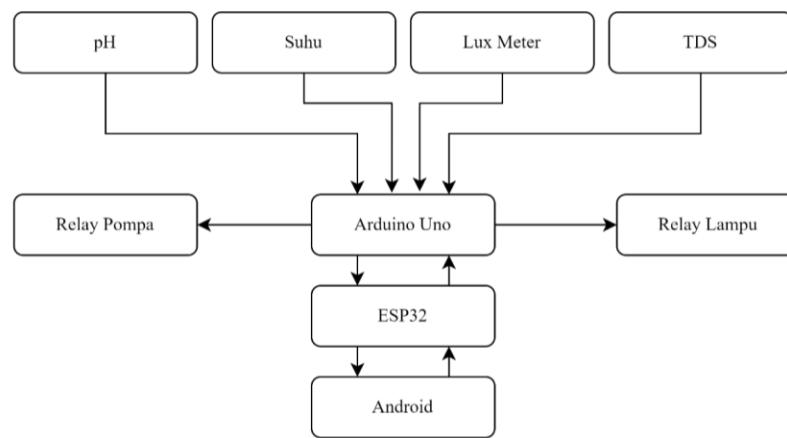
Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa metode penelitian untuk menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam kerangka penelitian. Metode pertama yang digunakan adalah metode penelitian pustaka (library research method) yang diterapkan pada tahap pengumpulan data. Tujuan dari metode ini adalah untuk memperoleh informasi yang relevan terkait topik penelitian, kontrol pada budidaya tanaman hidroponik. Pengumpulan data dilakukan dengan membaca buku-buku yang tersedia diperpustakaan Universitas Nurdin Hamzah (UNAMA) Jambi, menelusuri referensi di internet, serta mempelajari sumber-sumber lain yang berkaitan dengan tema penelitian.

Selain itu, penulis juga menggunakan metode penelitian laboratorium, yang diterapkan pada tahap perancangan sistem. Metode ini digunakan untuk menguji kelengkapan dan kecocokan rancangan sistem dengan kebutuhan perangkat yang akan digunakan. Pengujian ini melibatkan berbagai komponen seperti pengontrol pH, sensor TDS, sensor suhu air, dan sistem pencahayaan. Dengan metode laboratorium ini, penulis dapat memastikan bahwa setiap komponen yang dirancang bekerja sesuai fungsi dan saling mendukung untuk membentuk sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT yang efektif dalam mendukung budidaya hidroponik indoor.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Blok Diagram

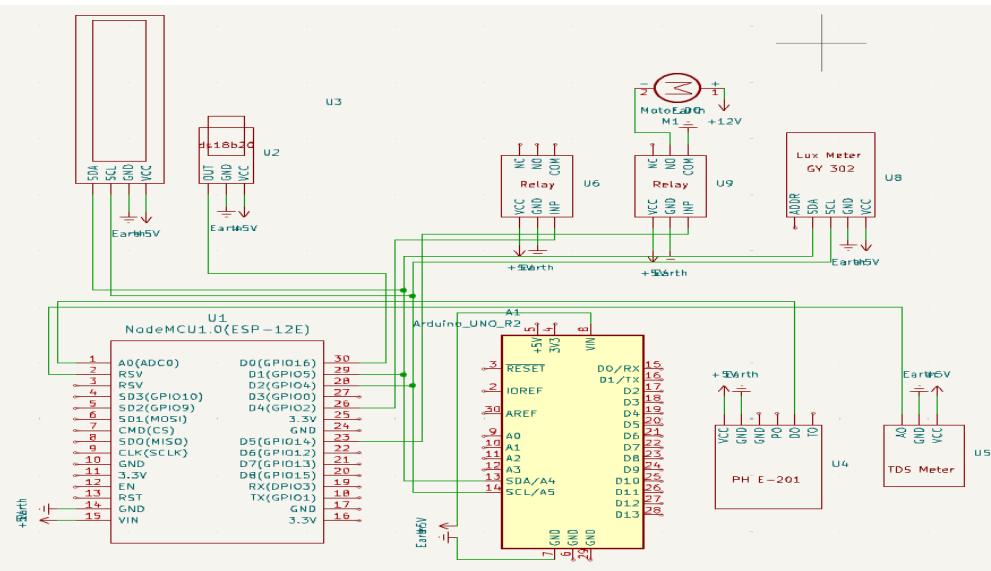
Blok diagram merupakan representasi visual dari sistem atau alat yang menunjukkan bagaimana komponen-komponen di dalamnya saling berinteraksi. Pada dasarnya, blok diagram menggunakan bentuk geometris sederhana seperti kotak dan garis untuk menggambarkan hubungan antara input, proses, dan output dari suatu sistem.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

3.2. Rangkaian Keseluruhan

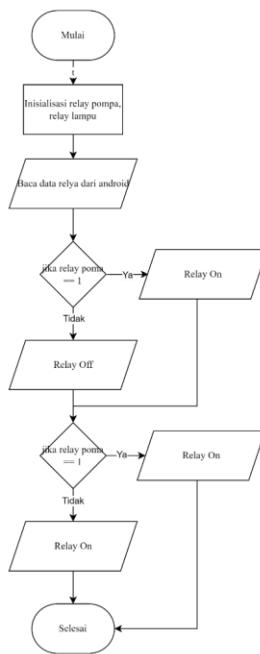
Rangkaian keseluruhan pada Gambar 4.9 terdiri dari beberapa sub-rangkaian yang terintegrasi untuk mencapai fungsi yang diinginkan. Inti dari sistem adalah Arduino Uno yang berkomunikasi dengan ESP32 melalui I2C (pin A4/A5 Arduino ke GPIO21/GPIO22 ESP32). Informasi ditampilkan melalui LCD 16x2 yang juga terhubung ke Arduino melalui I2C (pin A4/A5). Pengukuran lingkungan dilakukan oleh beberapa sensor: sensor pH (pin A0), sensor TDS (pin A1), sensor lux GY-302 (I2C), dan sensor suhu DS18B20 (pin D2). Pengendalian output dilakukan oleh relay yang terhubung ke pin D4 untuk mengendalikan pompa air DC dan relay lain yang terhubung ke pin 5 untuk mengendalikan lampu pertumbuhan AC. Rangkaian keseluruhan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Keseluruhan [12], [13], [14]

3.3. Flowchart

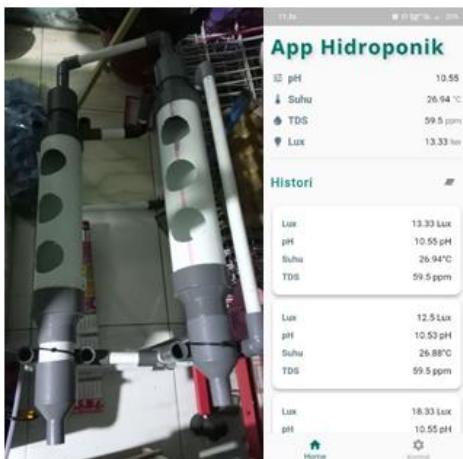
Sebuah algoritma berisi serangkaian proses dan hubungan diantara mereka. Alur program menggambarkan urutan diantara beberapa tahap dan transmisi dari berbagai operasi. Untuk memudahkan dalam memahami suatu program peneliti perlu merancang terlebih dahulu algoritma pemrograman *flowchart*. Tujuan dari pembuatan *flowchart* untuk melihat proses sistem secara sederhana dan sebagai acuan dalam membuat program, sehingga dalam implementasi dapat menjadi lebih mudah. Gambar *flowchart* dapat dilihat dalam gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Monitoring dan Sistem Kontrol

3.4. Hasil Implementasi

Pada tahapan ini, penulis melakukan implementasi rancangan yang sudah disusun sebelumnya. Hasil dari implementasi penelitian ini dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Bentuk Fisik Prototipe dan Aplikasi Android

3.5. Pengujian

Proses pengujian dalam penelitian ini dilakukan untuk memvalidasi kesesuaian antara desain alat yang telah dirancang dengan implementasinya, serta memastikan bahwa hasil yang diperoleh sesuai dengan ekspektasi. Pengujian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi kinerja alat secara komprehensif, mencakup keandalan, akurasi, dan respons sistem terhadap kondisi lingkungan. Setelah pengujian dilakukan, penulis melakukan serangkaian pengukuran dan analisis terhadap data yang diperoleh guna menilai tingkat keberhasilan alat dalam menyelesaikan tugas akhir. Setiap komponen sistem diuji secara individual untuk mengevaluasi kinerjanya sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan.

Pengujian pertama dilakukan terhadap sensor pH E-201, yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman larutan. Sensor ini menghasilkan sinyal analog yang dibaca oleh Arduino Uno melalui pin A0. Proses pengujian melibatkan penggunaan larutan buffer dengan nilai pH yang

diketahui, seperti pH 4, pH 7, dan pH 10, untuk memverifikasi respons sensor. Data yang diperoleh dari pembacaan analog kemudian dikonversi menjadi nilai pH menggunakan persamaan kalibrasi yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan sejauh mana sensor mampu mendekripsi perubahan pH dengan akurat, serta konsistensi pembacaannya dalam berbagai kondisi. Hasil pengujian pengujian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Sensor pH

Larutan Buffer	Nilai pH Aktual	Pembacaan Analog (0-1023)	Nilai pH Terukur	Selisih (Error)
Buffer pH 4	4.00	205	4.05	+0.05
Buffer pH 7	7.00	512	7.02	+0.02
Buffer pH 10	10.00	820	9.95	-0.05
Air Keran	~7.50 (Perkiraan)	580	7.48	-0.02

Pengujian sensor pH dilakukan untuk memverifikasi akurasi dan keandalan sensor dalam mengukur tingkat keasaman larutan. Nilai pH aktual dari larutan buffer (pH 4, pH 7, dan pH 10) dibandingkan dengan nilai pH terukur yang dihasilkan oleh sensor setelah dikonversi dari pembacaan analog (0-1023) oleh Arduino. Hasil pengujian menunjukkan selisih (*error*) kurang dari ± 0.05 , menandakan akurasi yang baik. Pada larutan dengan pH tidak pasti, seperti air keran dan larutan asam, sensor juga memberikan hasil yang mendekati nilai sebenarnya. Kalibrasi menggunakan larutan buffer terbukti penting untuk memastikan keakuratan pembacaan. Dengan demikian, sensor pH E-201 dapat diandalkan untuk aplikasi yang memerlukan presisi tinggi dalam pengukuran pH.

Pengujian kedua dilakukan terhadap rangkaian relay dan pompa air untuk memastikan bahwa relay dapat berfungsi sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh Arduino Uno. Pada rangkaian ini, relay diaktifkan (ON) ketika Arduino mengirimkan sinyal LOW ke pin D4, dan relay dimatikan (OFF) ketika Arduino mengirimkan sinyal HIGH. Hal ini terjadi karena modul relay yang digunakan bekerja dengan logika aktif-low, di mana tegangan rendah (LOW) mengaktifkan relay. Pengujian melibatkan pengamatan respons relay dan pompa air terhadap perintah dari Arduino. Hasil pengujian menunjukkan bahwa relay berfungsi dengan baik, dan pompa air dapat menyala atau mati sesuai dengan perintah yang diberikan. Hasil pengujian pengujian dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Relay dan Pompa Air

No.	Perintah Arduino (Pin D4)	Status Relay	Status Pompa Air	Keterangan
1	HIGH	OFF	Mati	Berfungsi normal
2	LOW	ON	Menyala	Berfungsi normal
3	HIGH	OFF	Mati	Berfungsi normal
4	LOW	ON	Menyala	Berfungsi normal

Dengan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa rangkaian relay dan pompa air dengan logika aktif-low berfungsi dengan baik dan siap digunakan dalam aplikasi yang memerlukan kontrol otomatis terhadap pompa air.

Pengujian ketiga terhadap sensor DFRobot Analog TDS (Total Dissolved Solids) Meter dilakukan untuk memverifikasi akurasi dan keandalan sensor dalam mengukur jumlah padatan terlarut dalam air. Sensor ini menghasilkan sinyal analog yang proporsional dengan konduktivitas air, yang kemudian dibaca oleh Arduino melalui pin analog A1. Proses pengujian melibatkan penggunaan larutan dengan nilai TDS yang diketahui, seperti air murni ($TDS \approx 0 \text{ ppm}$), air mineral ($TDS \approx 100-200 \text{ ppm}$), dan air dengan konsentrasi garam tertentu ($TDS > 500 \text{ ppm}$). Hasil pengujian pengujian dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Sensor TDS

Larutan Uji	Nilai TDS Aktual (ppm)	Pembacaan Analog (0-1023)	Nilai TDS Terukur (ppm)	Selisih (Error)
Air Mineral	~150	300	145	-5
Larutan TDS 500 ppm	500	850	495	-5

Larutan TDS 1000 ppm	1000	1020	995	-5
Air Keran	~200	400	195	-5

Sensor TDS menunjukkan akurasi yang baik dengan selisih (*error*) kurang dari ± 5 ppm untuk larutan yang memiliki nilai TDS yang diketahui. Pada larutan dengan nilai TDS tidak pasti, seperti air keran, sensor masih mampu memberikan hasil yang mendekati nilai sebenarnya. Kalibrasi sensor menggunakan larutan dengan nilai TDS yang diketahui sangat penting untuk memastikan keakuratan pembacaan.

Pengujian keempat ialah sensor lux (BH1750) dilakukan untuk memverifikasi akurasi dan keandalan sensor dalam mengukur intensitas cahaya. Sensor ini menggunakan antarmuka I2C untuk berkomunikasi dengan Arduino, sehingga memudahkan proses pembacaan data. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor lux terhadap alat ukur intensitas cahaya standar (*lux meter*) dalam berbagai kondisi pencahayaan, seperti ruangan gelap, ruangan terang, dan di bawah sinar matahari langsung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor BH1750 mampu memberikan pembacaan yang akurat dan konsisten, dengan selisih (*error*) yang relatif kecil dibandingkan dengan alat ukur standar. Hasil pengujian pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Sensor Lux

Kondisi Pencahayaan	Lux Meter Standar (lux)	Pembacaan Sensor BH1750 (lux)	Selisih (Error)	Kondisi Pencahayaan
Ruangan Gelap	0	2	+2	Ruangan Gelap
Ruangan Terang (Lampu LED)	300	305	+5	Ruangan Terang (Lampu LED)
Ruangan Sangat Terang	800	795	-5	Ruangan Sangat Terang
Sinar Matahari Langsung	10,000	9,980	-20	Sinar Matahari Langsung
Cahaya Redup (Lampu Tidur)	50	52	+2	Cahaya Redup (Lampu Tidur)

Sensor BH1750 menunjukkan akurasi yang baik dengan selisih (*error*) kurang dari ± 5 lux pada kondisi pencahayaan ruangan terang dan sangat terang. Pada kondisi pencahayaan ekstrem, seperti sinar matahari langsung, selisih (*error*) meningkat menjadi ± 20 lux, namun masih dalam batas yang dapat diterima. Sensor ini juga mampu mendeteksi intensitas cahaya rendah, seperti pada ruangan gelap atau cahaya redup, dengan selisih yang sangat kecil (± 2 lux). Meskipun sensor BH1750 sudah dikalibrasi dari pabrik, pengujian dengan alat standar tetap dilakukan untuk memastikan keakuratannya. Dengan hasil pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa sensor BH1750 dapat diandalkan untuk mengukur intensitas cahaya dalam berbagai kondisi, mulai dari cahaya redup hingga sinar matahari langsung.

Pengujian kelima ialah sensor suhu DS18B20 dilakukan untuk memverifikasi akurasi dan keandalan sensor dalam mengukur suhu lingkungan. Sensor ini menggunakan protokol komunikasi 1-Wire, yang memungkinkan pengukuran suhu secara digital dengan akurasi tinggi ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$). Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor DS18B20 terhadap termometer digital standar dalam berbagai kondisi suhu, seperti suhu ruangan, suhu rendah (menggunakan es batu), dan suhu tinggi (menggunakan air panas). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DS18B20 mampu memberikan pembacaan yang akurat dan konsisten, dengan selisih (*error*) yang relatif kecil dibandingkan dengan alat ukur standar. Hasil pengujian pengujian dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Sensor Suhu

Kondisi Suhu	Termometer Standar ($^{\circ}\text{C}$)	Pembacaan Sensor DS18B20 ($^{\circ}\text{C}$)	Selisih (Error)	Kondisi Suhu
Suhu Ruangan	25.0	25.2	+0.2	Suhu Ruangan
Es Batu (Suhu Rendah)	0.0	0.1	+0.1	Es Batu (Suhu Rendah)

Air Hangat	40.0	39.8	-0.2	Air Hangat
Air Panas	70.0	69.7	-0.3	Air Panas
Suhu Tubuh Manusia	36.5	36.6	+0.1	Suhu Tubuh Manusia

Berdasarkan hasil pengujian, sensor DS18B20 menunjukkan akurasi yang sangat baik dengan selisih *error* yang minimal, kurang dari $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ dalam berbagai kondisi suhu. Sensor ini mampu memberikan hasil yang hampir identik dengan termometer standar, terutama pada suhu ruangan dan suhu tubuh manusia, dengan selisih hanya $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Kinerja sensor tetap stabil bahkan dalam kondisi suhu ekstrem seperti air panas, sehingga dapat diandalkan tanpa memerlukan kalibrasi tambahan.

Pengujian keenam yaitu rangkaian relay dan lampu dilakukan untuk memastikan bahwa relay dapat berfungsi dengan baik sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh Arduino. Relay dihubungkan ke pin digital Arduino (misalnya, pin D5) dan digunakan untuk mengendalikan nyala atau matinya lampu AC. Pengujian melibatkan pengamatan respons relay terhadap perintah dari Arduino, yaitu saat diberikan sinyal HIGH (relay aktif, lampu menyala) dan LOW (relay non-aktif, lampu mati). Hasil pengujian menunjukkan bahwa relay mampu mengalirkan arus yang cukup untuk menyalakan lampu AC, serta merespons perintah dari Arduino dengan cepat dan akurat. Hasil pengujian pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Relay dan Lampu

No.	Perintah Arduino (Pin D5)	Status Relay	Status Lampu	Keterangan
1	LOW	OFF	Mati	Berfungsi normal
2	HIGH	ON	Menyala	Berfungsi normal
3	LOW	OFF	Mati	Berfungsi normal
4	HIGH	ON	Menyala	Berfungsi normal
5	LOW	OFF	Mati	Berfungsi normal

Hasil pengujian menunjukkan bahwa relay merespons dengan baik perintah dari Arduino, di mana saat diberikan sinyal HIGH, relay aktif (ON) dan lampu menyala, sedangkan saat diberikan sinyal LOW, relay non-aktif (OFF) dan lampu mati. Kendali lampu berjalan dengan akurat sesuai status relay, menandakan bahwa rangkaian bekerja dengan stabil. Selama pengujian, tidak ditemukan kegagalan fungsi atau gangguan, yang menunjukkan bahwa relay mampu mengalirkan arus yang cukup untuk menyalakan lampu AC. Dengan demikian, rangkaian relay dan lampu terbukti berfungsi dengan baik serta siap diterapkan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan kontrol otomatis terhadap perangkat listrik AC, seperti sistem pencahayaan atau perangkat elektronik lainnya.

Pengujian terakhir ialah Pengujian Otomatisasi Nutrisi. Pada penelitian ini, sistem otomatisasi nutrisi berbasis pompa bekerja dengan mendeteksi nilai TDS larutan nutrisi dalam air. Jika nilai TDS terdeteksi kurang dari 500 ppm, sistem akan mengaktifkan pompa air dan pompa campuran AB Mix secara bersamaan selama beberapa detik untuk menambahkan nutrisi ke dalam air. Setelah itu, pompa campuran AB Mix akan dimatikan selama 60 detik untuk memastikan larutan tercampur merata sebelum dilakukan pengukuran ulang nilai TDS. Hasil pengujian pengujian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian Otomatisasi Nutrisi

No	Waktu (s)	Nilai TDS Awal (ppm)	Pompa Air	Pompa AB Mix	Waktu Tunggu (s)	Nilai TDS Akhir (ppm)	Status
1	0	450	ON	ON	60	510	Stabil
2	120	480	ON	ON	60	530	Stabil
3	240	470	ON	ON	60	520	Stabil
4	360	490	ON	ON	60	540	Stabil
5	480	500	OFF	OFF	-	500	Stabil

Temuan dan pembahasan dapat disajikan dalam satu bagian (sebagai bagian 'temuan dan pembahasan') atau dua bagian terpisah (sebagai 'subjudul temuan' dan 'subjudul pembahasan').

Temuan adalah penyajian penelitian yang murni berdasarkan data yang dianalisis, sedangkan pembahasan adalah penjelasan temuan yang relevan dengan literatur yang dibahas dalam pendahuluan dan teori.

4. Kesimpulan

Berdasarkan data dari hasil pengamatan dan analisis yang dilakukan terhadap data hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol dan monitoring nutrisi tanaman hidroponik indoor berbasis IoT dengan aplikasi Android telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem ini mampu memantau parameter penting seperti suhu, pH, TDS, dan intensitas cahaya secara *real-time* melalui aplikasi Android. Selain itu, sistem ini juga meningkatkan efisiensi pemantauan dan kontrol hidroponik dengan mengurangi keterlambatan dalam penyesuaian nutrisi.

Daftar Pustaka

- [1] M. Alfiahamzah, N. Najmuddin, dan Y. Ansori, "Rancang bangun smart home dengan google assistant berbasis *Internet of Things* menggunakan metode prototyping di perumahan ciujung indah," *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 12, hlm. 871-878, 2024.
- [2] I. Puspasari dan Y. Triwidayastuti, "Otomasi sistem hidroponik wick terintegrasi pada pembibitan tomat ceri," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 7, no. 1, hlm. 97-104, 2018.
- [3] P. Fatimah Zahra Al-Gadri, W. I. Kusumawati, - Harianto, dan - Musayyanah, "Penerapan Controlling Auto Light Dimmer Menggunakan Fuzzy Logic Pada Hidroponik Indoor," *Techno.Com*, vol. 22, no. 2, 2023, doi: 10.33633/tc.v22i2.7799.
- [4] K. R. Sari, J. Hadie, dan C. Nisa, "Pengaruh Media Tanam pada Berbagai Konsentrasi Nutrisi terhadap Pertumbuhan dan Hasil Seledri dengan Sistem Tanam Hidroponik NFT: Influence of Planting Medium on Different Nutrient Concentration to the Growth and Yield of Celery with the *Nutrient Film Technique Hydroponic Cultivation System*," *Daun: Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan*, vol. 3, no. 1, hlm. 7-14, 2016.
- [5] C. Maucieri, C. Nicoletto, R. Junge, Z. Schmautz, P. Sambo, dan M. Borin, "Hydroponic systems and water management in aquaponics: A review," *Italian Journal of Agronomy*, vol. 13, no. 1, hlm. 1-11, 2018.
- [6] M. Marisa, C. Carudin, dan R. Ramdani, "Otomatisasi sistem pengendalian dan pemantauan kadar nutrisi air menggunakan teknologi NodeMCU ESP8266 pada tanaman hidroponik," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 7, no. 2, hlm. 127-134, 2021.
- [7] E. Mufida, R. S. Anwar, R. A. Khodir, dan I. P. Rosmawati, "Perancangan alat pengontrol ph air untuk tanaman hidroponik berbasis arduino uno," *INSANTEK-Jurnal Inovasi dan Sains Teknik Elektro*, vol. 1, no. 1, hlm. 13-19, 2020.
- [8] M. N. Hamidah, N. I. Safitri, D. W. Akbar, O. S. I. Uly, dan D. Kurnianto, "Prototype Sistem Monitoring Nutrisi dan Tingkat pH Air pada Budidaya Hidroponik Sayur Pakcoy Menggunakan Teknologi *Internet of Things* (IoT)," *Elektron: Jurnal Ilmiah*, hlm. 13-20, 2023.
- [9] R. Derafi, A. Ullah, P. S. Maria, dan A. Faizal, "Pemantauan Kelembapan dan Pengendalian Suhu Serta Pemberian Nutrisi Selada di Prototype Greenhouse dengan *Nutrient Film Technique* Berbasis IoT," *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 8, no. 3, hlm. 1250-1261, 2024.
- [10] B. H. Saputra, "Kendali Suplai Nutrisi Dan Cahaya Pada Hidroponik Tanaman Sawi Pakcoy Dengan Sistem Nft," *Electro Luceat*, vol. 7, no. 1, hlm. 103-110, 2021.
- [11] R. E. Putri, A. Habib, dan A. Hasan, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Ph Larutan Nutrisi Dan Pencahayaan Berbasis *Internet of Things* (IOT) Pada Hidroponik Vertikultur," *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 12, no. 1, hlm. 41-50, 2023.
- [12] J. V. Hutagaol, D. Setiawan, dan H. Eteruddin, "Perancangan Sistem Monitoring Kendaraan Listrik," 2022.
- [13] H. Hariyadi, M. Kamil, dan P. Ananda, "Sistem Pengecekan Ph Air Otomatis Menggunakan Sensor Ph Probe Berbasis Arduino Pada Sumur Bor," *Rang Teknik Jurnal*, vol. 3, no. 2, hlm. 340-346, Jun 2020, doi: 10.31869/rtj.v3i2.1930.
- [14] A. Triwahyudin, H. K. Safitri, dan M. Fauziyah, "Pembacaan Jarak dan Kecepatan dengan ArUco Marker pada Sistem Koper Follow Me Beroda," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 21, no. 1, hlm. 97, Jul 2022, doi: 10.24843/mite.2022.v21i01.p14.