

SISTEM KONTROL OTOMATIS AKUAPONIK BERBASIS IOT UNTUK PERTANIAN CERDAS

Fikri Ardiansyah, Trie Handayani, Bagus Gilang Pratama, Joko Prasjojo

Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Jalan Babarsari, Catur Tunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta, 55281, Indonesia
3100210031@students.itny.ac.id

Abstrak

Pertumbuhan penduduk yang pesat dan alih fungsi lahan pertanian menjadi permukiman mendorong perlunya pemanfaatan lahan terbatas di wilayah perkotaan, dengan data Kementerian Pertanian menunjukkan penurunan drastis lahan pertanian Indonesia sebesar 79,93% pada tahun 2023 menjadi hanya 7,38 juta hektar. Keterbatasan lahan pertanian mengharuskan adanya solusi pertanian efisien pada lahan sempit, sementara sistem akuaponik konvensional masih memerlukan pemantauan manual yang kurang responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan dan rentan terhadap kesalahan manusia. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem smart akuaponik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memanfaatkan sensor pH (SEN0161), DHT11, HC-SR04, dan DS18B20 yang dikendalikan oleh ESP32 untuk memantau dan mengontrol parameter lingkungan secara real-time. Metode eksperimen digunakan untuk merancang sistem dengan pengujian selama 24 jam pada interval dua jam, membandingkan data sensor dengan alat ukur konvensional (SNI) untuk menghitung persentase *error*. Hasil pengujian menunjukkan sistem bekerja dengan akurasi tinggi dengan persentase error rata-rata untuk parameter pH air 1,54%, suhu air 1,35%, suhu udara 1,44%, kelembapan udara 0,97%, dan ketinggian air 1,88%, dengan seluruh nilai dalam batas ideal untuk pertumbuhan ikan nila dan tanaman sawi.

Kata Kunci : Akuaponik, ESP 32, *Internet of Things* (IoT), Sensor, Kodular

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang pesat dan tidak merata menjadi tantangan global, termasuk bagi Indonesia sebagai negara dengan populasi terbesar keempat di dunia [1]. Perkembangan kota yang cepat menyebabkan alih fungsi lahan pertanian menjadi permukiman, sehingga mendorong perlunya pemanfaatan lahan terbatas di wilayah perkotaan [2]. Data Kementerian Pertanian menunjukkan bahwa total luas lahan pertanian di Indonesia mengalami fluktuasi dari tahun 2016 hingga 2023. Pada 2016, total lahan mencapai 36,74 juta hektar dan sempat meningkat 1,47% pada 2017. Namun, pada 2018 terjadi penurunan sebesar 6,56%, kemudian naik 5,69% pada 2019. Data tahun 2023 menunjukkan penurunan drastis sebesar 79,93% menjadi hanya 7,38 juta hektar. Alih fungsi lahan ini menjadi tantangan serius bagi keberlanjutan pertanian dan ketersediaan pangan nasional [3].

Salah satu upaya untuk mengatasi tantangan tersebut adalah teknologi akuaponik, yang tidak hanya mendukung ketahanan pangan, tetapi juga memberikan peluang ekonomi bagi masyarakat di kawasan padat penduduk [4]. Akuaponik merupakan sistem pertanian berkelanjutan yang mengintegrasikan budidaya ikan dan tanaman dalam satu ekosistem terpadu, sehingga sangat cocok diterapkan pada lahan terbatas dan ramah lingkungan. Sistem ini mampu menghasilkan dua komoditas sekaligus, yaitu ikan dan tanaman, secara efisien [5]. Dalam prosesnya, limbah amonia yang dihasilkan oleh ikan diubah oleh mikroba menjadi nutrisi yang dapat diserap oleh tanaman, sementara tanaman

berfungsi sebagai biofilter yang menjaga kejernihan dan kualitas air dalam sistem [6].

Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) menjadi solusi untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi. Teknologi ini memungkinkan pemantauan dan kontrol lingkungan secara *real-time*, meminimalkan kesalahan manusia, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data [7].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem smart akuaponik berbasis IoT yang memanfaatkan sensor pH (SEN0161), suhu dan kelembapan udara (DHT11), ketinggian air (HC-SR04), dan suhu air (DS18B20) yang dikendalikan oleh ESP32.

Penelitian ini memberikan inovasi dengan mengembangkan sistem pemantauan berbasis IoT yang tidak hanya mampu mengukur parameter secara akurat, tetapi juga memberikan kemudahan akses bagi pengguna untuk mengelola dan mengoptimalkan sistem akuaponik. Pemantauan secara manual sering kali kurang responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan, sehingga dapat menurunkan produktivitas sistem. Oleh karena itu, diperlukan sistem otomatis yang dapat mengontrol parameter secara *real-time* guna memastikan kestabilan dan keseimbangan ekosistem akuaponik tetap terjaga.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Internet of Things (IoT) telah mendorong transformasi di berbagai sektor, termasuk pertanian. Teknologi ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem pertanian secara *real-time*, sehingga meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas operasional. Dalam sistem akuaponik, IoT

dimanfaatkan untuk memantau parameter lingkungan seperti suhu, pH air, dan kadar nutrisi [8]. Implementasi IoT pada akuaponik tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga membantu mengatasi keterbatasan lahan di perkotaan dengan cara yang lebih berkelanjutan dan efisien [9].

Beberapa studi telah mengembangkan sistem pemantauan berbasis IoT pada akuaponik. Penelitian yang dilakukan oleh [10] merancang sistem *monitoring* pH air menggunakan mikrokontroler Arduino Uno pada tanaman sawi dengan hasil pembacaan sensor pH air memiliki selisih yang tidak begitu jauh dengan pH meter yaitu 5.5 sampai 6.5. Penelitian lain oleh [11] mengembangkan sistem otomatisasi budidaya sawi dan ikan nila berbasis Arduino, dengan pengujian pada kolam akuarium dan pipa paralon untuk memantau kadar nutrisi, kekeruhan, pencahayaan, pH, suhu air, serta pemberian pakan secara otomatis. Selain itu, penelitian oleh [12] merancang sistem pemantauan pH dan suhu menggunakan sensor terintegrasi dengan Arduino Uno dan Wemos D1 Mini. Data dikirim ke *Firestore* dan ditampilkan melalui aplikasi MIT App Inventor. Implementasi IoT pada akuaponik tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga membantu mengatasi keterbatasan lahan di perkotaan dengan cara yang lebih berkelanjutan dan efisien.

Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya relevan sebagai kelanjutan dari penelitian sebelumnya, tetapi juga merancang sistem yang lebih lengkap dengan fitur pemantauan dan kontrol berbagai parameter lingkungan secara *real-time* untuk meningkatkan pertumbuhan ikan nila dan sawi serta mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual melalui penerapan teknologi pertanian cerdas.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk merancang sistem akuaponik otomatis berbasis IoT. ESP32 digunakan sebagai pusat kendali yang mengatur sensor dan aktuator. Sistem diuji terhadap dinamika lingkungan, termasuk

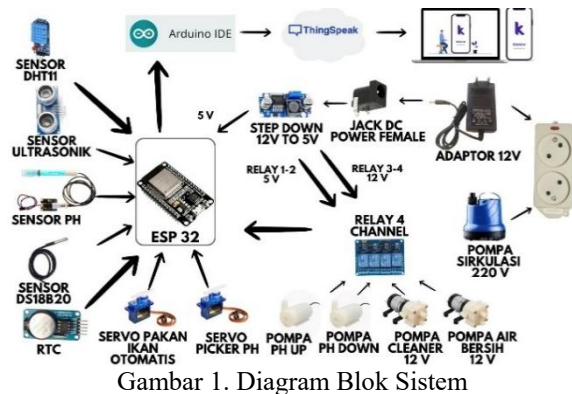
3.1. Rancangan Perangkat Sistem

Untuk mendukung implementasi *Aquaponics Automatic Control System for Smart Agriculture*, diperlukan perangkat keras sebagai *platform* fisik yang mampu menjalankan fungsi sistem secara otomatis, *real-time*, dan efisien.

3.2. Penyusunan Diagram Blok Sistem

Diagram blok pada Gambar 1 diagram sistem yang terdiri dari sensor DHT11, ultrasonik, pH, DS18B20, dan modul RTC yang terhubung ke mikrokontroler ESP32. Sensor digunakan untuk memantau kualitas air dan lingkungan pada sistem akuaponik, sementara RTC mengatur penjadwalan otomatis seperti pemberian pakan dan pembersihan kolam. ESP32 mengirimkan data ke *platform*

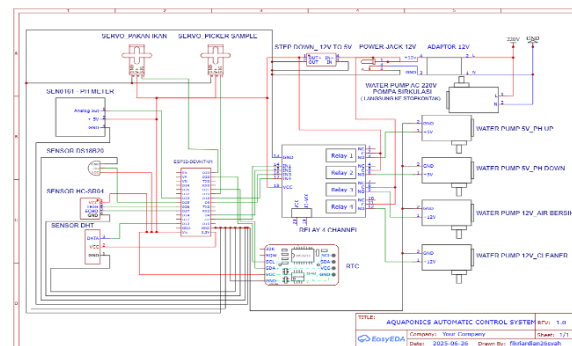
ThingSpeak melalui koneksi Wi-Fi untuk pemantauan secara *real-time*, sekaligus mengendalikan aktuator melalui *relay 4 channel*, termasuk servo pakan ikan, servo *Picker* pH, pompa pH *up/Down*, pompa pembersih, dan pompa air bersih. Sistem ini terintegrasi dengan aplikasi *mobile* berbasis *Kodular* yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh. Dengan integrasi ini, sistem bekerja secara otomatis, fleksibel, dan dapat dikendalikan secara *real-time* melalui *smartphone*.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

3.3. Perancangan Perangkat-Keras

Perancangan perangkat keras dimulai dengan penyusunan diagram skematik sebagai acuan integrasi sistem secara keseluruhan. Pada gambar 2.

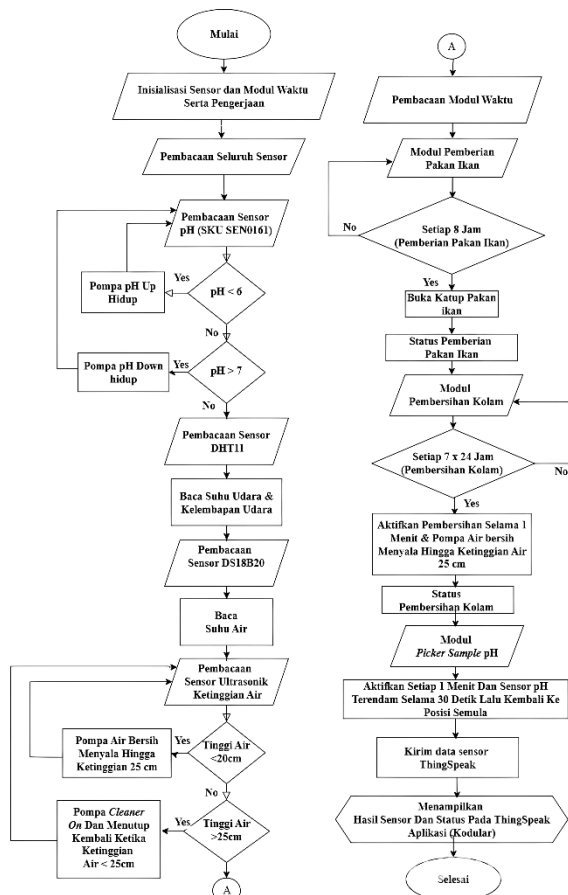


Gambar 2. Diagram Skematik

Gambar 2 menunjukkan diagram skematik sistem, ESP32 sebagai pusat kendali dengan berbagai sensor dan aktuator. Sumber daya berasal dari adaptor 12V dan step-down *converter* untuk menyesuaikan tegangan ke komponen yang memerlukan 5V. Rangkaian ini dirancang untuk mendukung otomatisasi sistem akuaponik secara efisien.

3.4. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat-lunak pada gambar 3 dibuat dengan logika dengan menggunakan prinsip dasar pada alat. Berikut merupakan *flowchart* sistem kerja pada alat :

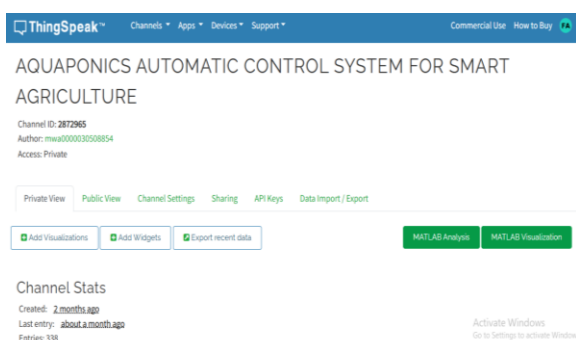


Gambar 3. Flowchart Monitoring Dan Kontrol Otomatis

Perangkat lunak ini dirancang untuk mengintegrasikan perangkat keras dengan aplikasi pengguna agar data dapat diproses dan disajikan secara efisien.

3.5. Desain dan Implementasi Aplikasi

Bagian ini menjelaskan proses desain dan implementasi aplikasi yang mendukung sistem akuaponik otomatis berbasis IoT.

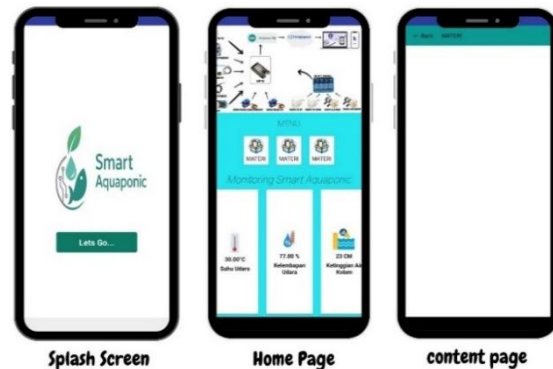


Gambar 4. Tampilan ThingSpeak

Aplikasi dirancang menggunakan *Kodular Companion App* untuk memudahkan pengguna memantau data sensor pada sistem akuaponik berbasis IoT. Data sensor dikirim dari ESP32 ke platform *ThingSpeak*, seperti ditunjukkan pada

Gambar 4, dan kemudian diintegrasikan ke dalam aplikasi.

Aplikasi memiliki tiga tampilan utama: halaman pembuka (logo dan tombol “Let’s Go”), halaman utama (*header* gambar akuaponik, fitur materi, dan data sensor), serta halaman materi. Desain antarmuka aplikasi ditampilkan pada Gambar 5.

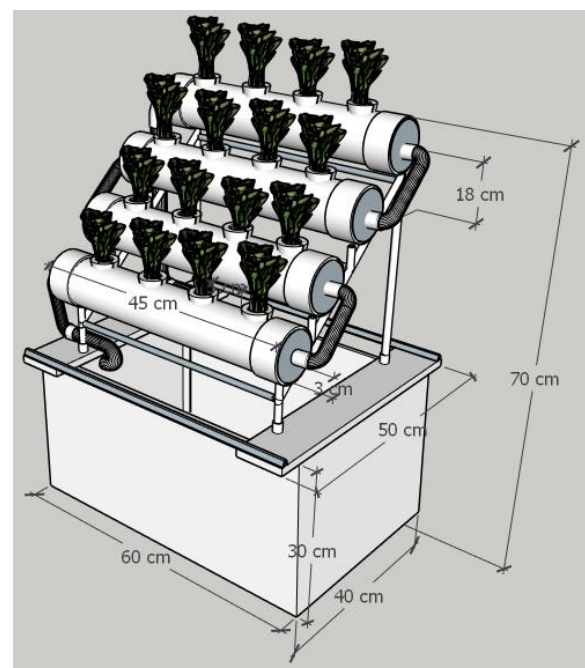


Gambar 5. Desain Tampilan Aplikasi

Aplikasi dirancang secara sistematis untuk memenuhi kebutuhan pengguna, mempermudah pemantauan akuaponik, dan menyajikan informasi secara akurat dan *real-time*.

3.6. Desain Kerangka Akuaponik

Desain kerangka sistem akuaponik ditampilkan pada gambar 6



Gambar 6. Desain Kerangka Akuaponik

Gambar 6 menunjukkan sistem akuaponik vertikal bertingkat yang terdiri dari empat pipa *horizontal* bertingkat pada rangka penyangga, masing-masing dilengkapi lubang tanam sebagai media pertumbuhan tanaman.

3.7. Pemilihan Objek Penelitian

Objek penelitian ini menggunakan Tanaman Sawi dan Ikan Nila.

3.8. Parameter & Batas Ideal Objek Pada Sistem

Tabel 1. Parameter dan Batas Ideal Objek Akuaponik

No	Parameter	Batas Ideal Ikan Nila	Batas Ideal Tanaman Sawi
1	pH Air	6.5– 8.5	6.0 – 7.0
2	Suhu Air	25°C – 32°C	25 – 30 °C
3	Suhu Udara	26°C – 30°C	25°C – 30°C
4	Kelembapan Udara	-	60% – 80%
5	Ketinggian Air	20cm–25cm (Dari Dasar Kolam Ikan)	3cm-5cm (Dari dasar Paralon Sekiranya sampai akar terendam)

Tabel 1 menunjukkan batas parameter ideal bagi ikan nila dan tanaman sawi dalam sistem akuaponik

sebagai acuan kestabilan lingkungan untuk pertumbuhan optimal [13][14][15].

3.9. Instrumen Pengujian

Penelitian ini menggunakan instrumen pengujian berupa perangkat keras dan lunak untuk memperoleh data akurat serta mendukung validitas hasil melalui pengukuran parameter sistem.

3.10. Pengujian Keseluruhan Alat

Persentase *error* dihitung dengan rumus pada persamaan 1:

$$\text{Error \%} = \frac{|X_i - X|}{X} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan :

Error (%) = Persentase rror relatif

X = Nilai didapat dari alat ukur SNI

X_i = Nilai didapat dari hasil pengukuran sensor

Tabel 2. Hasil Pengujian Keseluruhan Alat

WAKTU 04 - 05 JULI 2025	Hasil Pengukuran Sensor					Hasil Alat Ukur SNI					Persentase Error (%)				
	pH	Kelembapan	Suhu	Tinggi Air	Suhu Air	pH	Kelembapan	Suhu	Tinggi Air	Suhu Air	pH	Kelembapan	Suhu	Tinggi Air	Suhu Air
11.00 WIB	7.76	79.2	28.7	24.0	28.5	7.64	78.5	28.1	23.5	28.6	1.57	0.89	2.14	2.13	0.35
13.00 WIB	6.42	77.0	29.0	22.0	28.3	6.39	76.3	28.5	21.6	28.0	0.47	0.92	1.75	1.85	1.07
15.00 WIB	6.86	78.4	28.2	19.0	28.9	6.79	77.6	28	18.8	28.6	1.03	1.03	0.71	1.06	1.05
17.00 WIB	7.10	77.6	28.2	25.0	28.1	6.94	76.9	27.6	24.8	27.8	2.31	0.91	2.17	0.81	1.08
19.00 WIB	6.98	78.3	28.1	24.0	28.0	6.91	77.6	27.9	23.8	27.7	1.01	0.90	0.72	0.84	1.08
21.00 WIB	6.85	79.0	28.6	21.0	28.5	6.72	78.4	28.3	20.8	27.8	1.93	0.77	1.06	0.96	2.52
23.00 WIB	6.69	80.5	28.0	18.0	29.4	6.59	79.9	27.8	17.8	29.0	1.52	0.75	0.72	1.12	1.38
01.00 WIB	6.38	82.1	28.0	25.0	29.4	6.19	81.5	27.5	24.8	29.0	3.07	0.74	1.82	0.81	1.38
03.00 WIB	6.17	81.0	26.7	24.0	26.5	6.06	80.3	26.2	23.6	26.1	1.82	0.87	1.91	1.69	1.53
05.00 WIB	5.96	80.2	26.8	23.0	26.2	5.9	79.2	26.5	22.8	25.7	1.02	1.26	1.13	0.88	1.95
07.00 WIB	6.87	78.9	26.3	22.0	26.2	6.79	77.8	25.8	22.6	25.8	1.18	1.41	1.94	2.65	1.55
09.00 WIB	6.92	77.5	26.4	21.0	26.7	6.83	76.8	26.1	21.3	26.3	1.32	0.91	1.15	1.41	1.52
11.00 WIB	6.96	76.6	27.0	20.0	27.1	6.84	75.7	26.6	21.8	26.8	1.75	1.19	1.50	8.26	1.12
Rata-Rata	6.76	78.95	27.69	22.15	27.83	6.66	78.19	27.30	22.15	27.48	1.54	0.97	1.44	1.88	1.35

Tabel 3. pengujian Respon Status Pompa Dan Servo Terhadap Hasil Sensor

WAKTU 04-05/07/2025	PENGUJIAN RESPON STATUS POMPA DAN SERVO						
	Pompa Ph Up	Pompa Ph Down	Pompa Sirkulasi	Pompa Cleaner	Pompa Air Masuk	Servo Pakan Ikan	Servo Picker Sample pH
11.00 WIB	On	Off	On	Off	Off	On	On
13.00 WIB	Off	Off	On	Off	Off	Off	On
15.00 WIB	Off	Off	On	Off	On	Off	On
17.00 WIB	On	Off	On	Off	Off	On	On
19.00 WIB	Off	Off	On	Off	Off	Off	On
21.00 WIB	Off	Off	On	Off	Off	Off	On
23.00 WIB	Off	Off	On	Off	On	Off	On
01.00 WIB	Off	Off	On	Off	Off	Off	On
03.00 WIB	Off	Off	On	Off	Off	Off	On
05.00 WIB	Off	On	On	On	Off	On	On
07.00 WIB	Off	Off	On	Off	Off	Off	On
09.00 WIB	Off	Off	On	Off	Off	Off	On
11.00 WIB	Off	Off	On	Off	Off	On	On

Berdasarkan tabel 2 dan 3 dari hasil pengujian sistem akuaponik pada 4–5 Juli 2024 selama 24 jam dengan interval dua jam, diperoleh data parameter lingkungan meliputi suhu kolam, tinggi air, suhu dan kelembapan udara, serta pH air. Data sensor dibandingkan dengan alat ukur konvensional untuk menghitung tingkat akurasi. Hasil menunjukkan kinerja sistem yang stabil dengan *error* di bawah 2% pada seluruh parameter. Rata-rata suhu kolam 27,83°C (1,54%), tinggi air 22,45 cm (0,97%), suhu udara 27,65°C (1,44%), kelembapan 78,05% (1,38%), dan pH air 6,78 (1,35%). Seluruh nilai berada dalam batas ideal untuk pertumbuhan ikan dan tanaman. menunjukkan bahwa sistem dan sensor bekerja secara andal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sistem akuaponik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau dan mengendalikan parameter lingkungan secara otomatis. Sistem menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang terintegrasi dengan sensor pH (SEN0161), DHT11, HC-SR04, dan DS18B20. Pemantauan dan kontrol dilakukan secara *real-time* melalui aplikasi *Kodular Companion*

4.1. Hasil Keseluruhan Alat

Gambar 7 menunjukkan tampilan keseluruhan alat *smart aquaponic* yang telah dirakit dan berfungsi dengan baik.

Alat terdiri dari kolam ikan kaca, media tanam berbentuk pipa paralon bertingkat, sistem pemipaan, dan rangka penyangga dari logam ringan. Pompa otomatis mengalirkan air membentuk sirkulasi tertutup dari kolam ke media tanam. Seluruh sistem dikendalikan oleh mikrokontroler yang terhubung dengan sensor untuk pemantauan lingkungan secara *real-time*. Desainnya ringkas dan fungsional, ideal untuk skala rumah tangga atau lahan terbatas.



Gambar 7. Tampilan Keseluruhan Alat

4.2. Rangkaian Perangkat Keras Sistem

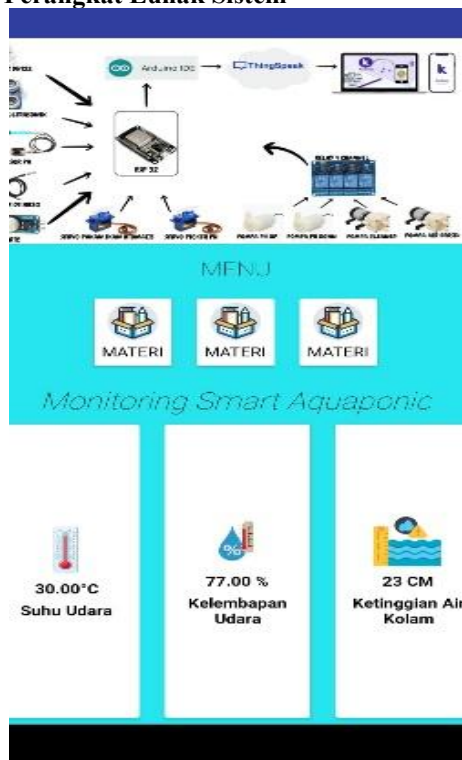
Gambar 8 menunjukkan rangkaian perangkat keras yang digunakan pada sistem smart aquaponik.



Gambar 8. Rangkaian Perangkat Keras Sistem

Rangkaian perangkat keras menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang terhubung dengan sensor DS18B20, pH, DHT11, dan sensor ultrasonik untuk memantau kondisi lingkungan. Semua komponen disusun secara modular melalui jalur kabel, sehingga memudahkan perawatan dan pengembangan. Mikrokontroler mengolah data sensor dan secara otomatis mengendalikan aktuator berdasarkan parameter yang telah ditetapkan.

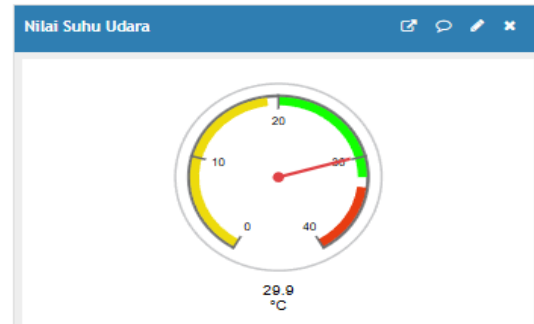
4.3. Perangkat Lunak Sistem



Gambar 9. Tampilan Aplikasi Mobile Smart Aquaponic

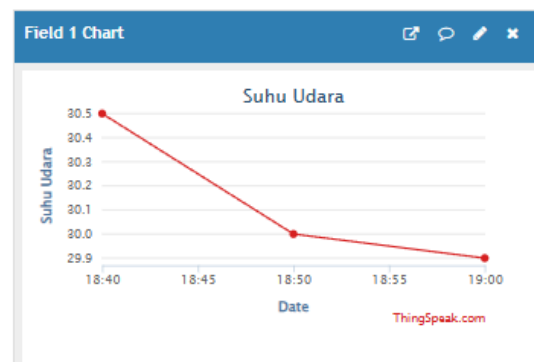
Perangkat lunak sistem smart aquaponik terdiri dari dua komponen utama: *platform ThingSpeak* dan aplikasi *mobile* berbasis *Kodular Companion*, yang memungkinkan pemantauan dan kontrol otomatis secara jarak jauh.

Gambar 9 menampilkan antarmuka aplikasi *mobile* berbasis *Kodular Companion*, yang memungkinkan pengguna memantau data sensor secara *real-time* melalui *smartphone*.



Gambar 10. Tampilan Gauge Monitoring Suhu Udara pada ThingSpeak

Gambar 10 menunjukkan antarmuka *ThingSpeak* berupa *gauge* suhu udara. ESP32 secara berkala mengirim data suhu ke *platform* melalui koneksi internet, memungkinkan pengguna memantau kondisi suhu secara visual dan cepat berdasarkan rentang nilai tertentu.



Gambar 11. Grafik Historis Suhu Udara pada ThingSpeak

Gambar 11 menampilkan grafik historis suhu udara dari *ThingSpeak*, yang membantu pengguna memantau tren perubahan suhu seiring waktu sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan sistem akuaponik.

4.4. Hasil Pengujian Keseluruhan Alat

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan setelah pengujian tiap komponen pada sistem akuaponik cerdas berbasis IoT. Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan sistem dapat berfungsi sesuai harapan saat di *monitoring* dan dikendalikan melalui aplikasi *Kodular*. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 4 berikut:

Table 4. Hasil Pengujian Keseluruhan Alat

No	Parameter	Target Batas Ideal Sistem Akuaponik	Hasil Pengukuran Rata - Rata Sensor	Tingkat Keberhasilan Alat
1	pH Air	6.0 – 7.0	6.73	Ideal (Berhasil)
2	Suhu Air	25 °C – 30 °C	27.83	Ideal (Berhasil)
3	Suhu Udara	25 °C – 30 °C	27.69	Ideal (Berhasil)
4	Kelembapan Udara	60% – 80%	78.95	Ideal (Berhasil)
5	Ketinggian Air	20 Cm – 25 Cm (Kolam Ikan)	22.46	Ideal (Berhasil)
6	Pompa pH Up	Ph >7 Pompa On Sampai Target Ideal pH Air Pompa Off	Ketika pH > 7 Pompa Aktif	Sistem Bekerja (Berhasil)
7	Pompa pH Down	pH < 6 Pompa On Sampai Target Ideal Ph Air Pompa Off	Ketika Ph < 6 Pompa Aktif	Sistem Bekerja (Berhasil)
8	Pompa Sirkulasi	Aktif Selama 24 Jam	PAktif	Sistem Bekerja (Berhasil)
9	Pompa Cleaner	Aktif Setiap 7x24 Jam	Aktif	Sistem Bekerja (Berhasil)
10	Pompa Air Masuk	Aktif Setiap Ketinggian Air Kolam < 20 Sampai Target Batas Ideal Kolam Ikan yaitu 25 Cm.	Aktif & Tepat Waktu	Sistem Bekerja (Berhasil)
11	Servo Pakan Ikan	Aktif Selama 8 Jam	Aktif & Tepat Waktu	Sistem Bekerja (Berhasil)
12	Servo Picker Sample pH	Aktif Setiap 1 Menit dan Mengambil Sample Selam 30 detik kemudian Servo Kembali Ke Posisi Semula	Aktif & Tepat Waktu	Sistem Bekerja (Berhasil)

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan alat pada tabel 4, dapat disimpulkan bahwa sistem akuaponik yang diuji menunjukkan kinerja yang sangat baik. Semua parameter yang diuji menunjukkan hasil yang sesuai dengan target ideal yang ditetapkan, dengan tingkat keberhasilan "Ideal (Berhasil)" untuk parameter-parameter fisik (pH air, suhu air, suhu udara, kelembapan udara, dan ketinggian air) dan "Sistem Bekerja (Berhasil)" untuk komponen-komponen mekanis (pompa pH Up/Down, pompa sirkulasi, pompa cleaner, pompa air masuk, servo pakan ikan, dan servo picker sample pH).

Hal ini menunjukkan bahwa sistem akuaponik yang diuji telah dirancang dan diimplementasikan dengan baik, mampu menjaga kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan ikan dan tanaman, serta memiliki komponen-komponen otomatis yang berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Sistem ini dapat diandalkan untuk memelihara lingkungan akuaponik yang stabil dan kondusif untuk pertanian berkelanjutan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian sistem kontrol otomatis akuaponik berbasis IoT, dapat disimpulkan sistem yang dikembangkan telah berhasil memantau dan mengendalikan parameter lingkungan secara efektif. Data pengujian menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dengan *error* rata-rata di bawah 2% untuk seluruh parameter yang diuji: pH air (1,54%), suhu air (1,35%), suhu udara (1,44%), kelembapan udara (0,97%), dan ketinggian air (1,88%). Nilai rata-rata parameter lingkungan seperti pH air (6,76), suhu air (27,83°C), suhu udara (27,69°C), kelembapan udara (78,95%), dan ketinggian air (22,15 cm) semuanya

berada dalam rentang ideal untuk pertumbuhan ikan nila dan tanaman sawi sesuai dengan standar yang ditetapkan. Seluruh komponen aktuator sistem, termasuk pompa pH Up/Down, pompa sirkulasi, pompa cleaner, pompa air masuk, servo pakan ikan, dan servo picker sample pH, telah berfungsi dengan baik dan merespon perubahan parameter secara tepat waktu. Sistem ini menawarkan solusi pertanian cerdas yang efisien dan berkelanjutan untuk mengatasi keterbatasan lahan pertanian di wilayah perkotaan, sekaligus memberikan kontribusi terhadap upaya ketahanan pangan di tengah tantangan alih fungsi lahan yang signifikan.

Untuk pengembangan lebih lanjut, sistem disarankan dilengkapi dengan kalibrasi sensor berkala guna meningkatkan keakuratan data. Penambahan cadangan daya seperti panel surya juga penting untuk menjaga kontinuitas operasional. Selain itu, uji coba pada skala lebih besar dan jenis tanaman atau ikan berbeda juga perlu dilakukan untuk mengevaluasi skalabilitas dan fleksibilitas sistem. Kemudian, fitur notifikasi pada aplikasi mobile perlu dikembangkan agar pengguna dapat merespons cepat saat terjadi penyimpangan parameter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Tama, E. A. Yulanda, J. T. Susilo, and W. A. Nurtiyanto, "Sistem Budidaya Ikan dan Sayuran Pada Lahan Sempit Dengan Metode Aquaponik Berbasis IoT," *Epic J. Electr. Power Instrum. Control*, vol. 5, no. 2, p. 119, 2023, doi: 10.32493/epic.v5i2.27269.
- [2] U. Umar, A. Al Farouq, and H. Widyantara, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Monitoring Ph , Suhu Air Dan Tds Pada Sistem Akuaponik Berbasis Internet Of Things (IoT),"

- vol. 10, 2024.
- [3] Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian, Statistik Pertanian (Agricultural Statistics) 2024, Kementerian Pertanian Republik Indonesia, Jakarta, 2024.
- [4] C. E. Indriastuti et al., “Potensi Akuaponik Untuk Ketahanan Pangan Di Desa Mulyaharja,” *Risal. Kebijak. Pertan. DAN Lingkung. Rumusan Kaji. Strateg. Bid. Pertan. dan Lingkung.*, vol. 12, no. 1, pp. 22–28, 2025, doi: 10.29244/jkebijakan.v12i1.60358.
- [5] K. Saleh and A. S. Wibowo, “Budidaya Sistem Aquaponik dengan Menggunakan Elisotor Bio-Saka di Desa Sindang Jaya Kecamatan Sindangjaya Kabupaten Tangerang (Sebagai Upaya mengatasi keterbatasan lahan dan menanggulangi stanting),” pp. 45–51, 2024.
- [6] M. A. Azis et al., “Pemanfaatan Aquaponik Sebagai Teknologi Budidaya Ikan Nila Dan Sayuran Yang Mendukung Pertanian Berkelanjutan Di Desa Kayangan, Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara,” *J. Wicara Desa*, vol. 1, no. 3, pp. 369–376, 2023, doi: 10.29303/wicara.v1i3.2447.
- [7] K. D. Goda and A. D. P. S. Neta, “Kajian Pengembangan Internet of Things (IoT) pada Sektor Pertanian di Kabupaten Ngada, Nusa Tenggara Timur,” *J. Kridatama Sains Dan Teknol.*, vol. 6, no. 02, pp. 478–493, 2024, doi: 10.53863/kst.v6i02.1233.
- [8] B. A. Sukmawan et al., “Implementasi smart akuaponik dengan iot untuk pertanian perkotaan yang efisien,” vol. 13, no. 2, 2025.
- [9] A. Syaputra and N. S. Prawira, “Implementasi Teknologi IoT dalam Sistem Akuaponik dan Akuakultur Modern untuk Optimalisasi Pertumbuhan Ikan Lele,” vol. 6, no. 3, pp. 383–392, 2024.
- [10] Y. Rahmanto, A. Rifaini, S. Samsugi, and S. D. Riskiono, “Sistem Monitoring Ph Air Pada Aquaponik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno,” *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 1, no. 1, p. 23, 2020, doi: 10.33365/jtst.v1i1.711.
- [11] A. W. Atmaja, D. R. Sijabat, and F. E. Purwiantono, “Automation of Aquaponic Choy Sum and Nile Tilapia Using Arduino Microcontroller,” *J. Informatics Telecommun. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 301–309, 2021, doi: 10.31289/jite.v4i2.4395.
- [12] D. Megawati, K. Masykuroh, and D. Kurnianto, “Rancang Bangun Sistem Monitoring PH dan Suhu Air pada Akuaponik Berbasis Internet of Thing (IoT) Design of Monitoring System for PH and Water Temperature in Aquaponic Base on Internet of Thing (IoT),” *TELKA J. Telekomun. Elektron. Komputasi, dan Kontrol*, vol. 6, no. 2, 2020.
- [13] S. N. Indonesia, “Oreochrom Chromis Is Nilot Nil Otic Ic Us Bleeker) Produksi Ikan Nila (Oreo Kelas Pembesaran Di Kolam Air,” 2009.
- [14] L. Lisna, N. Nelwida, F. Farizal, M. Hariski, and F. Ramadhan, “Penyuluhan Budidaya Ikan dalam Ember Secara Aquaponik dengan Memanfaatkan Pekarangan Rumah di Desa Tarikan Kecamatan Kumpeh Ulu Kabupaten Muaro Jambi,” *J. Rural Urban Community Empower.*, vol. 3, no. 2, pp. 49–53, 2022, doi: 10.31258/jruce.3.2.49-53.
- [15] J. M. Nazara, I. Sinaga, and S. Santikawati, “Pada Budidaya Ikan Air Tawar Untuk Optimalisasi Pertumbuhan Tanaman Sawi Program Studi Budidaya Perairan , Sekolah Tinggi Perikanan Sibolga,” *Penelit. Terap. Perikan. dan Kelaut.*, vol. 1, no. 12, p. hal.33-39, 2021.