

## Optimalisasi Smart Aquaponics Dengan Sistem Pergantian Air Otomatis Menggunakan Sensor Turbidity Berbasis Esp32

Aken Sa Faak<sup>1</sup>, Nurwijayanti K.N<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Dirgantara dan Industri, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta, Indonesia

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 14 Februari 2026  
Direvisi: 21 Februari 2026  
Diterima: 7 Maret 2026

#### Kata kunci:

Akuaponik Cerdas  
ESP32  
Otomasi Pengurusan Air  
Turbidity Senso  
Pengisian Ulang Air Otomatis

#### Keywords:

Smart Aquaponics  
ESP32  
Water Drainage Automation  
Turbidity Sensor  
Automatic Water Refilling

#### Penulis Korespondensi:

Aken Sa Faak  
Email:  
[akensafaak@gmail.com](mailto:akensafaak@gmail.com)

### ABSTRAK

Akuaponik merupakan sistem budidaya terpadu yang menggabungkan akuakultur dan hidroponik dalam satu siklus resirkulasi air tertutup. Keberhasilan sistem ini sangat bergantung pada kualitas dan kestabilan air, terutama tingkat kekeruhan dan volume air. Air yang keruh dapat membahayakan ikan, sedangkan penurunan volume air berisiko merusak pompa. Penelitian ini bertujuan merancang Sistem Smart Aquaponics berbasis ESP32 dengan fitur otomasi pengurusan air dan pengisian ulang otomatis. Sistem menggunakan sensor turbidity untuk mendeteksi tingkat kekeruhan air dalam satuan NTU dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memantau ketinggian air. Nilai kekeruhan dihitung dari selisih tegangan sensor dengan ambang batas NTU > 50 sebagai pemicu pengurusan air otomatis. Sensor ultrasonik bekerja dengan mengukur jarak permukaan air, dengan batas aman  $\leq 25$  cm sebagai batas kuras air apabila jarak melebihi nilai tersebut, pompa pengisian akan aktif secara otomatis. Metode penelitian menggunakan perancangan prototipe dengan logika kontrol berbasis threshold tanpa algoritma kecerdasan buatan. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mendeteksi kekeruhan dan level air secara akurat, serta menjaga kestabilan air secara mandiri. Sistem monitoring berbasis IoT melalui Telegram memungkinkan pemantauan kondisi akuaponik secara real-time

*Aquaponics is an integrated cultivation system that combines aquaculture and hydroponics in a closed-loop water recirculation system. The success of this system highly depends on water quality and stability, particularly water turbidity and water level. High turbidity can endanger fish, while a decrease in water level may cause pump damage due to dry running conditions. This study aims to design and implement an ESP32-based Smart Aquaponics system with automatic water drainage and refilling features. The system utilizes a turbidity sensor to measure water turbidity in NTU and an HC-SR04 ultrasonic sensor to monitor water level. Turbidity values are calculated based on voltage difference, with a threshold of NTU > 50 triggering automatic water drainage. The ultrasonic sensor measures the distance between the sensor and the water surface, with a safe setpoint of  $\leq 25$  cm; when the distance exceeds this limit, the water refill pump is automatically activated. The research method employs an engineering prototype approach using threshold-based control logic without artificial intelligence algorithms. Experimental results show that the system accurately detects water turbidity and water level, maintains water stability autonomously, and operates reliably. IoT-based monitoring via Telegram enables real-time system status monitoring.*

Copyright © 2026 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Akuaponik merupakan sistem produksi pangan terpadu yang menggabungkan budidaya ikan (akuakultur) dengan tanaman sayuran tanpa tanah (hidroponik) dalam satu siklus air tertutup, memanfaatkan simbiosis mutualisme antara ikan, bakteri nitrifikasi *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*, serta tanaman [1]. Prinsip kerja sistem ini memanfaatkan siklus nitrogen alami, di mana bakteri nitrifikasi, seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*, mengubah amonia dari kotoran ikan menjadi nitrat. Senyawa nitrat ini kemudian berfungsi sebagai pupuk organik bagi tanaman, dan sebagai gantinya, tanaman membersihkan air yang akan dialirkan kembali ke kolam ikan. Sistem ini terbukti sangat efisien dalam penggunaan air dan mampu menekan biaya produksi karena tidak memerlukan pupuk kimia tambahan, sehingga sangat cocok untuk diterapkan di wilayah dengan sumber daya air dan lahan yang terbatas[2].

Manajemen operasional secara manual sering kali kurang presisi dalam menjaga kualitas air secara konstan. Untuk mengatasi tantangan tersebut, penelitian ini mengembangkan prototipe Smart Aquaponics berbasis ESP32. Mikrokontroler ini dipilih karena konsumsi daya yang rendah dan integrasi modul WiFi yang mendukung sistem pemantauan jarak jauh berbasis Internet of Things (IoT). Namun, keberhasilan akuaponik sangat bergantung pada stabilitas parameter fisik air, terutama kekeruhan dan volume air. Kekeruhan yang tinggi akibat akumulasi sisa pakan dan feses dapat memicu peningkatan amonia beracun yang membahayakan biota. Di sisi lain, penurunan volume air akibat penguapan berisiko menyebabkan kerusakan teknis pada pompa air (dry running).

Penelitian ini berfokus pada pengembangan prototipe Smart Aquaponics berbasis mikrokontroler ESP32 yang dirancang untuk mengotomatiskan fungsi pengurusan dan penjagaan volume air. Pemilihan ESP32 didasarkan pada keunggulannya dalam efisiensi daya serta adanya modul WiFi terintegrasi yang memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui teknologi Internet of Things (IoT)[3]. Melalui integrasi sensor turbidity dan sensor ultrasonik, sistem ini diharapkan mampu menciptakan model budidaya pangan yang mandiri dan berkelanjutan dengan fitur kendali real-time melalui platform Telegram[4].

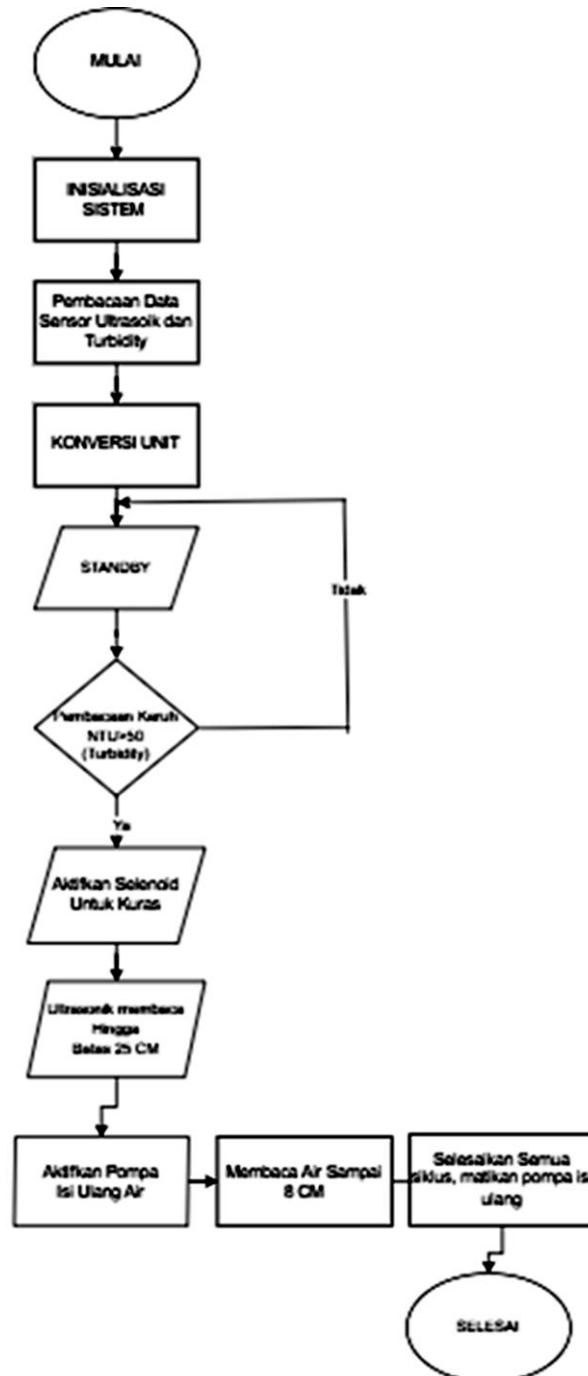
Meskipun berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem akuaponik berbasis Internet of Things (IoT), sebagian besar penelitian masih berfokus pada fungsi monitoring parameter air tanpa disertai mekanisme otomasi pergantian air secara terintegrasi[5]. Beberapa sistem hanya melakukan pemantauan kekeruhan atau level air secara terpisah, sementara keputusan pengurusan dan pengisian air masih memerlukan intervensi manual atau logika kontrol yang kompleks. Selain itu, masih terbatas penelitian yang secara khusus menyoroti permasalahan penurunan volume air sebagai faktor risiko kerusakan pompa akibat kondisi dry running pada sistem akuaponik skala kecil hingga menengah[6].

Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem akuaponik cerdas yang tidak hanya mampu memantau kualitas air, tetapi juga melakukan tindakan otomatis secara langsung berdasarkan kondisi kekeruhan dan level air. Pendekatan sistem kontrol berbasis ambang batas (threshold-based control) dipilih karena lebih sederhana, stabil, dan mudah diimplementasikan pada mikrokontroler dibandingkan metode kecerdasan buatan yang membutuhkan komputasi dan data pelatihan yang lebih kompleks. Research gap dari penelitian ini terletak pada integrasi sistem otomasi pengurusan air berbasis sensor turbidity dan penjagaan level air berbasis sensor ultrasonik yang dirancang secara praktis, ekonomis, dan aplikatif untuk sistem akuaponik berbasis ESP32[7].

Kontribusi ilmiah dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut: (1) perancangan dan implementasi sistem kontrol akuaponik berbasis mikrokontroler ESP32 dengan logika kendali threshold yang sederhana namun andal untuk menjaga kualitas dan volume air secara otomatis; (2) integrasi sensor turbidity sebagai pemicu pengurusan air dan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai sistem proteksi level air guna mencegah kerusakan pompa akibat kondisi kekurangan air; serta (3) pengembangan sistem monitoring dan notifikasi berbasis IoT melalui platform Telegram yang memungkinkan pemantauan kondisi akuaponik secara real-time dan jarak jauh. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi pengembangan sistem akuaponik cerdas yang efisien, berbiaya rendah, dan mudah diimplementasikan pada skala rumah tangga maupun skala kecil-menengah.

## II. METODE PENELITIAN

Pendekatan penelitian ini dilakukan secara sistematis yang diawali dengan studi literatur mengenai parameter optimalisasi akuaponik dan perencanaan desain perangkat keras maupun lunak. Pada tahap identifikasi masalah, dilakukan observasi terhadap kualitas air dalam sistem akuaponik untuk menentukan variabel kontrol utama. Perancangan hardware melibatkan pembuatan skematik rangkaian dan pemetaan hubungan antar komponen, sedangkan perancangan software difokuskan pada penyusunan diagram alur program menggunakan metode berbasis ambang batas (threshold) pada Arduino IDE. Pada gambar 1 dibawah ini merupakan *flowchart* perancangan sistem kontrol dan monitoring pH dan suhu air.



Gambar 1. *Flowchart* Perancangan Sistem

Instrumen perancangan utama dalam sistem ini menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali untuk mengolah seluruh input data dari lingkungan. Deteksi kekeruhan air dilakukan menggunakan

sensor turbidity yang menghasilkan satuan NTU, sementara pemantauan level ketinggian air dilakukan oleh sensor ultrasonik HC-SR04. Sebagai unit aktuator, sistem dilengkapi dengan modul relay yang mengendalikan solenoid valve untuk mekanisme pembuangan air dan pompa air 12V untuk pengisian ulang (refill). Seluruh sistem ditenagai oleh adaptor PSU 12V yang dilengkapi dengan dioda 1N4007 sebagai komponen pengamanan mikrokontroler dari arus balik.

Sensor ultrasonik HC-SR04 dipilih sebagai perangkat pengukur level air karena memiliki karakteristik non-kontak, biaya rendah, dan kemudahan integrasi dengan mikrokontroler ESP32. Dibandingkan dengan sensor level air tipe pelampung (float switch) yang bersifat mekanis dan rentan aus, serta sensor tekanan yang memiliki biaya lebih tinggi dan memerlukan kalibrasi kompleks, HC-SR04 menawarkan akurasi yang cukup untuk aplikasi akuaponik skala kecil hingga menengah. Selain itu, prinsip pengukuran berbasis waktu pantul gelombang ultrasonik memungkinkan deteksi perubahan level air secara real-time tanpa bersentuhan langsung dengan air, sehingga meningkatkan keandalan sistem dalam jangka panjang.

Prosedur kalibrasi sensor turbidity dilakukan untuk memastikan pembacaan kekeruhan air berada pada rentang yang representatif terhadap kondisi aktual sistem akuaponik. Kalibrasi awal dilakukan dengan menggunakan air bersih sebagai kondisi referensi ( $V_{clean}$ ), di mana sensor dicelupkan ke dalam air jernih dan nilai tegangan keluaran dicatat melalui pembacaan ADC pada ESP32. Selanjutnya, dilakukan pengukuran pada air dengan tingkat kekeruhan meningkat secara bertahap untuk mengamati perubahan nilai tegangan keluaran sensor. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, ditetapkan nilai ambang batas kekeruhan sebesar  $NTU > 50$  sebagai indikator kondisi air keruh yang memicu sistem pengurusan air otomatis. Pendekatan kalibrasi ini dipilih karena sederhana dan sesuai untuk implementasi sistem kendali berbasis threshold.

Validasi pembacaan sensor dilakukan untuk memastikan keandalan data yang digunakan dalam pengambilan keputusan sistem. Pembacaan sensor turbidity divalidasi secara kualitatif dengan membandingkan nilai NTU yang terbaca pada sistem terhadap kondisi visual air (jernih, agak keruh, dan keruh) selama pengujian. Sementara itu, pembacaan sensor ultrasonik divalidasi dengan membandingkan hasil pengukuran jarak permukaan air terhadap pengukuran manual menggunakan alat ukur konvensional. Hasil validasi menunjukkan bahwa nilai pembacaan sensor memiliki konsistensi yang baik dan berada dalam rentang toleransi yang dapat diterima untuk aplikasi akuaponik.

Sistem kontrol pada penelitian ini menggunakan metode berbasis ambang batas (threshold) yang sederhana. Sensor turbidity berfungsi untuk mendeteksi tingkat kekeruhan air. Apabila nilai kekeruhan yang terbaca melebihi 50 NTU, sistem akan mengaktifkan mekanisme pengurusan air secara otomatis melalui solenoid valve. Selain itu, sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk memantau ketinggian air dalam wadah akuaponik. Batas aman jarak permukaan air ditetapkan sebesar  $\leq 25$  cm dari sensor. Jika jarak yang terbaca melebihi nilai tersebut, yang menandakan air mulai surut, maka pompa pengisian ulang akan aktif secara otomatis hingga ketinggian air kembali pada kondisi normal. Pendekatan kontrol ini dipilih karena mudah diterapkan, stabil dalam pengoperasian, serta sesuai untuk sistem akuaponik skala kecil hingga menengah.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran langsung secara real-time yang terekam dalam database dan dipantau melalui aplikasi Telegram. Validasi kehandalan alat diuji melalui serangkaian pengujian fungsi dasar dan stabilitas selama 24 jam terus-menerus untuk memastikan tidak terjadi kegagalan sistem atau panas berlebih pada aktuator. Metode pengujian respons dilakukan dengan memberikan gangguan buatan, seperti memasukkan larutan keruh atau mengurangi volume air secara manual, guna memverifikasi kecepatan reaksi sistem dalam mengaktifkan fungsi otomatis.

## 2.1 Rumus Perhitungan Pada Turbiditi Sensor

Rumus perhitungan dasar dibawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung Turbidity sensor

$$V_{out} = \text{Nilai ADC} \times \frac{3,3}{4095} \quad (1)$$

Pin ADC pada ESP32 akan membaca perubahan tegangan keluaran sensor (biasanya dalam rentang 0 – 5V Mengingat ESP32 memiliki resolusi ADC sebesar 12-bit (nilai 0 hingga 4095) dengan tegangan referensi 3,3 Volt, maka tegangan keluaran sensor ( $V_{out}$ ) dapat dihitung menggunakan

perhitungan di atas.

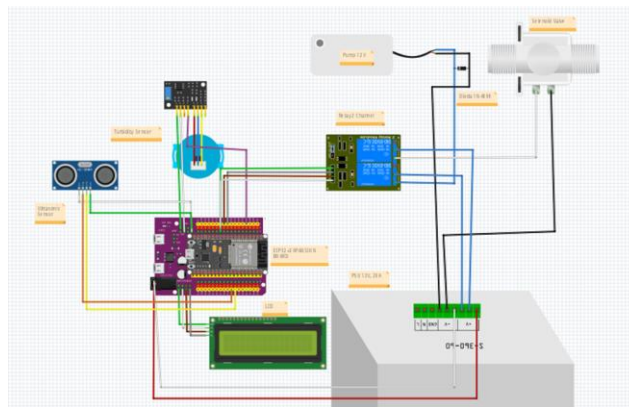
$$NTU = V_{out} \times V_{clean} \times 800 \quad (2)$$

Selanjutnya, untuk mengonversi nilai tegangan  $V_{out}$  menjadi satuan kekeruhan (Nephelometric Turbidity Unit atau NTU), metode ini dipilih karena lebih praktis untuk implementasi pada mikrokontroler dibandingkan regresi polinomial yang kompleks. Prinsipnya adalah membandingkan selisih antara tegangan referensi saat air jernih ( $V_{clean}$ ) dengan tegangan saat pengukuran ( $V_{out}$ ).

### III. HASIL DAN DISKUSI

Pada tahap ini, seluruh komponen perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) diintegrasikan untuk membentuk sistem Smart Aquaponics yang utuh. Sistem ini berpusat pada mikrokontroler ESP32 yang berfungsi mengolah data dari sensor dan mengendalikan aktuator. Fokus utama dari penelitian ini adalah sistem kontrol dan monitoring dari kualitas air yang mana turbidity sensor sebagai pendeteksi kekeruhan air dari akuaponik tersebut kemudian sensor Ultrasonic HC-SR04 sebagai alat pengukur untuk mengetahui jarak dari level air yang berada pada drum tersebut. Data tersebut akan dikirim ke mikrokontroler Esp32 untuk di olah dan ditampilkan secara real-time melalui platform IoT berupa aplikasi telegram sebagai mediamonitoring dan juga kontrol untuk memulai sistem pengurasan dan menjaga kestabilan air secara otomatis[8,9].

Berdasarkan hasil pengujian sub-sistem, sensor ultrasonik terbukti mampu mendeteksi perubahan level air dengan akurasi yang sangat baik dibandingkan dengan pengukuran manual. Logika pengisian otomatis bekerja berdasarkan titik setel di mana jarak aman permukaan air berada pada 8 cm dari sensor. Ketika volume air berkurang hingga mencapai jarak baca  $> 25$  cm yang dianggap sebagai kondisi kritis, sistem secara otomatis mengaktifkan pompa pengisian hingga level air kembali ke titik normal. Fungsi ini terbukti vital dalam mencegah kerusakan pompa akibat bekerja tanpa air (dry running)[5]. Berikut merupakan diagram wiring untuk sistem kurus otomatis.



Gambar 2. Design Alur Sistem

#### 3.1 Performa Sensor Ultrasonic dan Turbidity

Pengujian sistem dilakukan untuk memverifikasi kehandalan prototipe dalam menjalankan fungsi otomatisasi pengurasan dan pengisian air berdasarkan logika yang telah dirancang. Pengujian berfokus pada dua aspek utama yaitu Sistem Pengurasan Otomatis: Menguji respon Sensor Turbidity dalam mendeteksi kekeruhan air dan mengaktifkan Solenoid Valve atau pompa kurus, dan Sistem Pengisian Otomatis: Menguji respon Sensor Ultrasonic HC-SR04 dalam mendeteksi penurunan level air dan mengaktifkan pompa pengisian (refill).

Pengambilan data dilakukan dengan mengamati tampilan pada LCD dan notifikasi pada aplikasi Telegram. Data yang dicatat meliputi nilai kekeruhan (NTU), jarak ketinggian air (cm), serta status aktif/non-aktifnya pompa ditunjukkan pada Tabel 1. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk memantau ketinggian air dan menjaga kestabilan volume air selama proses pengurasan dan pengisian ulang. Berdasarkan hasil pengujian, pembacaan jarak sensor ultrasonik menunjukkan tingkat akurasi

yang baik ketika dibandingkan dengan pengukuran manual menggunakan penggaris, dengan selisih pengukuran yang relatif kecil.

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran Sensor Ultrasonik berdasarkan pemantauan pada LCD dan telegram.

No	Kondisi Fisik Air	Pembacaan Sensor (Jarak)	Status Level Air	Respon Pipa Solenoid (Kuras)	Respon Sistem (Pompa Isi)
1	Penuh / Aman	5 cm	aman	menyala (on)	Mati (Standby)
2	Penuh / Aman	8 cm	aman	menyala (on)	Mati (Standby)
3	Batas Wajar	10 cm	aman	menyala (on)	Mati (Standby)
4	Mulai Surut	12 cm	kurang	menyala (on)	Mati (Standby)
5	Surut / Kritis	25 cm	kritis	Mati (Standby)	Menyala (On)

Logika pengendalian level air dirancang dengan menetapkan jarak ambang tertentu sebagai indikator kondisi air surut. Ketika sensor mendeteksi jarak permukaan air yang melebihi batas aman, sistem secara otomatis mengaktifkan pompa pengisian ulang hingga ketinggian air kembali pada kondisi normal. Mekanisme ini berperan penting dalam mencegah terjadinya dry running, yaitu kondisi pompa menyala tanpa adanya air, yang sering menjadi penyebab utama kerusakan pompa pada sistem akuaponik konvensional.

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sistem mampu menjaga ketinggian air agar tidak surut. Set point atau batas aman yang ditentukan adalah jarak permukaan air 8 cm dari sensor. Jika jarak > 25 cm (air turun), pompa isi ulang harus menyala. pemantauan, tetapi juga memberikan respons otomatis melalui aktivasi relay pada kondisi pH tertentu. Secara keseluruhan, hasil pengujian membuktikan bahwa sistem mampu menjalankan fungsi monitoring dan kontrol kualitas air secara efektif untuk mendukung operasional smart aquaponic berbasis ESP32.

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran Sensor Turbidity berdasarkan pemantauan pada LCD dan telegram

No	Kondisi Visual Air	Nilai Terbaca Di LCD (NTU)	Status Air	Respon Sistem (Solenoid)
1	Sangat Jernih (Air Baru)	0 - 10 NTU	Bersih	Mati (Standby)
2	Jernih (Normal)	15 - 35 NTU	Bersih	Mati (Standby)
3	Agak Keruh (Ambang Batas)	45 - 49 NTU	Bersih	Mati (Standby)
4	Keruh (Ada Polutan)	55 NTU	Keruh	Info To Telegram
5	Sangat Keruh (Lumpur)	> 100 NTU	Keruh	Info To Telegram

Pengujian sensor turbidity dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendeteksi perubahan tingkat kekeruhan air sebagai parameter utama kualitas air pada akuaponik. Berdasarkan hasil pengujian, sensor turbidity menunjukkan respon yang konsisten terhadap kondisi air. Pada kondisi air jernih hingga normal, nilai kekeruhan berada pada rentang 0–35 NTU, sedangkan pada kondisi air keruh nilai NTU meningkat hingga melebihi 50 NTU.

Penetapan nilai ambang batas (threshold) sebesar 50 NTU digunakan sebagai pemicu proses pengurusan air otomatis. Ketika nilai kekeruhan berada di bawah ambang batas tersebut, sistem berada pada kondisi siaga sehingga solenoid valve tidak aktif. Sebaliknya, ketika nilai NTU melebihi ambang batas, sistem secara otomatis mengirim pesan untuk Telegram sebagai remot utama untuk menjalankan

siklus kuras air otomatis “PERINGATAN Air Keruh segera jalankan siklus /mulai” kemudian kirim pesan ke telegram “/mulai” untuk mengaktifkan solenoid valve sebagai pengurasan air.

Validasi sensor turbidity dilakukan secara kualitatif dengan membandingkan nilai NTU yang terbaca pada sistem dengan kondisi visual air selama proses pengujian. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa peningkatan nilai NTU sejalan dengan perubahan kondisi air dari jernih menjadi keruh. Kesesuaian antara pembacaan sensor dan kondisi aktual air menunjukkan bahwa sensor turbidity memiliki tingkat keandalan yang memadai untuk digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam sistem kendali berbasis ambang batas.

Salah satu keunggulan utama dari sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah terbentuknya mekanisme closed-loop antara proses pengurasan dan pengisian ulang air. Berdasarkan hasil pengujian fungsional, sistem bekerja dalam suatu siklus otomatis yang terintegrasi, dimulai dari deteksi kekeruhan air oleh sensor turbidity, dilanjutkan dengan proses pengurasan air, penurunan level air, hingga pengisian ulang air secara otomatis berdasarkan pembacaan sensor ultrasonik.

Setelah air baru masuk dan kondisi kekeruhan kembali berada di bawah ambang batas, sistem secara otomatis kembali ke mode siaga. Siklus tertutup ini membuktikan bahwa tujuan penelitian untuk menciptakan sistem pergantian air otomatis berbasis Iot yang di mana telegram sebagai remote utamanya, serta mampu menjaga stabilitas kualitas dan volume air secara berkelanjutan.

Integrasi sistem dengan platform Telegram memberikan kemudahan dalam pemantauan kondisi akuaponik secara real-time. Informasi terkait status kekeruhan air, proses pengurasan, dan pengisian ulang air dapat diterima pengguna dalam waktu kurang dari beberapa detik setelah perubahan kondisi terdeteksi oleh sensor. Fitur ini meningkatkan transparansi sistem dan memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi akuaponik dari jarak jauh tanpa harus berada di lokasi secara langsung.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, penelitian ini menunjukkan bahwa prototipe Sistem Akuaponik Cerdas berbasis ESP32 berhasil dikembangkan dan mampu menjalankan fungsi otomatis pergantian air secara efektif. Sistem mengintegrasikan sensor turbidity untuk mendeteksi tingkat kekeruhan air serta sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memantau ketinggian permukaan air, sehingga proses pengurasan dan pengisian ulang dapat dilakukan secara otomatis berdasarkan logika kendali berbasis ambang batas. Mekanisme ini bekerja optimal ketika nilai kekeruhan mencapai  $NTU \geq 50$ , yang memicu pompa pengurasan, kemudian sistem melakukan pengisian ulang hingga level air kembali melebihi 25 cm guna menjaga kestabilan ekosistem akuaponik secara berkelanjutan tanpa intervensi manual. Selain itu, penerapan fitur Internet of Things (IoT) melalui Telegram Bot dan LCD I2C memungkinkan pemantauan kondisi sistem secara real-time serta memberikan kemudahan kendali jarak jauh bagi pengguna. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang banyak menerapkan metode kontrol adaptif atau kecerdasan buatan, sistem pada penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih sederhana namun tetap efektif, ekonomis, stabil, dan mudah diimplementasikan, terutama untuk kebutuhan akuaponik skala kecil hingga menengah. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa penggunaan logika kendali sederhana berbasis threshold sudah memadai untuk mendukung pengelolaan kualitas air secara otomatis dan praktis bagi pengguna non-teknis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Aziezhah, W. Sholihah, I. Novianty, M. Romadhona, and A. Mardiyono, “Sipekernik: Sistem pemantau kekeruhan air dan pengairan pada akuaponik menggunakan sensor turbidity, LDR dan water level,” *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 4, no. 4, pp. 261–271, 2023, doi: 10.35746/jtim.v4i4.324.
- [2] Z. B. Zamani, A. Nasoruddin Mohamad, A. S. Saiful Bahrin, H. B. Mohamad @ Sulaiman, N. Abd Razak, M. Idzdihar Idris, and S. S. Sarnin, “Design of a real-time monitored aquaponics system for sustainable agriculture and enhanced food security,” *International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS)*, vol. 9, no. 10, pp. 6136–6145, 2025, doi: 10.47772/IJRISS.2025.910000499.

- [3] U. M. Putriani, “Pengembangan sistem monitoring kualitas air untuk tambak udang menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32,” skripsi S1, Universitas Mataram, 2024.
- [4] R. D. Anggita, Stywati, D. S. Jaya, and K. Edistira, “Automating aquaponics system with RTC, turbidity sensor and water level sensor,” *ICORHESTECH*, vol. 1, no. 1, pp. 434–446, 2024.
- [5] J. Jayanth, E. Maheswari, and Ch. Durga Mallikarjun Rao, “ESP-32 based IoT aquaponics system for sustainable food management,” *International Journal of Engineering Research and Science & Technology*, vol. 21, no. 2, pp. 821–825, 2025.
- [6] M. F. I. Ayon, S. Nahar, A. Rahman, Md. T. Arif, A. Hasib, and A. S. M. A. S. Akib, “An IoT-enabled smart aquarium system for real-time water quality monitoring and automated feeding,” *arXiv preprint arXiv:2601.08484*, 2026, doi: 10.48550/arXiv.2601.08484.
- [7] A. Pribadi, I. Irawan, and D. Senthil Kumar, “Monitoring system of fish pool water turbidity with ESP32 and Blynk,” *Asia Information System Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 16–22, 2023, doi: 10.24042/aisj.v2i1.18166.
- [8] Habiburrohman, “Aplikasi teknologi akuaponik sederhana pada budidaya ikan air tawar untuk optimalisasi pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.),” skripsi S1, UIN Raden Intan Lampung, 2018.
- [9] N. A. Mijaya, “Sistem pemantauan dan peringatan akuaponik berbasis ESP32,” tugas akhir, Universitas Katolik Parahyangan, 2024.