

SISTEM SMART AQUARIUM BERBASIS IOT UNTUK PEMANTAUAN TDS, SUHU, DAN *AUTO FLUSH* PADA BUDIDAYA IKAN GUPPY

Mohammad Abi Yafas^{1*}, Ade Sumaedi²,

^{1,2}Program Studi S-1 Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Pamulang, Indonesia

abiyafas@gmail.com; adesumaedi10093@unpam.co.id

ABSTRAK

Pemeliharaan ikan Guppy (*Poecilia reticulata*) memerlukan pemantauan kondisi air, termasuk suhu dan Total Dissolved Solids (TDS), untuk mendeteksi perubahan parameter air secara berkala. Penelitian ini merancang prototipe Smart Aquarium berbasis IoT menggunakan ESP32, sensor DS18B20, sensor TDS, OLED, relay, pompa DC, dan Telegram Bot. Metode yang digunakan adalah eksperimen prototipe dengan pengujian fungsional selama tujuh hari pada 5–11 Januari 2026. Sistem mencatat TDS 185–432 ppm dan suhu 26,1–28,7°C. Ketika TDS mencapai 432 ppm, sistem mengaktifkan Auto Flush. Pada pengamatan berikutnya, TDS tercatat 255 ppm, atau mengalami penurunan sebesar 177 ppm (40,97%). Notifikasi TDS, permintaan status, dan perintah manual Auto Flush masing-masing berhasil pada lima percobaan dengan tingkat keberhasilan 100% dan waktu respons 1–2 detik pada jaringan pengujian. Prototipe mampu menjalankan fungsi pemantauan dan penggantian sebagian air berdasarkan ambang operasional TDS. Akurasi sensor, keandalan Auto Flush dalam penggunaan berulang, dan pengaruh sistem terhadap kondisi biologis ikan belum dievaluasi.

Kata Kunci: Smart Aquarium; Internet of Things; TDS; Auto Flush; Ikan Guppy.

ABSTRACT

Keeping guppy fish (Poecilia reticulata) requires monitoring water conditions, including temperature and Total Dissolved Solids (TDS), to regularly check for changes in water parameters. This study developed an IoT-based Smart Aquarium prototype using an ESP32, DS18B20, TDS sensor, OLED, relay, DC pump, and Telegram Bot. A prototype experimental method was applied through seven days of functional testing from January 5 to 11, 2026. The system recorded TDS values of 185–432 ppm and temperatures of 26.1–28.7°C. When TDS reached 432 ppm, the system activated Auto Flush. At the next observation, TDS was recorded at 255 ppm, representing a

decrease of 177 ppm (40.97%). TDS notifications, status requests, and manual Auto Flush commands each succeeded in five trials, producing a 100% success rate and response times of 1–2 seconds under the test network. The prototype performed monitoring and partial water replacement based on an operational TDS threshold. Sensor accuracy, repeated-use reliability of the Auto Flush mechanism, and the effect of the system on fish condition were not evaluated.

Keywords: *Smart Aquarium; Internet of Things; TDS; Auto Flush; Guppy Fish.*

1. PENDAHULUAN

Transformasi pemeliharaan akuarium menuju sistem berbasis Internet of Things (IoT) memungkinkan pemantauan kondisi air secara berkala dan jarak jauh [1]. Pada budidaya ikan Guppy (*Poecilia reticulata*), perubahan suhu dan peningkatan zat terlarut akibat sisa pakan serta metabolit dapat memengaruhi kondisi air [2], [4]. Pemantauan manual dapat terlambat mendeteksi perubahan tersebut. Sensor DS18B20 dan sensor TDS yang terhubung ke ESP32 dapat mencatat suhu dan konsentrasi zat terlarut serta mengirimkan data melalui jaringan internet ke antarmuka pengguna [5]. Penelitian ini membatasi evaluasi pada TDS dan suhu.

Penelitian terdahulu telah menerapkan ESP32 untuk memantau suhu, pH, TDS, dan parameter kualitas air pada sistem akuakultur [5], [7], [10]–[16]. Berdasarkan delapan penelitian pembandingan yang dianalisis, penelitian terdahulu umumnya berfokus pada pemantauan parameter kualitas air atau kontrol tertentu secara terpisah. Belum ditemukan pada kumpulan literatur tersebut suatu prototipe untuk akuarium ikan Guppy yang mengintegrasikan pemantauan TDS dan suhu, notifikasi Telegram, kendali jarak jauh, serta Auto Flush berbasis ambang TDS dalam satu sistem. Oleh karena itu, kontribusi penelitian ini bersifat integratif dan fungsional, bukan pengembangan algoritma atau metode pengukuran baru. Ambang 400 ppm ditetapkan sebagai parameter desain operasional untuk menguji aktivasi kontrol prototipe. Nilai tersebut tidak dinyatakan sebagai batas biologis mutlak bagi ikan Guppy. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi prototipe Smart Aquarium berbasis ESP32 yang mengintegrasikan pemantauan TDS dan suhu, Auto Flush berbasis ambang TDS, serta komunikasi melalui Telegram Bot. Evaluasi dilakukan terhadap kemampuan sistem dalam memantau perubahan TDS dan suhu, menjalankan Auto Flush ketika nilai TDS melebihi ambang operasional, serta menguji fungsi Telegram Bot.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

Peneliti	Objek Penelitian	Parameter	Perangkat	Kontrol Otomatis	Metode Evaluasi	Keterbatasan
Wahyudi et al. (2022)	Budidaya ikan Guppy	Suhu, pH, TDS	ESP32, DS18B20, Blynk	Pemberian pakan otomatis	Pengujian fungsional dengan error <5%	Belum memiliki penggantian air otomatis
Asabumi dan Widagdo (2024)	Ikan Guppy	Suhu	ESP32, DS18B20, Blynk	Pengatur suhu otomatis	Pengujian stabilitas suhu	Hanya memonitor suhu
Prapti et al. (2022)	Sistem akuakultur	Kualitas air	IoT dan Wireless Sensor Network	Tidak	Kajian literatur	Tidak membangun prototipe
Selvaganesh et al. (2024)	Akuakultur	Suhu dan kualitas air	ESP32, IoT	Monitoring real-time	Pengujian prototipe	Belum menggunakan Telegram Bot
Eso et al. (2024)	Budidaya udang vaname	Kualitas air	IoT	Tidak	Pengujian lapangan	Objek penelitian berbeda dan tidak memiliki kontrol otomatis
Suwardono et al. (2024)	Kolam ikan lele	Suhu	ESP32, DS18B20	Tidak	Pengujian sensor	Hanya memonitor suhu
Nurdiana et al. (2025)	Kolam budidaya ikan	pH, suhu, kualitas air	ESP32, IoT	Monitoring	Pengujian komunikasi IoT	Belum menyediakan kendali jarak jauh
Hao et al. (2025)	Sistem akuakultur	Kualitas air	IoT	Pengendalian kualitas air	Evaluasi sistem real-time	Tidak menggunakan sensor TDS sebagai parameter utama
Penelitian ini	Akuarium ikan Guppy	TDS dan suhu	ESP32, Sensor TDS, DS18B20, OLED, Telegram Bot	<i>Auto Flush</i> berdasarkan ambang TDS (>400 ppm) dan kendali manual melalui Telegram	Pengujian fungsional selama 7 hari, pemantauan pembacaan sensor, <i>Auto Flush</i> , dan Telegram Bot	Pengujian masih terbatas pada satu akuarium dan durasi 7 hari, serta belum mengukur parameter pH, DO, amonia, maupun kekeruhan.

Tabel 1 menunjukkan bahwa penelitian sebelumnya telah menggunakan IoT untuk memantau suhu, pH, TDS, dan parameter kualitas air lain. Namun, pada delapan penelitian pembandingan tersebut belum ditemukan integrasi pemantauan TDS dan suhu, notifikasi Telegram, kendali jarak jauh, serta penggantian sebagian air berdasarkan ambang TDS dalam satu prototipe untuk akuarium ikan Guppy. Kesenjangan fungsional ini menjadi dasar pengembangan sistem.

Kontribusi penelitian ini terletak pada integrasi pemantauan TDS dan suhu, mekanisme Auto Flush berbasis ambang operasional TDS, serta komunikasi dua arah melalui Telegram Bot dalam satu prototipe Smart Aquarium untuk budidaya ikan Guppy. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya mengevaluasi fungsi monitoring atau kontrol secara terpisah, penelitian ini mengevaluasi integrasi fungsi monitoring, notifikasi, kendali jarak jauh, dan penggantian sebagian air secara otomatis. Penelitian ini tidak mengusulkan algoritma pengukuran baru, tetapi memberikan kontribusi pada integrasi dan evaluasi fungsional sistem IoT.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan melalui enam tahapan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1: studi literatur, perancangan sistem, perakitan perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian fungsional, analisis data, dan penarikan kesimpulan.

1. Studi literatur dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik sistem IoT, sensor TDS analog, sensor suhu DS18B20, komunikasi Telegram Bot, serta penelitian terdahulu mengenai pemantauan kualitas air.
2. Perancangan sistem mencakup ESP32 DevKit V1, sensor TDS analog, sensor suhu DS18B20, OLED 0,96 inci, pompa DC 12 V, relay 5 V dua kanal, adaptor, dan selang air. Perangkat lunak dikembangkan pada Arduino IDE menggunakan pemrograman non-blocking berbasis millis() dan event-driven untuk pembacaan sensor, tampilan OLED, kontrol pompa, serta komunikasi Telegram.

Tabel 2. Spesifikasi dan Fungsi Perangkat

Komponen	Spesifikasi utama	Fungsi
ESP32 DevKit V1	Logika 3,3 V; Wi-Fi terintegrasi	Kontrol utama dan komunikasi IoT
Sensor TDS analog	Catu 3,3–5,5 V; keluaran analog	Membaca konsentrasi zat terlarut

Komponen	Spesifikasi utama	Fungsi
DS18B20	-55–125°C; akurasi spesifikasi pabrik $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada -10–85°C	Membaca suhu air
OLED 0,96 inci	Antarmuka I2C	Menampilkan TDS dan suhu
Relay dua kanal	Catu koil 5 V	Mengendalikan pompa
Pompa mini DC	Catu 12 V	Mengganti sebagian air
Telegram Bot	Komunikasi melalui internet	Notifikasi, status, dan perintah manual

Sensor TDS analog memperkirakan konsentrasi zat terlarut berdasarkan konduktivitas listrik yang direpresentasikan oleh tegangan keluaran analog [18]. Hubungan umum antara TDS dan konduktivitas listrik dapat ditulis sebagai:

$$\text{TDS (ppm)} = k \times \text{EC } (\mu\text{S/cm})$$

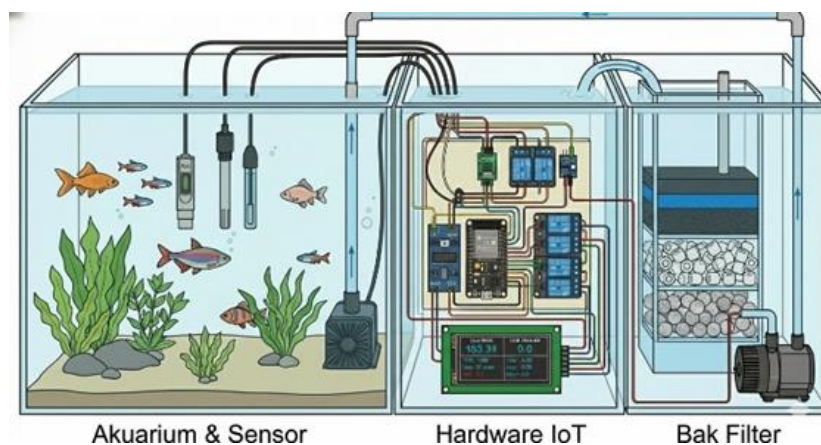
dengan k sebagai faktor konversi yang bergantung pada komposisi ion dan karakteristik air. Penelitian ini menggunakan $k = 0,5$ sebagai faktor konversi yang direkomendasikan dalam dokumentasi teknis sensor untuk pendekatan pengukuran air tawar [18]. Nilai tersebut digunakan sebagai konfigurasi operasional sensor dan tidak dimaksudkan sebagai hasil kalibrasi eksperimental dalam penelitian ini.

$$\text{Jika } k = 0,5, \text{ maka } \text{EC } (\mu\text{S/cm}) = \text{TDS (ppm)} \div 0,5.$$

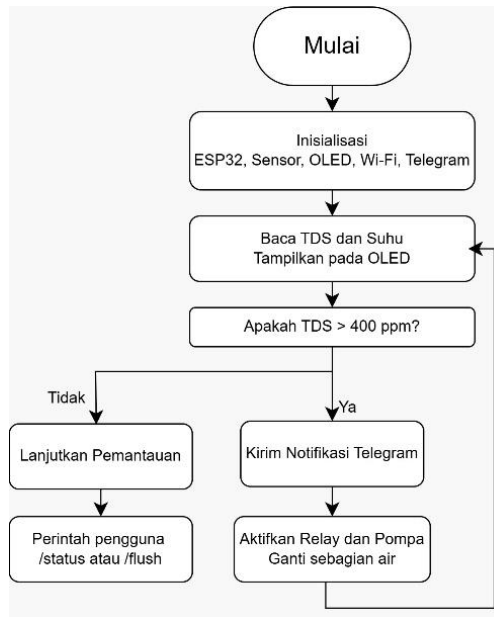
Dalam satuan mS/cm, hubungan tersebut menjadi $\text{EC (mS/cm)} = \text{TDS (ppm)} \div 500$.

Persamaan ini hanya menjelaskan prinsip konversi pada sensor. Penelitian tidak menggunakan sensor EC terpisah dan tidak melaporkan EC sebagai variabel hasil.

- Perakitan perangkat keras dan perangkat lunak dilakukan dengan menghubungkan sensor ke ESP32, relay ke pompa DC, OLED sebagai tampilan lokal, serta Wi-Fi dan Telegram Bot sebagai antarmuka jarak jauh [8].



Gambar 1. Desain Rancangan



Gambar 2. Flowchart Sistem Smart Aquarium

4. Pengujian fungsional dilakukan selama tujuh hari, yaitu 5–11 Januari 2026, pada satu unit akuarium. Sistem membaca parameter TDS dan suhu secara otomatis. Data yang dianalisis terdiri atas tujuh pembacaan harian terdokumentasi selama periode pengujian. Karena interval pembacaan internal sistem dan waktu pencatatan harian tidak terdokumentasi secara lengkap, analisis dibatasi pada evaluasi deskriptif terhadap data yang tersedia. Ketika nilai TDS melebihi ambang operasional sistem sebesar 400 ppm, ESP32 mengirimkan notifikasi dan mengaktifkan relay serta pompa untuk melakukan penggantian sebagian air. Evaluasi mencakup rentang nilai TDS dan suhu, perubahan nilai TDS antara pengamatan sebelum dan setelah satu kejadian Auto Flush, serta keberhasilan dan waktu respons tiga fungsi Telegram. Sensor TDS dan DS18B20 belum divalidasi menggunakan alat referensi terkalibrasi. Oleh karena itu, pengujian sensor dalam penelitian ini ditujukan untuk mengevaluasi fungsi sistem dan tidak dimaksudkan sebagai validasi metrologis.
5. Analisis dilakukan secara deskriptif menggunakan nilai minimum dan maksimum, selisih sebelum dan setelah Auto Flush, persentase penurunan TDS, tingkat keberhasilan fungsi Telegram, dan waktu respons. Persentase penurunan dihitung dengan rumus: $((\text{TDS sebelum} - \text{TDS sesudah}) \div \text{TDS sebelum}) \times 100\%$. Tingkat keberhasilan dihitung dengan rumus: $(\text{jumlah percobaan berhasil} \div \text{jumlah percobaan}) \times 100\%$.

Kesimpulan disusun berdasarkan hasil pengujian fungsional, dengan membatasi klaim pada data yang tersedia.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

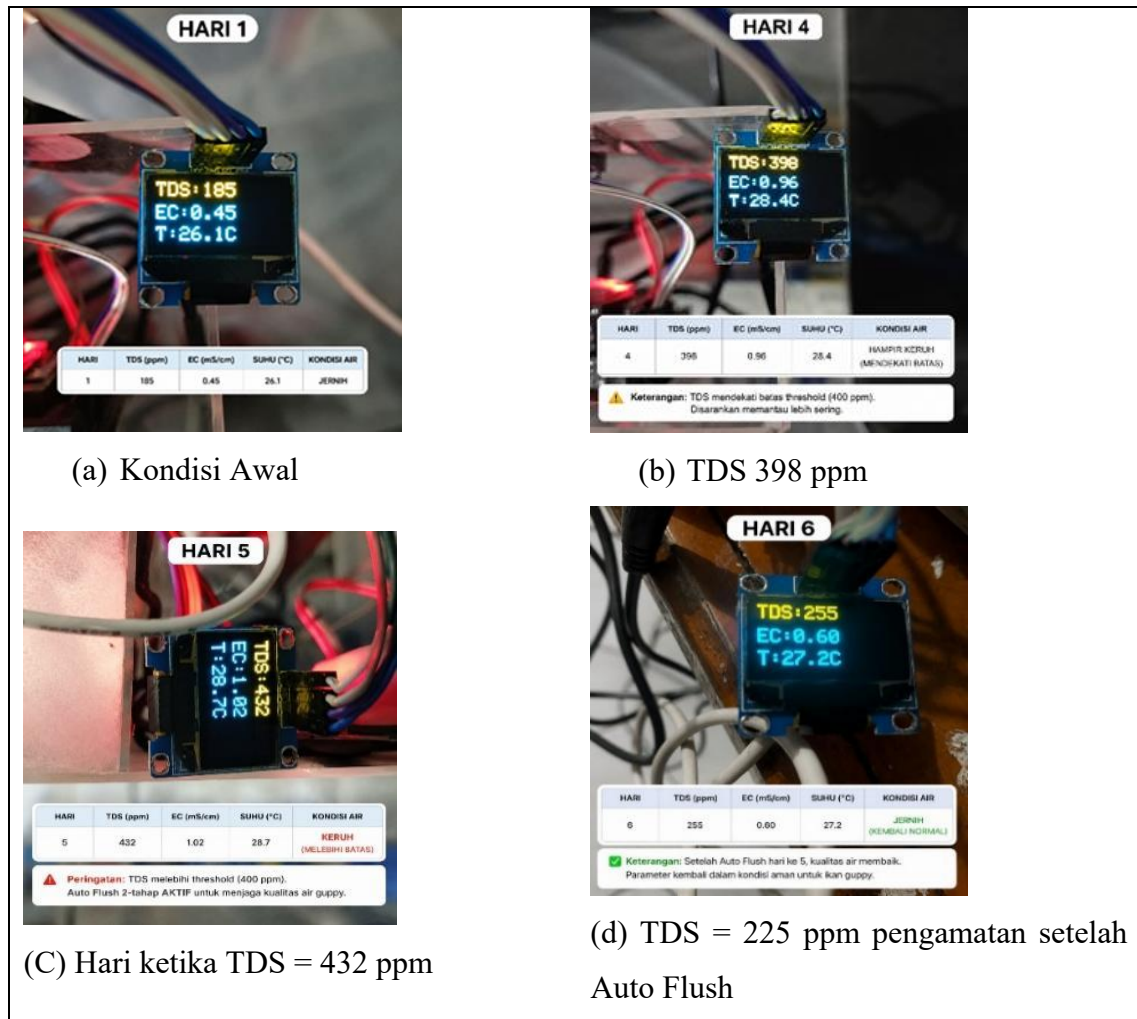
3.1. Pengujian Sistem Selama 7 Hari

Berdasarkan tujuh pengamatan harian terdokumentasi ($n = 7$), sistem mencatat TDS 185–432 ppm dan suhu 26,1–28,7°C. Auto Flush aktif satu kali ketika TDS mencapai 432 ppm. Pada pengamatan berikutnya, TDS tercatat 255 ppm. Sistem juga mengirimkan informasi melalui Telegram, tetapi kestabilan jaringan belum diuji secara khusus. Peningkatan TDS dapat berkaitan dengan akumulasi zat terlarut. Penelitian ini tidak mengukur kontribusi setiap sumber sehingga hubungan sebab-akibat tidak dapat dipastikan. Hasil tersebut hanya menunjukkan fungsi dasar prototipe selama periode pengujian dan belum membuktikan keandalan jangka panjang.

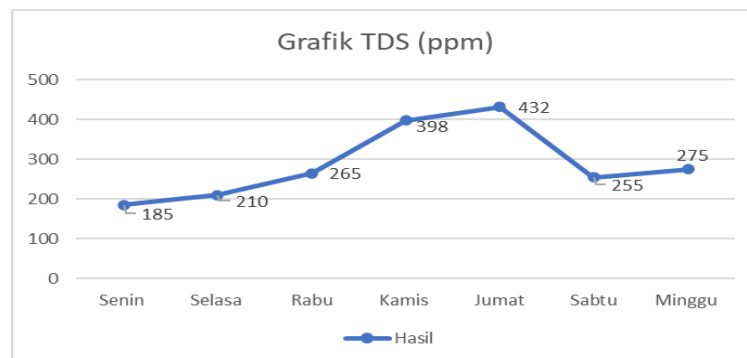
Status sistem ditentukan dengan membandingkan pembacaan TDS terhadap ambang operasional 400 ppm. Nilai TDS sampai 400 ppm dikategorikan "di bawah ambang", sedangkan nilai di atas 400 ppm dikategorikan "melebihi ambang" dan memicu notifikasi Telegram serta Auto Flush. Sensor TDS mengukur konsentrasi zat terlarut berdasarkan konduktivitas listrik. Sensor ini tidak mengukur kekeruhan optik atau partikel tersuspensi.

Hasil ini sejalan dengan penerapan ESP32 untuk pemantauan kualitas air oleh Wahyudi et al. [5], Suwardono et al. [14], dan Nurdiana et al. [15]. Wahyudi et al. melaporkan error pengujian di bawah 5%, sedangkan penelitian ini belum memvalidasi sensor sehingga akurasi kedua sistem tidak dapat dibandingkan langsung. Suwardono et al. menguji DS18B20 tanpa mekanisme penggantian air otomatis. Nurdiana et al. mengevaluasi komunikasi IoT, sedangkan penelitian ini mencatat keberhasilan 5 dari 5 percobaan untuk setiap fungsi Telegram. Waktu respons yang tercatat berada pada rentang 1–2 detik. Kontribusi fungsional penelitian ini ialah integrasi pemantauan, notifikasi, perintah manual, dan Auto Flush. Perbandingan ini terbatas karena metode, objek, durasi, dan kondisi jaringan setiap penelitian berbeda.

Pengujian sistem dilakukan selama tujuh hari dengan tujuh pengamatan harian terdokumentasi ($n = 7$). Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai TDS berada pada rentang 185–432 ppm, sedangkan suhu air berada pada rentang 26,1–28,7 °C. Selama periode pengujian, Auto Flush teraktivasi satu kali ketika nilai TDS mencapai 432 ppm dan melebihi ambang operasional sebesar 400 ppm. Pada pengamatan berikutnya, nilai TDS tercatat sebesar 255 ppm. Dokumentasi kondisi sistem pada beberapa tahap pengujian ditampilkan pada Gambar 3.



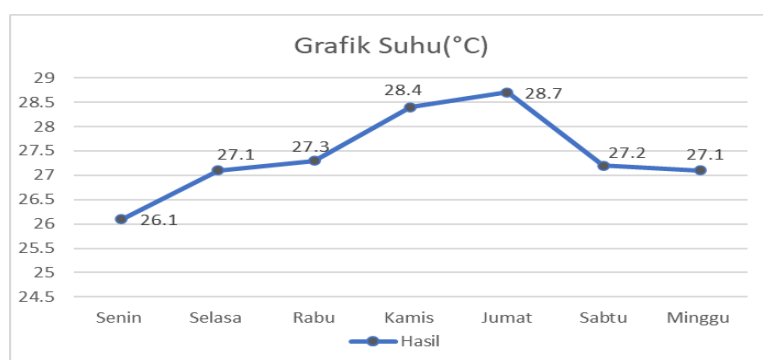
Gambar 3. Dokumentasi pengujian sistem pada empat kondisi pengamatan: (a) kondisi awal; (b) nilai TDS mendekati ambang operasional; (c) nilai TDS mencapai 432 ppm dan Auto Flush teraktivasi; dan (d) nilai TDS 255 ppm pada pengamatan setelah Auto Flush. Status sistem ditentukan berdasarkan nilai TDS terhadap ambang operasional sebesar 400 ppm. Nilai $TDS \leq 400$ ppm tidak memicu Auto Flush, sedangkan nilai $TDS > 400$ ppm memicu notifikasi Telegram dan Auto Flush. Perubahan nilai TDS selama tujuh hari pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perubahan nilai TDS selama pengujian selama tujuh hari.

Berdasarkan Gambar 4, nilai TDS meningkat dari 185 ppm pada awal pengujian hingga mencapai 432 ppm pada pengamatan kelima. Kondisi tersebut menyebabkan sistem menjalankan Auto Flush sesuai dengan logika kontrol yang telah dirancang. Pada pengamatan berikutnya, nilai TDS menurun menjadi 255 ppm, atau berkurang sebesar 177 ppm (40,97%) dibandingkan nilai sebelum Auto Flush. Hasil ini menunjukkan bahwa fungsi kontrol berbasis ambang TDS dapat berjalan sesuai rancangan. Namun, karena penelitian ini hanya mendokumentasikan satu kejadian Auto Flush dan belum mencatat secara lengkap volume air pengganti, debit pompa, durasi penggantian air, serta kondisi air pengganti, penurunan TDS tersebut belum dapat digunakan untuk menyimpulkan efektivitas Auto Flush secara umum.

Selain TDS, sistem juga memantau suhu air menggunakan sensor DS18B20. Selama periode pengujian, suhu berada pada rentang 26,1–28,7 °C. Perubahan suhu selama tujuh hari ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perubahan suhu air selama pengujian selama tujuh hari.

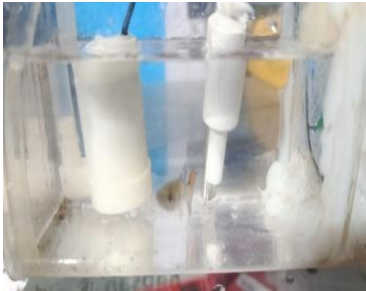
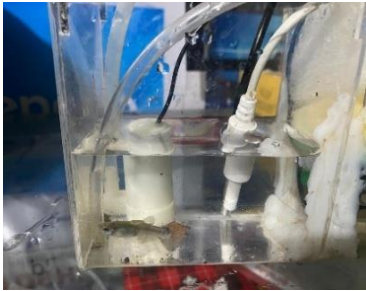
Perubahan suhu digunakan sebagai informasi kondisi pengujian dan belum dianalisis sebagai faktor penyebab perubahan nilai TDS. Oleh karena itu, penelitian ini tidak menarik kesimpulan mengenai hubungan sebab-akibat antara suhu dan perubahan TDS. Pengujian Telegram Bot menunjukkan bahwa fungsi notifikasi TDS, permintaan status, dan perintah manual Auto Flush masing-masing berhasil dalam lima dari lima percobaan (100%), dengan waktu respons yang tercatat sebesar 1–2 detik pada jaringan pengujian. Meskipun demikian, kestabilan komunikasi pada kondisi jaringan yang berbeda belum diuji secara khusus.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe mampu menjalankan fungsi dasar pemantauan TDS dan suhu, pengiriman informasi melalui Telegram Bot, serta Auto Flush berdasarkan ambang operasional TDS. Hasil tersebut merupakan evaluasi fungsional selama periode pengujian dan belum dapat digunakan

untuk menyimpulkan akurasi sensor, keandalan sistem dalam penggunaan jangka panjang, maupun efektivitas Auto Flush pada penggunaan berulang.

Pengujian sistem dilakukan selama tujuh hari, yaitu 5–11 Januari 2026, pada satu unit akuarium. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui perubahan nilai Total Dissolved Solids (TDS) dan suhu air serta respons sistem terhadap perubahan nilai TDS. Berdasarkan tujuh pengamatan harian terdokumentasi ($n = 7$), nilai TDS berada pada rentang 185–432 ppm, sedangkan suhu air berada pada rentang 26,1–28,7 °C. Sistem menggunakan ambang operasional TDS sebesar 400 ppm sebagai dasar aktivasi Auto Flush. Ringkasan hasil pengukuran TDS, suhu, dan status sistem selama periode pengujian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian 5–11 Januari 2026

Hari	TDS (ppm)	Suhu (°C)	Status terhadap Ambang 400 ppm	Auto Flush	Metode Pencatatan
Senin	185	26,1	Di bawah ambang	Tidak	Pembacaan sensor
					
Selasa	210	27,1	Di bawah ambang	Tidak	Pembacaan sensor
					
Rabu	265	27,3	Di bawah ambang	Tidak	Pembacaan sensor
					

Hari	TDS (ppm)	Suhu (°C)	Status terhadap Ambang 400 ppm	Auto Flush	Metode Pencatatan
Kamis	398	28,4	Di bawah ambang	Tidak	Pembacaan sensor 
Jumat	432	28,7	melewati ambang TDS	Ya (1x)	Pembacaan sensor 
Sabtu	255	27,2	Di bawah ambang	Tidak	Pembacaan sensor 
Minggu	275	27,1	Di bawah ambang	Tidak	Pembacaan sensor. 

3.2. Pengujian *Auto Flush*

Ketika TDS mencapai 432 ppm, sistem mengaktifkan mekanisme Auto Flush melalui relay dan pompa DC. Pada pengamatan berikutnya, TDS tercatat 255 ppm. Karena jeda waktu antara aktivasi Auto Flush dan pembacaan berikutnya tidak terdokumentasi, perubahan parameter tersebut dianalisis secara deskriptif pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Parameter Sebelum dan pada Pengamatan Setelah *Auto Flush*

Parameter	Sebelum <i>Auto Flush</i>	Pengamatan Setelah <i>Auto Flush</i>	Perubahan
TDS	432 ppm	255 ppm	Turun 177 ppm (40,97%)
Suhu	28,7°C	27,2°C	Turun 1,5°C

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai TDS berubah dari 432 ppm sebelum *Auto Flush* menjadi 255 ppm pada pengamatan berikutnya, dengan penurunan sebesar 177 ppm (40,97%). Suhu juga berubah dari 28,7 °C menjadi 27,2 °C atau turun sebesar 1,5 °C. Namun, penelitian ini belum dapat menyimpulkan bahwa perubahan tersebut sepenuhnya disebabkan oleh mekanisme *Auto Flush*, karena suhu air pengganti, volume air yang diganti, debit pompa, jeda pengukuran, dan kondisi lingkungan tidak tercatat secara lengkap. *Auto Flush* hanya terdokumentasi pada satu kejadian, sehingga data tersebut menunjukkan bahwa mekanisme dapat beroperasi sesuai logika kontrol, tetapi belum cukup untuk menilai efektivitas dan keandalannya dalam penggunaan berulang.

3.3. Pengujian Telegram Bot

Pengujian Telegram Bot mencakup notifikasi TDS, permintaan status, dan perintah manual *Auto Flush*. Setiap fungsi diuji lima kali. Tingkat keberhasilan dihitung dari jumlah percobaan berhasil dibagi jumlah percobaan, kemudian dikalikan 100%. Waktu respons dihitung sejak perintah dikirim atau kondisi terdeteksi hingga respons diterima pada jaringan pengujian. Catatan eksperimen hanya menyimpan waktu respons ringkas setiap fungsi dan tidak menyimpan waktu setiap percobaan.

Tabel 5. Hasil Pengujian Telegram Bot

Fungsi	Jumlah Percobaan	Berhasil	Gagal	Rata-rata Waktu Respons
Notifikasi TDS (>400 ppm)	5	5	0	2 detik
Permintaan Status	5	5	0	1 detik
Manual <i>Auto Flush</i>	5	5	0	2 detik

Hasil pengujian pada Tabel 5 menunjukkan bahwa ketiga fungsi Telegram Bot, yaitu notifikasi TDS, permintaan status, dan perintah manual *Auto Flush*, berhasil pada lima dari lima percobaan pada jaringan pengujian, dengan tingkat keberhasilan 100%. Waktu respons yang terukur berada pada rentang 1–2 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fungsi komunikasi

Telegram dapat berjalan sesuai rancangan pada kondisi jaringan pengujian. Namun, hasil ini belum dapat digunakan untuk menyimpulkan keandalan komunikasi secara umum karena pengujian dilakukan pada satu kondisi jaringan dan waktu setiap percobaan tidak terdokumentasi secara lengkap.

4. PERBANDINGAN DENGAN PENELITIAN TERDAHULU

Dibandingkan penelitian terdahulu, hasil penelitian ini menunjukkan perbedaan utama pada integrasi fungsi monitoring dan kontrol dalam satu prototipe. Wahyudi et al. [5] menerapkan pemantauan kualitas air pada budidaya Guppy, sedangkan Suwardono et al. [14] menggunakan DS18B20 untuk pemantauan suhu. Nurdiana et al. [15] menekankan komunikasi berbasis IoT. Penelitian ini mengintegrasikan pembacaan TDS dan suhu dengan notifikasi Telegram, perintah jarak jauh, dan Auto Flush berbasis ambang TDS. Meskipun demikian, penelitian terdahulu yang melakukan validasi sensor memiliki keunggulan dalam aspek akurasi pengukuran, sedangkan penelitian ini masih terbatas pada evaluasi fungsional prototipe.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kontribusi utama sistem bukan terletak pada peningkatan akurasi sensor, melainkan pada integrasi fungsi monitoring dan kontrol. Sistem menggabungkan pembacaan TDS dan suhu, notifikasi jarak jauh, permintaan status, kendali manual, dan Auto Flush berbasis ambang operasional dalam satu arsitektur berbasis ESP32. Namun, karena sensor belum dibandingkan dengan instrumen referensi terkalibrasi, penelitian ini belum dapat menyimpulkan tingkat akurasi pengukuran. Dengan demikian, hasil penelitian lebih tepat diposisikan sebagai validasi fungsional prototipe daripada validasi metrologis sistem monitoring kualitas air.

5. KETERBATASAN PENELITIAN

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Evaluasi kualitas air hanya menggunakan Total Dissolved Solids (TDS) dan suhu sehingga belum mencakup pH, dissolved oxygen (DO), amonia, nitrit, nitrat, dan kekeruhan. Penelitian juga berfokus pada pengujian fungsional. Sensor TDS dan DS18B20 belum divalidasi menggunakan alat ukur referensi terkalibrasi. Oleh karena itu, akurasi, presisi, MAE, RMSE, dan simpangan baku belum dapat dihitung.

Pengujian dilakukan selama tujuh hari pada satu akuarium sehingga belum menggambarkan performa jangka panjang atau kondisi lingkungan yang berbeda. Ukuran dan volume akuarium, jumlah ikan, pola pemberian pakan, interval pembacaan, volume air

yang diganti, debit pompa, durasi Auto Flush, dan kondisi air pengganti belum terdokumentasi secara lengkap. Pengujian Telegram Bot juga terbatas pada jaringan pengujian sehingga belum mewakili berbagai kondisi internet. Penelitian selanjutnya perlu melengkapi parameter eksperimen, melakukan kalibrasi sensor, memperpanjang pengujian, menggunakan beberapa akuarium, dan mengevaluasi komunikasi pada kondisi jaringan yang berbeda.

6. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan prototipe Smart Aquarium berbasis ESP32 yang mengintegrasikan pemantauan TDS dan suhu, Auto Flush berbasis ambang operasional TDS, serta komunikasi melalui Telegram Bot. Selama pengujian tujuh hari pada 5–11 Januari 2026, nilai TDS yang tercatat berada pada rentang 185–432 ppm dan suhu 26,1–28,7°C. Auto Flush aktif pada satu kejadian ketika TDS mencapai 432 ppm. Pada pengamatan berikutnya, TDS tercatat 255 ppm, atau mengalami penurunan sebesar 177 ppm (40,97%). Pengujian Telegram Bot menunjukkan bahwa fungsi notifikasi TDS, permintaan status, dan perintah manual Auto Flush masing-masing berhasil pada lima dari lima percobaan dengan tingkat keberhasilan 100% dan waktu respons 1–2 detik pada jaringan pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fungsi dasar prototipe dapat berjalan sesuai rancangan. Namun, hasil penelitian belum membuktikan akurasi sensor, keandalan Auto Flush secara berulang, performa pada berbagai kondisi jaringan, maupun pengaruh sistem terhadap kondisi biologis ikan.

7. SARAN

Penelitian selanjutnya perlu memvalidasi sensor TDS dan DS18B20 menggunakan alat referensi terkalibrasi agar error, MAE, RMSE, dan simpangan baku dapat dihitung. Durasi pengujian perlu diperpanjang dan melibatkan beberapa akuarium, kejadian Auto Flush berulang, serta kondisi jaringan yang berbeda. Sistem juga dapat dikembangkan dengan sensor pH, dissolved oxygen, amonia, dan kekeruhan, serta penyimpanan data historis untuk analisis tren jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. S. Bu'u, N. Nachrowie, and E. Sonalitha, "Monitoring Kualitas Air pada Aquarium Berbasis Internet of Things (IoT)," *Blend Sains J. Tek.*, vol. 2, no. 2, pp. 184–190, 2023, doi: [10.56211/blendsains.v2i2.321](#).
- [2] M. R. Meizanu, S. P. Febri, and M. Syahril, "Pengaruh perbedaan suhu terhadap produktivitas induk ikan guppy (*Poecilia reticulata*)," *Arwana J. Ilm. Progr. Stud. Perair.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2022, doi: [10.51179/jipsbp.v4i1.1171](#).
- [3] Y. G. Lestari and H. Irsyad, "Penggunaan Metode SVM Dengan Fitur HSV HOG Dalam Mengklasifikasi Jenis Ikan Guppy," *J. Algoritm.*, vol. 4, no. 1, pp. 21–30, 2023, doi: [10.35957/algoritme.v4i1.5698](#).
- [4] A. Y. Akbar, "Pengaruh Penambahan Garam Ikan dan Probiotik terhadap Kualitas Air pada Ikan Guppy (*Poecilla reticulata*)," *Panthera J. Ilm. Pendidik. Sains dan Terap.*, vol. 2, no. 4, pp. 243–254, 2022, doi: [10.36312/pjipst.v2i4.126](#).
- [5] B. R. Wahyudi, I. S. Faradisa, and M. I. Ashari, "Sistem Kendali Otomatis pada Budidaya Ikan Guppy Berbasis IoT," *Pros. SENIATI*, vol. 6, no. 1, pp. 146–155, 2022, doi: [10.36040/seniati.v6i1.4890](#).
- [6] R. Asabumi and B. W. Widagdo, "Sistem Pengatur Suhu Air Otomatis Menggunakan Metode Prototype Berbasis Iot Pada Budidaya Ikan Hias Air Tawar Annas Guppy," *J. Penelit. Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 4, pp. 10–13, 2024, [Online]. Available: <https://mypublikasi.com/>
- [7] I. Arianto, Hastuti, A. B. Pulungan, and F. Eliza, "Rancang Bangun Alat Monitoring dan Kendali Kualitas Air pada Aquarium Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 1005–1013, 2024, doi: [10.24036/jtein.v4i2.549](#).
- [8] A. Zafi, B. D. Saputra, and M. A. Bianto, "The Monitoring System for Water Quality Based on the Internet of Things (IoT) and Uses a TDS Sensor," *Indonesian Journal of Engineering, Science and Technology*, vol. 1, no. 2, 2024, doi: [10.38040/ijenset.v1i2.1015](#).
- [9] R. Sibarani and F. Febriansyah, "Perancangan Alat Pendeteksi Tingkat Kekeruhan Air dan Pengurasan Air pada Aquarium," *Jurnal Satya Informatika*, vol. 9, no. 1, pp. 45–53, 2024, doi: [10.59134/jsk.v9i1.633](#).

- [10] M. A. Hossain, M. T. Islam, M. R. Islam, and M. S. Kaiser, "IoT-Based Smart Aquaculture Monitoring System Using Wireless Sensor Network," *Sensors*, vol. 23, no. 18, p. 7815, 2023, doi: 10.3390/s23187815.
- [11] D. R. Prapti, A. R. M. Shariff, H. C. Man, N. M. Ramli, T. Perumal, and M. Shariff, "Internet of Things (IoT)-Based Aquaculture: An Overview of IoT Application on Water Quality Monitoring," *Rev. Aquac.*, vol. 14, no. 2, pp. 979–992, 2022, doi: 10.1111/raq.12637.
- [12] M. Selvaganesh, A. Jeevagan, B. Kishore, and S. Prithiviraj, "IoT Based Real-Time Prototype Design for Smart Aquaculture Ecosystem Monitoring Using ESP32," in *Proc. 2024 2nd Int. Conf. Intelligent Cyber Physical Systems and Internet of Things (ICoIC2024)*, doi: 10.1109/ICoICI62503.2024.10696610.
- [13] R. Eso, H. T. Mokui, Arman, L. Safiuddin, and Husein, "Water Quality Monitoring System Based on the Internet of Things (IoT) for Vannamei Shrimp Farming," *ComTech: Comput., Math. Eng. Appl.*, vol. 15, no. 1, 2024, doi: 10.21512/comtech.v15i1.10657.
- [14] A. Suwardono, F. E. Prahesti, E. M. Indrawati, and M. A. J. Ashofa, "IoT Based Catfish Farm Monitoring with ESP32 Microcontroller and DS18B20 Sensor," *J. Sains dan Teknologi*, vol. 13, no. 3, pp. 508–516, 2024, doi: 10.23887/jstundiksha.v13i3.85996.
- [15] N. Nurdiana, Emidiana, and M. S. Al Amin, "Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Berbasis IoT," *J. Surya Energy*, vol. 10, no. 2, 2025, doi: 10.32502/jse.v10i2.1451.
- [16] Y. W. Hao, K. A. Karim, R. N. F. R. Othman, M. Y. Lada, and N. Z. Zainal, "Design and Implementation of an Automated IoT System for Real-Time Water Quality Management in Aquaculture," *J. Telecommun. Electron. Comput. Eng.*, vol. 17, no. 4, 2025, doi: 10.54554/jtec.2025.17.04.007.
- [17] Maxim Integrated, "DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer," *Datasheet*, Rev. 6, 2020.
- [18] DFRobot, "Gravity: Analog TDS Sensor/Meter V1.0 (SEN0244) User Manual," Shanghai, China, 2023.
- [19] Telegram Messenger LLP, "Telegram Bot API," [Online]. Available: <https://core.telegram.org/bots/api>. Accessed: Jul. 22, 2026.

- [20] Food and Agriculture Organization (FAO), Aquaculture Water Quality Management. Rome, Italy: FAO, 2022.