

Desain dan Uji Coba Prototipe Pengaturan Kualitas Air Untuk Budidaya Anakan Ikan Koi**Hasanah^{1*}, Nina Paramitha², Endah Fitriani³, Tamsir Ariyadi⁴**^{1,2,3,4}*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bina Darma, Indonesia*
hasanah.syafiq@gmail.com^{1*}, nina_paramitha@binadarma.ac.id², endahfitriani@binadarma.ac.id³,
tamsirariyadi@binadarma.ac.id⁴*Received 08 September 2025 | Revised 03 Juni 2026 | Accepted 10 Juli 2026***ABSTRAK**

Kualitas air menjadi aspek fundamental dalam budidaya ikan koi karena spesies ini sangat rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan, seperti pH, suhu, tingkat kekeruhan, dan konsentrasi zat terlarut. Ketidaksihesuaian parameter tersebut dapat menghambat pertumbuhan, menurunkan imunitas, bahkan meningkatkan risiko kematian ikan. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan prototipe sistem otomatis pengendalian kualitas air berbasis mikrokontroler agar kondisi kolam tetap berada pada rentang optimal. Metode penelitian dilakukan melalui perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang terintegrasi. Sistem memanfaatkan sensor pH untuk mengukur derajat keasaman, sensor turbidity untuk mengetahui kekeruhan air, sensor *Total Dissolved Solids* (TDS) untuk mendeteksi kandungan zat terlarut, serta float level switch untuk memantau tinggi permukaan air. Data dari seluruh sensor diproses oleh NodeMCU ESP8266 dan dikirimkan ke platform monitoring berbasis web untuk pemantauan secara real-time. Apabila parameter melampaui batas yang ditentukan, sistem secara otomatis mengaktifkan pompa, aerator, atau unit filtrasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe mampu membaca parameter dengan respons cepat dan tingkat akurasi yang memadai. Dengan demikian, sistem ini dapat disimpulkan efektif sebagai solusi teknologi dalam mendukung budidaya ikan koi yang lebih efisien, terkontrol, dan berkelanjutan.

Kata kunci: Kualitas Air, Ikan Koi, Sensor, ESP8266, Monitoring, IoT

Water quality is a fundamental aspect in koi fish farming because this species is highly susceptible to changes in environmental conditions, such as pH, temperature, turbidity levels, and solute concentrations. The mismatch of these parameters can inhibit growth, decrease immunity, and even increase the risk of fish death. Based on these problems, this research aims to design and develop a prototype of a microcontroller-based automatic water quality control system so that the condition of the pond remains in the optimal range. The research method is carried out through the design of integrated hardware and software. The system utilizes a pH sensor to measure the degree of acidity, a turbidity sensor to determine the turbidity of the water, a Total Dissolved Solids (TDS) sensor to detect the content of solutes, and a float level switch to monitor the height of the water level. Data from all sensors is processed by NodeMCU ESP8266 and sent to a web-based monitoring platform for real-time monitoring. If the parameters exceed the specified limits, the system automatically activates the pump, aerator, or filtration unit. The test results showed that the prototype was able to read parameters with a fast response and an adequate level of accuracy. Thus, this system can be concluded to be effective as a technological solution in supporting more efficient, controlled, and sustainable koi fish farming.

Keywords: Water Quality, Koi Fish, Sensor, ESP8266, Monitoring, IoT

I. PENDAHULUAN

Budidaya ikan koi merupakan kegiatan yang tidak hanya menyenangkan sebagai hobi, tetapi juga memiliki potensi ekonomi yang menjanjikan (Yanuhar, Musa, & Wuragil, 2019). Salah satu faktor krusial dalam keberhasilan budidaya ikan koi adalah kualitas air, yang mencakup aspek fisik dan kimia air (Pratama, Subroto, & Riansyah, 2022; Dhewantara, 2016). Sistem filtrasi juga berperan penting dalam menjaga kestabilan kualitas air agar ikan tidak mengalami stres, penyakit, atau kematian yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi (Sukarno et al., 2024).

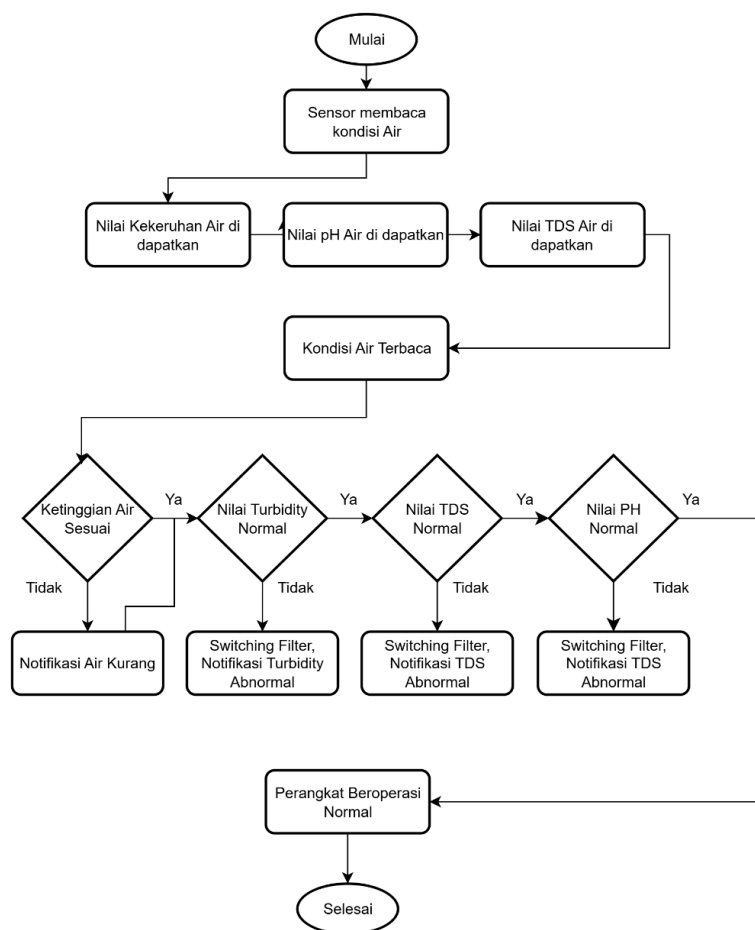
Penelitian dengan judul Sistem Monitoring dan Kontrol Kualitas Air pada Kolam Ikan Koi Berbasis *Internet of Things* (IoT), berupa pembuatan Sistem Pemantauan dan Pengendalian kualitas air kolam ikan koi berbasis IoT, yang hanya membahas fungsi pengumpulan data, analisis keputusan, pengiriman data ke cloud, dan pengoperasian aktuator (Bayu, Pratama, & Riansyah, 2022). Penelitian dengan judul Sistem Sirkulasi Air Kolam Otomatis Berdasarkan Nilai pH, Pengembangan perangkat yang berfungsi untuk mengontrol kualitas tingkat keasaman air pada kolam ikan dengan menggunakan jaringan sensor nirkabel. Yang paling krusial adalah Rangkaian Teknologi Sistem Akuakultur Recirculation (RAS) juga telah diterapkan, yaitu penggunaan

kembali air yang telah dipakai, dengan cara mengalirkan air secara terus-menerus melalui sebuah filter secara berulang (Hasibuan et al., 2023).

Pengawasan kualitas air secara manual memiliki keterbatasan dari segi kecepatan dan akurasi. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pemantauan dan pengaturan otomatis berbasis mikrokontroler dengan kemampuan deteksi *real-time* untuk menjaga kualitas air dan kesehatan ikan (Hasibuan et al., 2023; Bayu, Pratama, & Riansyah, 2022). Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan prototipe sistem pengaturan kualitas air otomatis untuk budidaya ikan koi, yang dirancang dengan mekanisme pergantian filter otomatis sebagai upaya pengendalian dan pemantauan pH serta kekeruhan air. Sistem menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 untuk pembacaan sensor dan tampilan data pada LCD, serta NodeMCU ESP8266 untuk mengirimkan notifikasi jarak jauh melalui aplikasi Telegram (Hasibuan et al., 2023).

II. METODE PENELITIAN

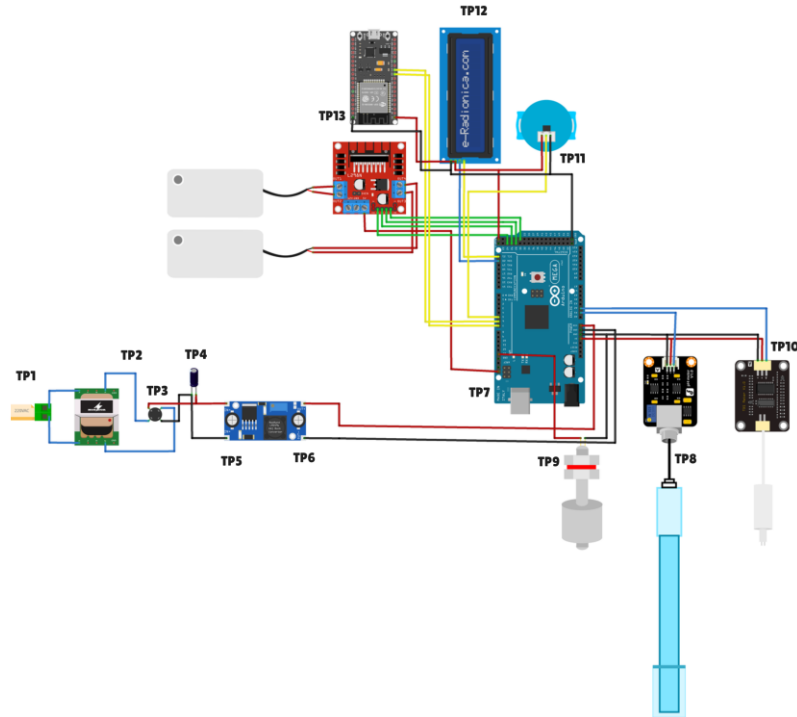
Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan rekayasa sistem yang terdiri dari tiga metode utama, yaitu metode literatur, metode konsultasi, dan metode laboratorium. Metode literatur dilakukan dengan menelaah berbagai jurnal dan artikel ilmiah yang berkaitan dengan sistem *Internet of Things* (IoT), mikrokontroler, serta penerapan sensor pH, TDS, *turbidity*, dan *float level switch* dalam sistem otomatisasi. Kajian pustaka ini mengacu pada beberapa penelitian tentang sistem monitoring dan kontrol kualitas air serta penerapan teknologi pada budidaya ikan koi (Pratama et al., 2022; Sulaksono & Suryo, 2021; Sukarno et al., 2024; Sa'adati et al., 2022). Metode laboratorium dilakukan melalui proses perancangan dan pengujian prototype, meliputi integrasi sensor pH, sensor TDS, sensor *turbidity*, dan sensor *float level switch* dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pengendali utama, serta NodeMCU ESP8266 sebagai modul komunikasi berbasis IoT (Rahardjo, 2022; Wijayanti, 2022; Koromari & David, 2023). Sistem dirancang agar dapat melakukan *switching filter* secara otomatis ketika parameter kualitas air berada di bawah atau di atas ambang batas, sebagaimana telah diterapkan dalam penelitian terkait sistem filtrasi dan monitoring air (Hasibuan et al., 2023; Wekyng et al., 2024).



Gambar 1. Flowchart Sistem

A. Perancangan Perangkat Elektronik Sistem

Perancangan Perangkat elektronik sistem keamanan pintu ini meliputi pembuatan skematik rangkaian dan tata letak komponen yang akan di rakit untuk mengetahui hubungan antar komponen yang digunakan. Apabila semua telah terpenuhi maka didapatkan hasil rancangan yang baik dan optimal. Adapun perancangan elektronik secara keseluruhan dari Prototipe Pengaturan Kualitas Air Untuk Budidaya Ikan Koi adalah sebagai berikut:



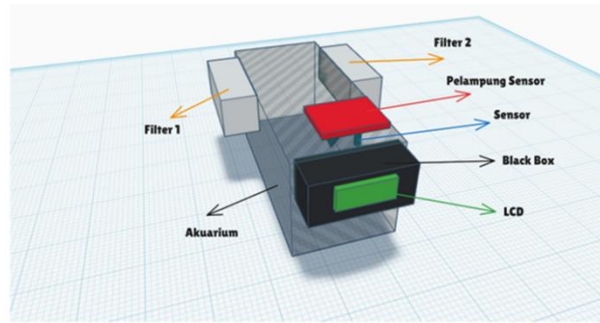
Gambar 2. Tata Letak Komponen Elektronik Keseluruhan

Keterangan:

- TP 1 : Titik pengukuran pada sumber Listrik yaitu PLN
- TP 2 : Titik pengukuran trafo, menghitung tegangan yang dikeluarkan oleh trafo jenis centre tap.
- TP 3 : Titik pengukuran tegangan setelah dari dioda pada catu daya.
- TP 4 : Titik pengukuran tegangan setelah dari kapasitor pada catu daya.
- TP 5 : Titik pengukuran pada tegangan *input* modul *stepdown*.
- TP 6 : Titik pengukuran tegangan *output* pada modul *stepdown*.
- TP 7 : Titik Pengukuran sebagai sumber tegangan mikrokontroler Arduino Mega
- TP 8 : Titik pengukuran tegangan *output* pada Sensor pH
- TP 9 : Titik pengukuran tegangan *output* pada Sensor Float Switch
- TP 10 : Titik pengukuran tegangan *output* pada Sensor TDS Meter
- TP 11 : Titik pengukuran tegangan *output* pada Sensor Turbidity
- TP 12 : Titik pengukuran tegangan *output* pada LCD I2C
- TP 13 : Titik pengukuran tegangan *output* pada NodeMCU ESP8266

B. Perancangan Perangkat Mekanik Sistem

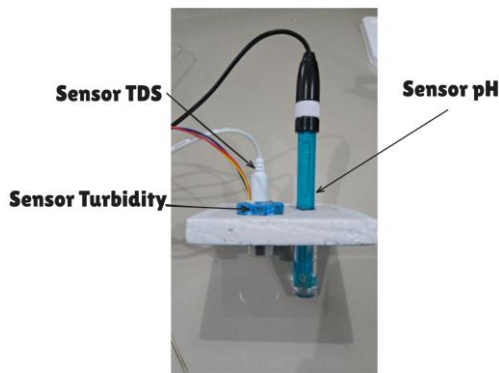
Perancangan perangkat mekanik sistem menunjukkan desain integrasi sistem monitoring dan pengendalian kualitas air pada akuarium budidaya ikan koi. Secara umum, rancangan ini terdiri dari bagian akuarium utama, sistem filtrasi, modul sensor, serta kotak kontrol (*black box*) yang terpasang di bagian depan.



Gambar 3. Tata Letak Rancang Mekanik Keseluruhan

C. Perancangan Komponen Sensor Sistem

Perancangan komponen sensor sistem memperlihatkan susunan dan integrasi beberapa sensor kualitas air yang digunakan dalam sistem monitoring akuarium ikan koi. Pada gambar terlihat tiga sensor utama yang dipasang pada satu dudukan berbahan ringan (*styrofoam*) agar dapat mengapung dan menjaga posisi sensor tetap stabil saat digunakan di dalam air.



Gambar 4. Komponen Sensor

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor pH

Uji fungsional pada sensor PH dilakukan untuk menguji kemampuan sensor dalam mendeteksi nilai pH Air dalam aquarium. Dalam skenarionya, sensor akan membaca nilai pH pada air dengan tujuan untuk menguji hasil pembacaan dalam kondisi air yang berbeda apakah akan mempengaruhi hasil akhir pembacaannya. Pada uji coba ini Air akan diuji sebanyak 15 kali dengan masing-masing pengujian akan menyesuaikan dengan tiga variable kondisi Air.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor pH

No	Tegangan (Volt)	Nilai pH	Kondisi Air
1	2,50	7,50	Air kondisi awal
2	2,49	7,53	
3	2,52	7,49	
4	2,51	7,52	
5	2,48	7,51	
6	2,47	7,30	
7	2,49	7,33	Air Keruh (sebelum difilter)
8	2,46	7,34	
9	2,50	7,31	
10	2,48	7,35	
11	2,83	7,88	Air Jernih (setelah difilter)
12	2,85	7,91	
13	2,84	7,90	
14	2,86	7,92	
15	2,82	7,89	

Berdasarkan hasil pengujian fungsional sensor pH sebanyak 15 kali pada tiga kondisi air berbeda, terlihat adanya variasi pembacaan tegangan dan nilai pH yang konsisten sesuai karakteristik masing-masing kondisi air. Pada pengujian air jernih (PDAM), nilai tegangan berkisar antara 2,48–2,52 V dengan nilai pH

antara 7,49–7,53. Variasi yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa sensor memiliki kestabilan yang baik dalam membaca kondisi air netral dengan tingkat kejernihan tinggi. Sementara itu, pada pengujian air keruh sebelum difilter, tegangan berada pada rentang 2,46–2,50 V dengan nilai pH antara 7,30–7,35. Perbedaan ini menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan mempengaruhi sedikit penurunan nilai pH yang terdeteksi oleh sensor, kemungkinan akibat adanya partikel atau kandungan zat terlarut yang mengubah komposisi kimia air.

Setelah proses filtrasi, kondisi air menjadi jernih kembali dan hasil pengujian menunjukkan nilai tegangan tertinggi di antara ketiga kondisi, yaitu 2,82–2,86 V dengan nilai pH berkisar 7,88–7,92. Kenaikan pH ini mengindikasikan bahwa proses filtrasi tidak hanya menghilangkan kekeruhan, tetapi juga dapat mempengaruhi sifat kimia air, misalnya dengan mengurangi kandungan asam terlarut sehingga air menjadi sedikit lebih basa. Secara keseluruhan, hasil ini membuktikan bahwa sensor pH mampu mendeteksi perubahan sifat air secara akurat pada kondisi yang berbeda. Selain itu, pola data yang konsisten dalam setiap kelompok uji membuktikan bahwa sensor memiliki reliabilitas yang baik untuk digunakan dalam sistem monitoring kualitas air.

B. Pengujian Sensor TDS

Uji fungsional pada sensor TDS dilakukan untuk menguji kemampuan sensor dalam mendeteksi nilai padatan terlarut dalam Air aquarium. Dalam skenarionya, sensor akan membaca nilai Padatan terlarut pada air dengan tujuan untuk menguji hasil pembacaan dalam kondisi air yang berbeda apakah akan mempengaruhi hasil akhir pembacaannya. Pada uji coba ini Air akan diuji sebanyak tiga kali dengan masing-masing pengujian akan menyesuaikan dengan tiga variable kondisi Air. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor TDS

No	Tegangan (Volt)	Kondisi Air	Nilai Kekeruhan (ppm)
1	0,17	Air Jernih (kondisi awal)	47
2	0,32	Air Keruh (sebelum difilter)	88
3	0,47	Air jernih (setelah difilter)	56

Hasil pengukuran dapat dilihat dapat dilihat untuk TDS mengalami perubahan saat kondisi pengukuran. Dari hasil pengukuran di table 3.2 dapat dilihat untuk TDS mengalami perubahan saat kondisi pengukuran berubah dari Air Kondisi Jernih (Kondisi awal), Air Keruh (sebelum difilter) dan Air Jernih (setelah difilter). Hasil pengukuran paling dominan terjadi saat sensor TDS diletakkan pada Air Keruh dengan pengukuran tegangan 0,32 V dan tingkat TDS sebesar 88 ppm. Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa sensor TDS bekerja dengan baik dalam mengukur keadaan air dan tidak ada komponen penyusunnya yang mengalami kerusakan.

C. Pengujian Sensor Turbidity

Uji fungsional pada sensor Turbidity dilakukan untuk menguji kemampuan sensor dalam mendeteksi nilai kekeruhan Air dalam aquarium. Dalam skenarionya, sensor akan membaca nilai kekeruhan pada air dengan tujuan untuk menguji hasil pembacaan dalam kondisi air yang berbeda apakah akan mempengaruhi hasil akhir pembacaannya. Pada uji coba ini Air akan diuji sebanyak 9 kali dengan masing-masing pengujian akan menyesuaikan dengan tiga variable kondisi Air.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Turbidity

No	Tegangan (Volt)	Nilai Kekeruhan (NTU)	Kondisi Air
1	0,00	0,12	Air Jernih (kondisi awal)
2	0,00	0,08	
3	0,00	0,00	
4	2,36	21,80	Air Keruh (sebelum difilter)
5	2,38	22,10	
6	2,40	22,50	
7	0,02	0,20	Air Jernih (setelah difilter)
8	0,03	0,10	
9	0,01	0,05	

Berdasarkan hasil uji fungsional sensor turbidity yang dilakukan sebanyak 9 kali pada tiga kondisi air berbeda, terlihat perbedaan yang sangat jelas antara nilai tegangan dan nilai turbidity yang dihasilkan pada setiap kondisi. Pada air jernih (kondisi awal), nilai tegangan berada stabil di 0,00 V dengan nilai turbidity yang sangat rendah, yaitu berkisar antara 0,00–0,12 NTU. Rentang ini menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi tingkat kejernihan tinggi dengan hasil yang konsisten, sehingga dapat diandalkan untuk kondisi air yang tidak mengandung partikel tersuspensi.

Sementara itu, pada pengujian air keruh sebelum difilter, nilai tegangan berada pada kisaran 2,36–2,40 V dengan nilai turbidity yang tinggi, yakni 21,80–22,50 NTU. Hasil ini menunjukkan sensitivitas sensor yang baik terhadap perubahan tingkat kekeruhan, di mana semakin tinggi kekeruhan maka semakin besar nilai tegangannya. Tingginya nilai turbidity pada kondisi ini menandakan adanya partikel atau kotoran dalam jumlah signifikan yang menghalangi transmisi cahaya di dalam air.

D. Pengujian Sensor *Float Level Switch*

Uji fungsional pada sensor *Float Switch* dilakukan dengan menguji fungsi sensor yaitu dilakukan dengan cara menempatkan objek secara langsung di dalam wadah penyimpanan air. Sensor tersebut akan mendeteksi tingkat naik dan turun volume air di dalam wadah penyimpanan yang akan mempengaruhi perintah ke mikrokontroler. Pada pengujian, akan dicoba sebanyak 10 kali uji coba dengan total dua buah kondisi yaitu 5 pengujian di kondisi air penuh dan 5 pengujian di kondisi air habis.

Tabel 4. Perbandingan Uji Sensor Float Switch

No	Kondisi Air	Tegangan (Volt)	Hasil
1	Air Penuh	5	Float switch: Naik Notifikasi level air: Penuh
2		5	
3		4.9	
4		5	
5		5	
6	Air Kurang	0	Float switch: Turun Notifikasi level air: Kurang
7		0	
8		0	
9		0	
10		0	

Hasil pengujian yang telah dilakukan di Tabel 4 dapat dilihat bahwa sensor float switch dapat merespon dengan baik saat kondisi air habis maupun penuh. Saat kondisi air habis maka sensor float switch akan turun sehingga tegangan akan berubah menjadi 0 dan mikrokontroler akan memunculkan notifikasi level air kurang ke pengguna. Jika air tidak habis maka sensor float switch tidak akan turun dan bernilai tegangan dan mikrokontroler memunculkan notifikasi level air penuh ke pengguna.

Mengacu pada volume air ini, akuarium yang digunakan yaitu memiliki dimensi Panjang 50cm, Lebar 25cm dan Tinggi 30cm. Sehingga secara perhitungan kolam akuarium ini dapat menampung sebanyak 37.5 Liter air. Jenis ikan yang dapat dimasukkan ke dalam kolam akuarium ini adalah anakan ikan koi dengan Panjang ikan yaitu 2.5cm dan tiap anakan ikan umumnya diberikan 1 liter air agar kondisi lingkungannya tercukupi. Berdasarkan data di atas, dapat diketahui bahwa jumlah anakan ikan serta jumlah airnya adalah sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Ikan} = 37.5 \text{ Liter} \times \frac{1 \text{ Ikan}}{1 \text{ Liter}} = 37.5 \text{ Ekor} \approx 37 \text{ Ekor}$$

Dengan total airnya adalah 37 Liter.

E. Pengujian Fungsional Perangkat

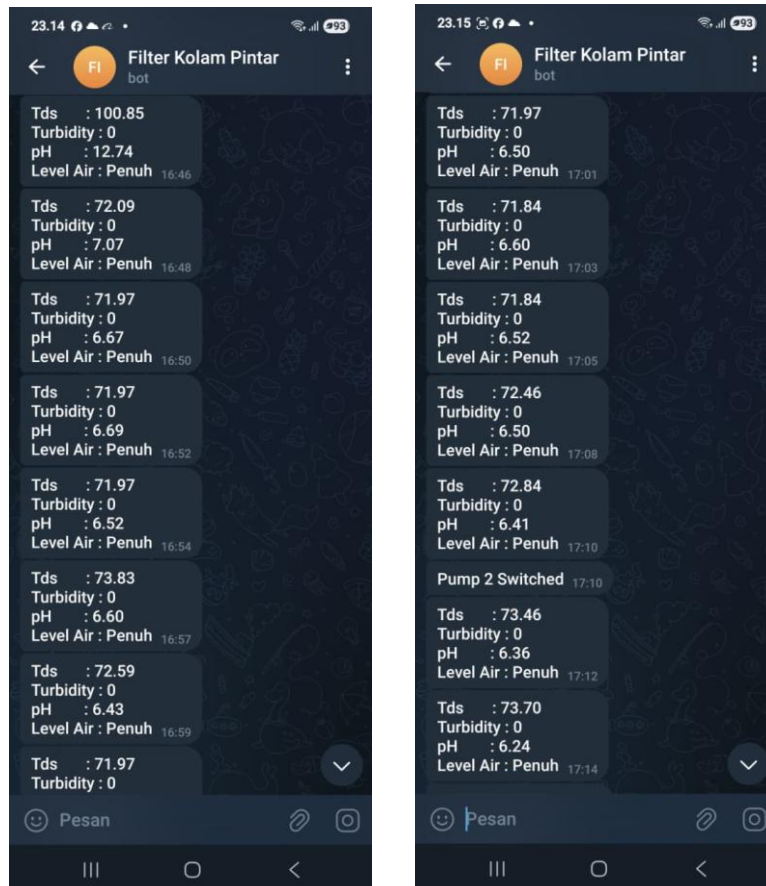
Pengujian secara keseluruhan yaitu dengan menguji langsung pembacaan perangkat terhadap kondisi di lapangan. Skenario yang kan dipakai adalah air PDAM yang dijadikan sumber air utama akan diberikan sisa pakan dan kotoran. Penambahan sisa pakan dan kotoran ini akan mempengaruhi nilai dari TDS meter yang menandakan adanya peningkatan nilai mineral di dalam air terlarut. Pada uji cobanya akan dimulai dengan membandingkan hasil uji coba pembacaan antara alat konvensional yaitu TDS meter dan dibandingkan dengan hasil dari pembacaan sensor TDS Meter yang digunakan pada alat yang telah dibuat. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Pengujian Fungsional Perangkat

No	Alat Ukur (TDS Meter)	Nilai Kekeruhan (ppm)	Tegangan (Volt)	Kesalahan (%)	Kondisi Air
1	56	54.99	0.20	1.8	Kondisi awal
2	56	55.73	0.20	0.5	
3	56	55.73	0.20	0.5	
4	164	167.69	0.60	2.3	Sebelum difilter
5	164	164.47	0.60	0.3	
6	164	164.47	0.60	0.3	Setelah difilter
7	142	132.20	0.48	5.3	

8	142	131.46	0.48	5.5
9	142	131.96	0.48	5.0
10	142	132.08	0.48	5.1

Dari keseluruhan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa sensor TDS memiliki akurasi yang baik secara umum, dengan kecenderungan memberikan hasil yang sangat dekat dengan alat ukur acuan pada kisaran rendah dan tinggi, namun sedikit lebih tinggi pada kisaran menengah. Perbedaan pembacaan yang ditemukan masih berada pada batas yang dapat diterima untuk keperluan pemantauan kualitas air sehari-hari, khususnya untuk aplikasi yang tidak memerlukan tingkat presisi setara laboratorium. Dengan hasil ini, sensor TDS layak digunakan sebagai bagian dari sistem monitoring kualitas air karena mampu memberikan data yang cukup akurat dan konsisten dalam berbagai kondisi pengujian.



Gambar 5. Notifikasi Telegram

Pengujian untuk fungsi notifikasi dengan aplikasi Telegram. Fungsi ini akan mengirimkan notifikasi ke pengguna menggunakan aplikasi telegram dalam bentuk chat menggunakan bot telegram. Berikut merupakan hasil pesan yang dikirim oleh bot ke akun telegram pengguna. Aplikasi telegram dipilih karena merupakan salah satu media sosial yang memungkinkan untuk pengguna buka di ponsel ataupun di komputer. Faktor fleksibilitas dan gratis juga menjadi alasan kenapa aplikais ini dipilih untuk menjadi media penghubung antara pengguna dengan sistem menggunakan koneksi internet.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa perangkat monitoring kualitas air akuarium telah berhasil dikembangkan dengan memanfaatkan Arduino Mega2560 sebagai mikrokontroler utama dan NodeMCU ESP8266 sebagai pendukung komunikasi data. Sistem mampu membaca tiga parameter utama kualitas air, yaitu nilai pH, tingkat kekeruhan, dan kadar PPM, serta menampilkan hasil pengukuran tersebut secara langsung pada layar LCD. Perangkat juga dapat menganalisis kondisi air berdasarkan ambang batas yang ditentukan dan secara otomatis memicu respons tertentu, seperti pengiriman notifikasi dan pengaktifan sistem switching pompa. Selain itu, integrasi dengan aplikasi Telegram memungkinkan pengguna menerima informasi nilai parameter dan kondisi air secara real-time. Dengan demikian, sistem yang dirancang

telah berfungsi dengan baik dan efektif dalam mendukung proses monitoring serta pengendalian kualitas air akuarium secara otomatis dan terintegrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Delwizar, M. A., Arsenly, A., Irawan, H., Jodiansyah, M., & Utomo, R. M. (2021). Perancangan Prototipe Sistem Monitoring Kejernihan Air dengan Sensor Turbidity pada Tandon Berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Elektro*, 12(3), 106–112. <https://doi.org/10.22441/jte.2021.v12i3.002>
- Faridah, L., Oktavianto, T., Alfritri, N., Suprpto, Y., Sabur, F., Yefriadi, D., Kurniadi, D., Nur, M., Zaef, R. S., Lestari, D., Susanti, R., & Apriyanto, A. (2025). *Dasar elektronika*. Padang Pariaman: Lingkar Edukasi Indonesia. ISBN 978-634-7252-49-4
- Hasibuan, S., Aryani, N., Darfia, N. E., Mainil, R. I., Irfansyah, M., Muliadi, I., Sari, T. N., Launa, A., Thulwhusqo, M., Sibatuara, Y. M. C., Arisda, A. M. P., Putri, N. A., GharDini, A., & Ramadhan, R. (2023). Aplikasi mesin pompa dan filter dalam mengatasi masalah kualitas air kolam ikan patin di Kelurahan Rumbai Bukit. *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services*, 7(2), 61–69. <https://doi.org/10.20961/prima.v7i1.73536>
- Koromari, B. I., & David, F. (2023). Perancangan dan Implementasi Sistem Pakan Otomatis dan Monitoring TDS pada Akuarium Ikan Hias Berbasis IoT. *IT-Explore: Jurnal Penerapan Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 2(2), 154–164. <https://doi.org/10.24246/itexplore.v2i2.2023.pp154-164>
- Mulyana, F., & Ismanto. (2022). *Dasar-dasar teknik elektronika untuk kelas X* (1st ed.). Jakarta: Pusat Perbukuan & Direktorat Sekolah Menengah Kejuruan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Murhandini, I. K., Hidayat, J. W., & Muhammad, F. (2022). Struktur Komunitas Ikan di Pantai Karang Jahe Rembang. *Bioma*, 24(1), 80–89. <https://doi.org/10.14710/bioma.24.1.80-89>
- Nazran, N., Ulfauza, Hamdani, H., Harminto, H., Nazar, F., Mareta, Z., & Syofriani. (2024). Pelatihan Pembesaran Ikan Koi (*Cyprinus Carpio*) dengan Sistem Resirkulasi pada Kolam Terpal di Nagari Guguak Kuranji Hilir Desa Inovasi dalam Upaya Program Smart Fisheries Village. *Jurnal Pemberdayaan Sosial dan Teknologi Masyarakat*, 4(2), 177–185. <https://doi.org/10.54314/jpstm.v4i2.2270>
- Paramytha, N., Arifah, S., Syaputra, N., & Oktapiana, S. (2025). Rancang Bangun Alat Pembuatan Kompos Menggunakan Ampas Kopi dan Teh. *Jurnal Elkolind*, 12(3). <https://doi.org/10.33795/elkolind.v12i3/8850>
- Pratama, A. B., Subroto, I. M. I., & Riansyah, A. (2022). Sistem Monitoring dan Kontrol Kualitas Air Pada Kolam Ikan Koi Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Transistor Elektro dan Informatika (TRANSISTOR EI)*, 4(3), 171–180. <https://dx.doi.org/10.30659/ei.4.3.171-180>
- Rahardjo, P. (2022). Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pada Tanaman Mangga Harum Manis Buleleng Bali. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 21(1), 31 - 34. <https://doi.org/10.24843/MITE.2022.v21i01.P05>
- Sa'adati, F. T., & Andayani, S. (2022). Analisis Kesehatan Ikan Berdasarkan Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Koi (*Cyprinus Sp.*) Sistem Resirkulasi. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 6(3), 20–26. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2022.006.03.4>
- Sukarno, R., Ramadhan, M. F., Andriansyah, F., Adigutama, Y., Syamsuir, & Sampurno, H. (2024). Sistem Resirkulasi Air Otomatis untuk Penghematan Air Bersih dan Energi pada Budidaya Ikan Nila. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 9(1), 43–52. <https://doi.org/10.21009/JKEM.9.1.5>
- Sulaksono, D. H., & Suryo, A. M. (2021). Sistem Monitoring dan Kontrol Otomatis Untuk Budi Daya Ikan Koi Dengan Parameter Suhu dan pH Berbasis Internet of Things (IoT). In *Prosiding Seminar Nasional*

Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika (SNESTIK I). Surabaya. 91-96.
<https://doi.org/10.31284/p.snestik.2021.1750>

Wekyng, F. X. L., Dahoklory, N., & Salosso, Y. (2024). Efisiensi Penggunaan Filter Ijuk, Bioball, dan Arang Terhadap Kualitas Air Media Pemeliharaan Ikan Patin (*Pangasianodon Hypothalmus*) Sistem Resirkulasi. *JVIP*, 4(2), 230–239. <https://doi.org/10.35726/jvip.v4i2.7201>

Wijayanti, M. (2022). Prototype Smart Home dengan NodeMCU ESP8266 Berbasis IoT. *Jurnal Ilmiah Teknik*, 1(2), 101–107. <https://doi.org/10.56127/juit.v1i2.169>

Yanuhar, U., Musa, M., & Wuragil, D. K. (2019). Pelatihan Dan Pendampingan Manajemen Kualitas Air Dan Kesehatan Pada Budidaya Ikan Koi (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Karinov*, 2(1), 69–74. <https://dx.doi.org/10.17977/um045v2i1p69-74>