



Tersedia secara online pada

<https://jurnalpradah.blitarkab.go.id/>


Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Pembesaran Ikan Koi di Kabupaten Blitar Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Moh. Mustain¹

Sekretariat Daerah, Kabupaten Blitar, Indonesia¹
 mustain2378@gmail.com

Abstract

Water quality plays a crucial role in the grow-out process of koi fish. However, water quality monitoring is still largely conducted manually, which may lead to delays in problem handling and increase the risk of fish mortality. This study aims to design and develop a prototype of an Internet of Things (IoT)-based water quality monitoring system capable of monitoring temperature, pH, and Total Dissolved Solids (TDS) in real time. The research employed a Research and Development (R&D) approach consisting of design, validation, testing, and product revision stages. The system utilizes an ESP32 microcontroller, a DS18B20 temperature sensor, a DFRobot pH sensor, and a DFRobot TDS sensor, with the Blynk application used as the monitoring platform. The testing results indicate that all sensors functioned properly, achieving an average accuracy of approximately 92.34% and an average error rate of about 7.66%. Temperature, pH, and TDS data were successfully transmitted to the Blynk platform in real time and could be accessed via smartphone. The system also provided alerts when parameter values exceeded predefined thresholds. Based on validation results, the system obtained an average feasibility score of 92% from experts and 92% from users, indicating that the prototype falls into the "very valid" category. In conclusion, the prototype is capable of automatically monitoring water quality in koi grow-out ponds. Further development is recommended by incorporating dissolved oxygen sensors and automated pump control to achieve more optimal water quality management.

Keywords: Internet of Things; water quality; koi fish farming; ESP32; Blynk

Abstrak

Kualitas air yang baik sangat penting dalam proses pembesaran ikan koi. Namun, pemantauan kualitas air masih banyak dilakukan secara manual, yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam penanganan masalah dan meningkatkan risiko kematian ikan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe sistem monitoring kualitas air berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau suhu, pH, dan *Total Dissolved Solids* (TDS) secara *real-time*. Metode penelitian menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan tahapan desain, validasi, pengujian, dan revisi produk. Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler ESP32, sensor DS18B20 untuk suhu, sensor pH DFRobot, dan sensor TDS DFRobot, serta aplikasi *Blynk* untuk menampilkan data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua sensor bekerja secara

INFORMASI ARTIKEL

Mustain, M. (2025). Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Pembesaran Ikan Koi di Kabupaten Blitar Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Perspektif Pembangunan Daerah*, 02 (02), 48-57.

<https://doi.org/10.66151/jurnalpradah.v2i2.17>

© The Author(s)

JURNAL PERSPEKTIF PEMBANGUNAN DAERAH

Dipublikasikan oleh Badan Perencanaan Pembangunan Daerah, Penelitian dan Pengembangan, Pemerintah Kabupaten Blitar, Indonesia

Alamat: Jalan Semeru No. 40, Kota Blitar – Provinsi Jawa Timur 66117

Telepon: (0342) 808165

E-mail: jurnalpradah@blitarkab.go.id

normal dengan akurasi rata-rata sekitar 92,34% dan tingkat kesalahan (*error*) rata-rata sekitar 7,66%. Data suhu, pH, dan TDS berhasil dikirim ke *platform Blynk* secara *real-time* dan dapat diakses melalui *smartphone*. Sistem juga memberikan peringatan apabila parameter melebihi ambang batas. Berdasarkan hasil validasi, sistem memperoleh nilai rata-rata sebesar 92% dari ahli dan 92% dari pengguna, yang menunjukkan bahwa prototipe ini berada pada kategori sangat valid. Kesimpulannya, prototipe ini mampu memantau kualitas air kolam pembesaran ikan koi secara otomatis. Peneliti menyarankan pengembangan lebih lanjut dengan penambahan sensor oksigen dan kontrol otomatis pompa air untuk manajemen kualitas air yang lebih optimal.

Kata Kunci: *Internet of Things*; kualitas air; pembesaran ikan koi; ESP32; Blynk

PENDAHULUAN

Ikan koi (*Cyprinus carpio*) merupakan ikan hias air tawar yang banyak diminati, baik di pasar lokal maupun mancanegara, karena keindahan warna dan bentuk tubuhnya serta nilai ekonominya yang tinggi. Keberhasilan budidaya ikan koi dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal meliputi jenis ikan, sifat genetik, kemampuan menyerap nutrisi, dan daya tahan terhadap penyakit (Kifly, 2020). Sementara itu, faktor eksternal mencakup kualitas air, ketersediaan pakan yang seimbang, serta kepadatan tebar ikan di kolam.

Kualitas air menjadi aspek yang sangat vital dalam budidaya ikan koi (Kamil, 2024). Parameter penting yang perlu diawasi antara lain kadar amonia, pH, suhu, oksigen terlarut, dan tingkat alkalinitas. Amonia harus dijaga agar tidak melebihi ambang batas karena bersifat toksik. Kekeuhan akibat akumulasi bahan organik juga perlu dikendalikan karena dapat menghambat respirasi ikan. Selain itu, kadar oksigen, suhu, dan pH harus berada pada rentang optimal agar metabolisme dan fisiologi ikan koi berjalan normal. Dengan menjaga keseimbangan seluruh parameter tersebut, lingkungan kolam akan tetap mendukung pertumbuhan dan kesehatan ikan koi secara maksimal.

Namun, dalam praktiknya masih banyak pembudidaya ikan koi yang melakukan pemantauan parameter kualitas air secara manual. Hal ini terlihat di salah satu lokasi budidaya ikan koi di Kecamatan Wonodadi, di mana pemantauan suhu dan pH air kolam hanya dilakukan apabila muncul gejala abnormal pada ikan, seperti perubahan perilaku atau bahkan kematian. Ketidakteraturan dalam pemantauan ini dapat menyebabkan keterlambatan dalam penanganan kondisi air yang memburuk, sehingga menimbulkan kerugian bagi pembudidaya.

Terkait dengan hal tersebut, sejumlah penelitian telah dilakukan guna mengembangkan sistem pemantauan kualitas air berbasis teknologi yang lebih efisien dan akurat. Salah satu penelitian dilakukan oleh Rahmalia Syahputri dan tim pada tahun 2021 dengan judul "Sistem Monitoring Kekeuhan dan Ketinggian Air pada Budidaya Ikan dalam Ember (Budikdamber) Berbasis *Internet of Things*". Dalam penelitian tersebut, dikembangkan sistem pemantauan kualitas air secara *real-time* yang menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama. Sistem ini dilengkapi dengan sensor ketinggian air dan sensor kekeuhan untuk mendeteksi kondisi air dalam ember budidaya. Data yang diperoleh secara langsung ditampilkan untuk memudahkan pembudidaya dalam mengambil keputusan (Syahputri, 2021).

Penelitian lain dilakukan oleh Simon Schmidtke dan tim pada tahun 2022 berjudul "*Open-source Internet of Things Remote Aquatic Environmental Sensing*". Dalam studi ini, peneliti membangun sistem pemantauan lingkungan perairan yang bersifat *open-source* dan dapat digunakan secara jarak jauh. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega 2560, yang diintegrasikan dengan sensor suhu, sensor cahaya lux dari *Adafruit*, dan sensor kekeuhan. Sistem ini menggunakan modul komunikasi GSM *TinySine* 3G untuk mengirimkan data ke server, yang kemudian ditampilkan melalui *dashboard IoT ThingsBoard* sehingga dapat diakses secara daring (Schmidtke, 2022).

Selanjutnya, penelitian oleh Tugiyono dan rekan-rekannya pada tahun 2022 mengangkat topik "Nilai *Nutrition Value Coefficient* (NVC) Ikan sebagai Indikator Biologi Tingkat Pencemaran Sungai Way Umpu Kecamatan Way Kanan Provinsi Lampung". Penelitian ini berfokus pada hubungan antara kekeuhan air dengan nilai kerapatan ikan (NVC) sebagai indikator kualitas lingkungan perairan. Hasil analisis menunjukkan adanya korelasi yang sangat kuat antara tingginya tingkat kekeuhan air dengan menurunnya nilai NVC, yang menandakan bahwa perairan yang terlalu keruh dapat mengganggu pernapasan ikan melalui insang, karena partikel-partikel tersuspensi dapat menyumbat proses respirasi (Tugiyono, 2022).

Pada tahun 2023, M. Lutfi Mustofa mengembangkan sistem pengontrolan otomatis terhadap aliran air sungai yang masuk ke kolam pembesaran ikan koi, yang berbasis sensor pH dan mikrokontroler Arduino Uno. Sistem ini secara otomatis memantau kadar pH air dan mengatur pengaliran air sungai untuk menjaga stabilitas pH dalam kolam, sehingga dapat menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan ikan koi secara optimal (Mustofa, 2023).

Penelitian terbaru dilakukan oleh Saxena dan tim pada tahun 2024 dengan judul "*IoT Based Waterproof System for Water Quality and Level Monitoring*". Penelitian ini memperkenalkan sistem berbasis *Internet of Things (IoT)* yang tahan air, dirancang untuk memantau berbagai parameter kualitas air seperti pH, kekeruhan, dan tinggi permukaan air secara *real-time*. Sistem ini mampu mengirimkan data langsung ke unit pemantauan pusat, yang memungkinkan evaluasi kondisi air secara cepat dan pengambilan tindakan secara tepat waktu apabila nilai parameter melebihi ambang batas (Saxena, 2024).

Dari keseluruhan studi yang telah dikaji, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi berbasis IoT dalam sistem pemantauan kualitas air menawarkan solusi yang lebih efektif, efisien, dan *real-time*. Sistem ini mampu memberikan data yang akurat dan terkini mengenai kondisi air kolam, sehingga memungkinkan pembudidaya untuk merespons perubahan lingkungan dengan cepat dan tepat, serta mengurangi risiko kematian ikan akibat penurunan kualitas air yang tidak terdeteksi secara dini.

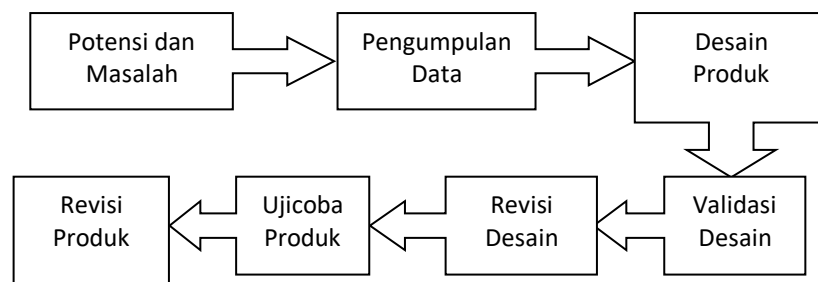
Meskipun berbagai penelitian telah mengembangkan sistem monitoring kualitas air berbasis *Internet of Things (IoT)*, sebagian besar masih berfokus pada skala laboratorium atau budidaya ikan konsumsi, serta belum secara spesifik mengkaji kebutuhan teknis dan operasional pembesaran ikan koi yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap fluktuasi parameter air. Selain itu, penerapan sistem monitoring berbasis IoT pada pembudidaya skala lokal di Kabupaten Blitar masih terbatas dan belum terdokumentasi secara ilmiah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe sistem monitoring kualitas air berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mampu memantau suhu, pH, dan *Total Dissolved Solids (TDS)* secara *real-time*. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan sistem monitoring yang dirancang sesuai dengan karakteristik budidaya koi skala lokal, menggunakan perangkat berbiaya relatif rendah, serta terintegrasi dengan platform monitoring jarak jauh yang mudah diakses oleh pembudidaya melalui perangkat seluler.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Research and Development (R&D)*, yaitu pendekatan yang bertujuan untuk menghasilkan suatu produk dan sekaligus mengevaluasi sejauh mana produk tersebut efektif digunakan dalam masyarakat. Metode ini mencakup proses analisis kebutuhan sebagai dasar pengembangan produk, dan dilanjutkan dengan serangkaian uji coba untuk memastikan kinerja dan manfaat produk yang dihasilkan. Menurut Sugiyono (Sugiyono, 2013), metode R&D tidak hanya fokus pada penciptaan produk, tetapi juga pada validasi dan pengujian efektivitas produk tersebut di lapangan.

Dalam konteks penelitian ini, metode R&D dipilih karena peneliti akan merancang dan mengembangkan sebuah sistem monitoring kualitas air untuk kolam pembesaran ikan koi yang berbasis *Internet of Things (IoT)*. Pengembangan sistem dilakukan dengan merujuk pada hasil kajian dari penelitian-penelitian sebelumnya, yang kemudian disesuaikan dan dikembangkan agar lebih relevan dengan kebutuhan di lapangan.



Gambar 1 Tahapan penggunaan metode R&D

Sumber: Sugiyono (2013)

Tahapan penelitian yang diterapkan merujuk pada model *R&D* yang dikemukakan oleh Sugiyono (2013), namun telah disesuaikan agar selaras dengan tujuan penelitian ini. Secara umum, terdapat tujuh tahapan utama yang akan dilakukan dalam proses penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Identifikasi potensi dan permasalahan
Langkah awal dimulai dengan mengidentifikasi persoalan di lapangan, di mana proses pengecekan kualitas air kolam ikan koi masih dilakukan secara manual dan hanya dilakukan ketika sudah ada ikan yang menunjukkan gejala sakit atau mati. Selain itu, pengecekan yang dilakukan pun terbatas hanya pada suhu air. Kondisi ini menimbulkan risiko meningkatnya angka kematian ikan akibat keterlambatan deteksi kondisi air yang tidak ideal.
2. Pengumpulan data
Tahap ini bertujuan untuk menghimpun data yang dibutuhkan dalam proses pengembangan sistem. Data diperoleh melalui observasi langsung ke lokasi budidaya serta wawancara dengan pembudidaya ikan koi, guna mengetahui kebutuhan nyata di lapangan. Selain itu, studi pustaka dan literatur dari penelitian terdahulu juga dilakukan untuk mendukung desain dan konsep sistem yang akan dibangun.
3. Desain produk
Setelah informasi terkumpul, peneliti mulai membuat rancangan awal produk. Desain produk ini meliputi gambaran umum sistem monitoring yang akan dikembangkan, termasuk pemilihan sensor, mikrokontroler, dan sistem komunikasi data. Tujuannya adalah untuk memberikan panduan yang jelas dalam proses implementasi dan pengujian sistem secara bertahap.
4. Validasi desain
Setelah rancangan awal selesai, langkah berikutnya adalah melakukan validasi desain kepada ahli atau praktisi di bidang elektronika atau *Internet of Things (IoT)* yaitu Bapak Rizki Dwi Romadhona, S.ST., M.Tr.T. Tujuan validasi ini adalah memastikan bahwa desain yang dibuat telah sesuai dengan kebutuhan teknis dan fungsional di lapangan. Saran dan masukan dari ahli akan menjadi dasar dalam tahap revisi.
5. Revisi desain
Berdasarkan hasil validasi, dilakukan perbaikan dan penyempurnaan terhadap desain awal produk. Misalnya, jika ditemukan bahwa sensor tertentu kurang akurat atau sistem komunikasi tidak stabil, maka akan diganti atau disesuaikan dengan komponen lain yang lebih sesuai.
6. Uji coba produk
Setelah desain diperbarui, produk kemudian dirakit dan diuji coba dalam lingkungan nyata, yaitu pada kolam budidaya ikan koi. Uji coba ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem mampu bekerja sesuai harapan, seperti membaca data suhu dan pH secara *real-time*, mengirimkan data ke *platform* IoT, serta memberikan peringatan jika parameter melewati ambang batas.
7. Revisi produk
Tahapan terakhir adalah mengevaluasi hasil uji coba dan melakukan perbaikan produk berdasarkan temuan di lapangan. Revisi ini bisa mencakup perbaikan perangkat keras (misalnya penggantian sensor atau komponen), perangkat lunak (penyesuaian algoritma), atau antarmuka pengguna agar lebih mudah dipahami dan digunakan oleh pembudidaya.

Dengan melalui ketujuh tahapan tersebut, diharapkan produk sistem monitoring kualitas air yang dikembangkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi budidaya ikan koi secara berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

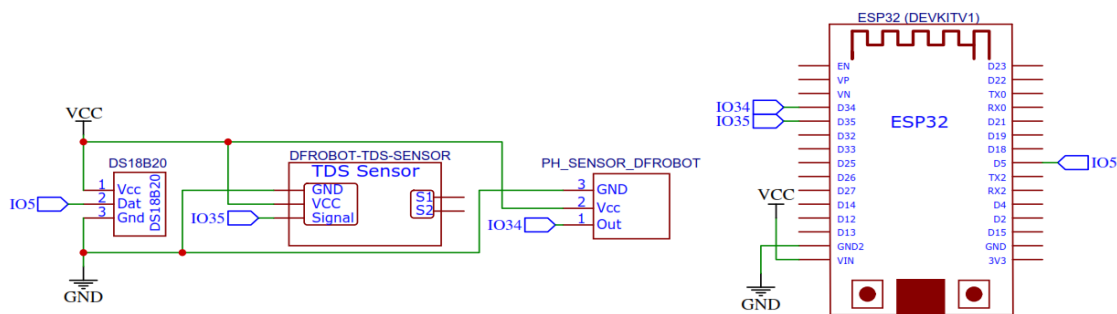
Pada bagian ini disajikan hasil dari proses perancangan dan implementasi sistem monitoring kualitas air berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dikembangkan untuk mendukung budidaya ikan koi. Hasil yang ditampilkan mencakup proses perancangan sistem, desain alat, validasi dari para ahli, serta uji coba oleh pengguna akhir. Setiap tahap dianalisis untuk menilai kesesuaian antara rancangan dengan kebutuhan lapangan, serta untuk memastikan sistem dapat berfungsi secara efektif dan efisien. Seluruh temuan ini menjadi dasar dalam menilai keberhasilan pengembangan produk serta potensi pada budidaya Ikan Koi.

A. Hasil Perancangan Sistem Monitoring

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem pemantauan kualitas air berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dirancang untuk mendukung kegiatan budidaya ikan koi. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali dan mengintegrasikan tiga jenis sensor utama, yaitu:

1. Sensor Suhu Air (DS18B20)
Digunakan untuk membaca suhu air kolam secara akurat dengan resolusi tinggi. Sensor ini mampu mendeteksi fluktuasi suhu yang sangat kecil sehingga cocok untuk kebutuhan monitoring kolam ikan.
2. Sensor pH Air (PH DFRobot SEN0161)
Berfungsi untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air. Informasi ini penting untuk menjaga kestabilan kualitas air agar sesuai dengan kebutuhan hidup ikan koi.
3. Sensor Kekeruhan Air (TDS DFRobot SEN0244)
Digunakan untuk mendeteksi kadar partikel tersuspensi dalam air yang menyebabkan air menjadi keruh. Nilai kekeruhan dinyatakan dalam satuan PPM (*Part Per Millions*).

Sistem ini juga dilengkapi dengan modul WiFi ESP32 yang memungkinkan pengiriman data ke *platform Blynk* secara *real-time*. Data yang dikumpulkan dari sensor ditampilkan secara lokal melalui LCD 16x2, dan secara jarak jauh melalui aplikasi *Blynk* pada *smartphone*.



Gambar 2 Desain Skematik Sistem Monitoring Kualitas Air

Sumber : Dikembangkan oleh penulis (2025)

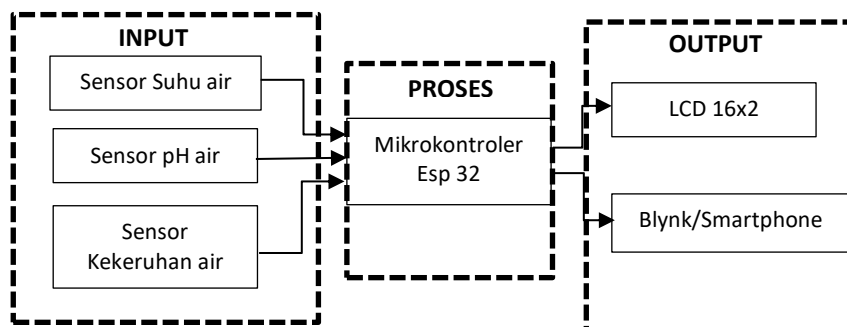
Desain skematik sistem monitoring kualitas air yang ditunjukkan pada Gambar 2 menggambarkan hubungan antar komponen utama dalam sistem, mulai dari mikrokontroler hingga sensor-sensor yang digunakan. Untuk memperjelas hubungan tersebut, Tabel 1 disajikan sebagai skema koneksi sensor, yang memuat detail pin koneksi antara masing-masing sensor dengan mikrokontroler ESP32. Hal ini bertujuan untuk memberikan gambaran teknis mengenai konfigurasi perangkat keras yang digunakan dalam perancangan sistem.

Tabel 1 Skema Koneksi Sensor

Komponen	Pin ESP32	Keterangan
Sensor DS18B20	GPIO 5	Menggunakan resistor <i>pull-up</i> 4.7k Ohm antara pin data dan VCC
Sensor pH	GPIO 34 (ADC)	Output analog dibaca oleh pin ADC ESP32
Sensor TDS	GPIO 35 (ADC)	Output analog dibaca oleh pin ADC ESP32

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

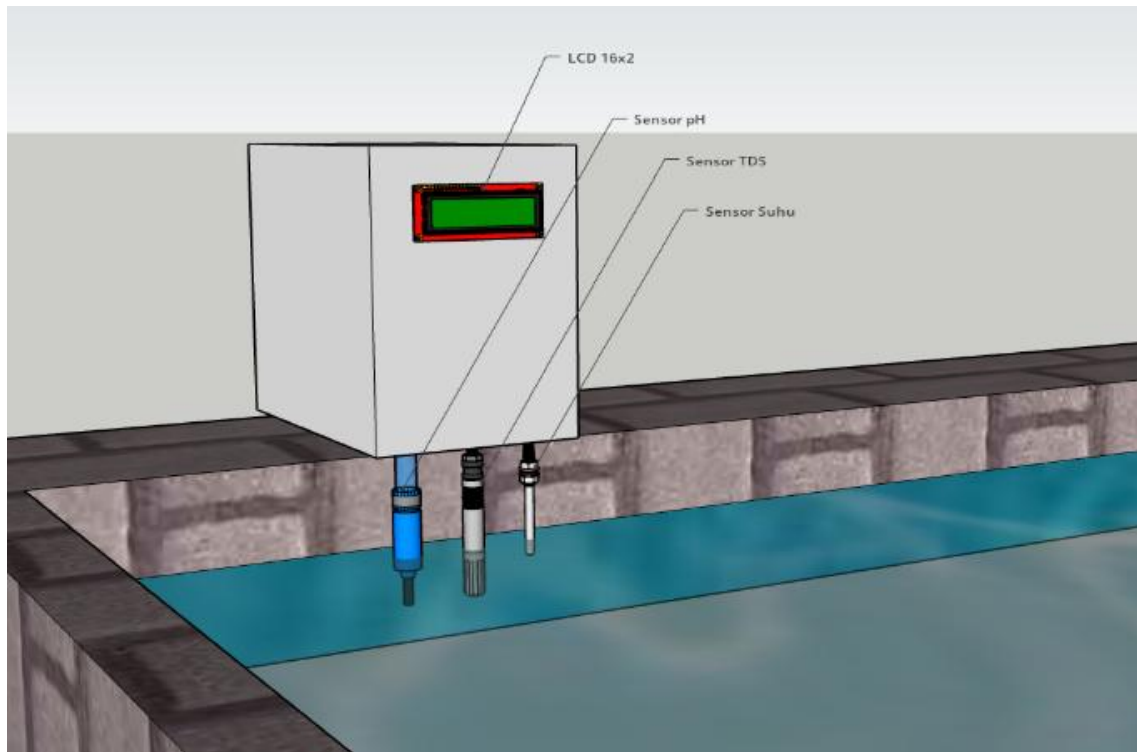
Setelah mengetahui konfigurasi koneksi antara sensor dan mikrokontroler melalui Tabel 1, langkah selanjutnya adalah menyusun perangkat keras dalam bentuk desain alat secara fisik. Desain ini bertujuan untuk menempatkan seluruh komponen secara terstruktur dan ergonomis agar alat dapat digunakan dengan optimal di lingkungan budidaya ikan koi. Visualisasi desain alat disajikan pada Gambar 4.



Gambar 3 Blok Diagram Sistem

Sumber: Dikembangkan oleh penulis (2025)

Dalam diagram blok sistem, bagian input mencakup sensor-sensor yang mengukur suhu, pH, dan kekeruhan. Data dari sensor diolah oleh ESP32 lalu dikirim ke *platform* IoT. Hasilnya dapat dilihat baik pada LCD secara langsung maupun di dashboard aplikasi *Blynk* dalam bentuk indikator atau grafik.

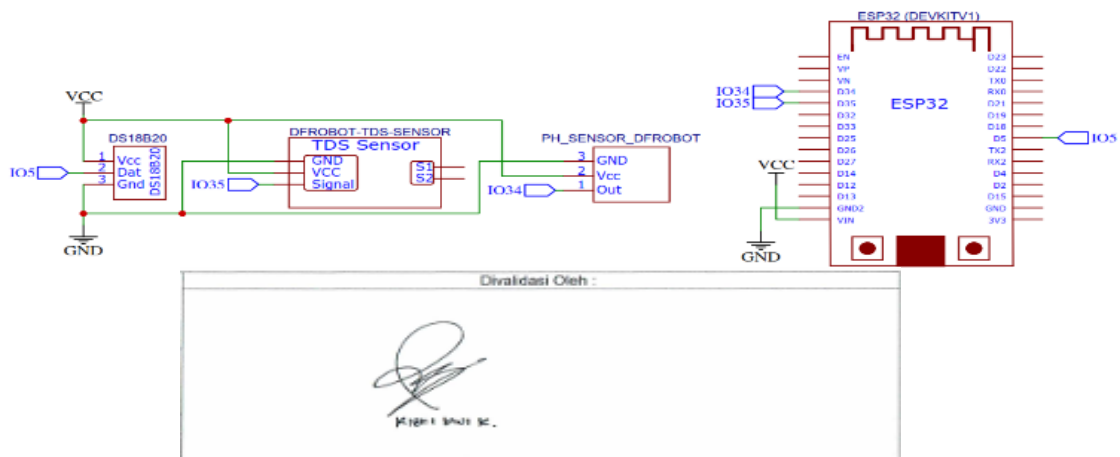


Gambar 4 Desain Alat Monitoring Kualitas Air

Sumber : Dikembangkan oleh penulis (2025)

B. Hasil Validasi Desain

Validasi desain bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan telah memenuhi kebutuhan serta tujuan implementasi di lingkungan nyata. Proses validasi ini melibatkan seorang ahli di bidang Teknologi *Internet of Things* (IoT) yaitu Bapak Rizki Dwi Romadhona, S.ST., M.Tr.T. yang memberikan penilaian terhadap aspek teknis perangkat, termasuk stabilitas koneksi jaringan, keakuratan pembacaan sensor, dan keandalan pengiriman data ke *platform* monitoring. Berdasarkan hasil validasi tersebut, sistem dinyatakan telah memenuhi kriteria standar yang layak untuk diterapkan dalam kegiatan budidaya ikan hias seperti ikan koi. Namun, ahli juga memberikan masukan untuk pengembangan lanjutan, yaitu perlunya integrasi fitur *alarm* sebagai sistem peringatan dini ketika parameter kualitas air melewati ambang batas normal.



Gambar 5 Hasil Validasi Desain Oleh Ahli

Sumber : Hasil Penelitian (2025)

C. Hasil Perancangan Alat

Prototipe alat monitoring telah berhasil dibuat berdasarkan desain fungsional dan visual. Alat ini mencakup wadah sensor yang tahan air, mikrokontroler ESP32, tampilan LCD 16x2, dan catu daya portabel. Berikut adalah desain akhir perangkat yang digunakan dalam penelitian ini:



Gambar 6 Alat Fisik Monitoring Kualitas Air (kiri) dan Tampilan Monitoring di Smartphone via Blynk (kanan)
 Sumber : Dikembangkan oleh penulis, dokumentasi penulis (2025)

Pengujian awal dilakukan dengan menempatkan alat ke dalam kolam budidaya ikan koi untuk mengukur kualitas air secara *real-time*. Sistem mampu mengukur dan menampilkan data suhu, pH, dan kekeruhan secara bersamaan. Hasil pembacaan ditampilkan langsung di LCD dan terkirim ke aplikasi *Blynk* secara otomatis.

D. Hasil Ujicoba Produk

Uji coba produk dilakukan sebagai tahap akhir dari proses pengembangan sistem untuk menilai fungsionalitas dan kelayakan alat ketika digunakan dalam kondisi nyata. Tujuan dari uji coba ini adalah memastikan bahwa sistem monitoring kualitas air yang telah dirancang dapat berjalan secara optimal baik dari aspek teknis maupun kegunaannya bagi pengguna akhir. Proses uji coba terdiri atas dua tahap utama, yaitu uji coba oleh ahli dan uji coba oleh pengguna langsung di lapangan.

E. Uji Coba Ahli

Pengujian sistem dilakukan oleh seorang ahli yang memiliki latar belakang dalam bidang teknologi (elektronika dan IoT) yaitu oleh Bapak Rizki Dwi Romadhona, S.ST., M.Tr.T. Evaluasi difokuskan pada beberapa parameter, yaitu akurasi sensor terhadap parameter air (suhu, pH, dan kekeruhan), kestabilan sistem dalam menjalankan monitoring secara berkelanjutan, kemudahan integrasi antar perangkat keras dan lunak, serta kejelasan tampilan data untuk interpretasi. Berdasarkan hasil pengujian, sistem dinilai telah bekerja dengan baik. Pembacaan sensor menunjukkan hasil *real-time* yang akurat dan stabil, pengiriman data ke aplikasi *Blynk* berlangsung lancar, serta antarmuka dinilai cukup informatif untuk memantau kondisi air. Sebagai saran pengembangan, para ahli merekomendasikan penambahan fitur sistem notifikasi otomatis apabila parameter air melebihi batas normal.

Tabel 2 Data Pengujian Sensor Suhu, TDS, dan pH

No	Suhu Termometer (°C)	Suhu Sensor DS18B20 (°C)	Persentase Akurasi (%)	pH Larutan Buffer	pH Sensor (DFRobot)	Persentase Akurasi (%)	TDS Referensi (ppm)	TDS Sensor DFRobot (ppm)	Persentase Akurasi (%)
1	27	26.42	97.85185	4.01	4.41	90.02494	294	271	97.85185
2	27	26.70	98.88889	4.01	4.78	80.79800	294	317	98.88889

No	Suhu Termometer (°C)	Suhu Sensor DS18B20 (°C)	Persentase Akurasi (%)	pH Larutan Buffer	pH Sensor (DFRobot)	Persentase Akurasi (%)	TDS Referensi (ppm)	TDS Sensor DFRobot (ppm)	Persentase Akurasi (%)
3	27	26.85	99.44444	4.01	4.52	87.28180	294	254	99.44444
4	27	27.14	99.48148	4.01	4.74	81.79551	294	335	99.48148
5	27	27.26	99.03704	4.01	4.39	90.52369	294	278	99.03704
6	27	27.20	99.25926	6.86	7.55	89.94169	327	352	99.25926
7	27	26.35	97.59259	6.86	7.60	89.21283	327	302	97.59259
8	27	26.95	99.81481	6.86	7.46	91.25364	327	288	99.81481
9	27	27.05	99.81481	6.86	7.52	90.37901	327	376	99.81481
10	27	26.80	99.25926	6.86	7.40	92.12828	327	362	99.25926
Jumlah rata-rata akurasi (Σ)			99.04			88.33			89.66

Sumber: Hasil penelitian (2025)

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata akurasi 3 sensor (\%)} &= \frac{\sum \text{Nilai rata-rata akurasi}}{\sum \text{Data}} \\ &= \frac{277,03}{3} \\ &= 92,34\% \end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata error 3 sensor (\%)} = 100\% - (\text{Rata-rata akurasi sensor})$$

$$\text{Rata-rata error 3 sensor (\%)} = 100\% - 92,34\%$$

$$\text{Rata-rata error 3 sensor (\%)} = 7,66\%$$

Perhitungan akurasi dilakukan dengan menghitung rata-rata dari ketiga sensor (suhu, pH, dan TDS). Hasil perhitungan menunjukkan nilai rata-rata akurasi sebesar 92,34%. Selanjutnya, tingkat *error* diperoleh dengan mengurangkan nilai akurasi dari 100%, sehingga didapatkan rata-rata *error* sebesar 7,66%. Dengan demikian, kinerja sensor dapat dikategorikan cukup baik karena tingkat akurasi berada di atas 90%.

Tabel 3 Tabel Validasi Ahli Oleh Bapak Rizki Dwi Romadhona S.ST., M.Tr.T

Daftar Pernyataan	1	2	3	4	5
1. Sistem memiliki catu daya yang stabil dan aman untuk mendukung operasi berkelanjutan.					√
2. Mikrokontroler yang digunakan (ESP32) sesuai untuk aplikasi IoT dan mendukung konektivitas nirkabel secara handal.					√
3. Sensor pH, TDS, dan suhu yang digunakan sesuai dari sisi spesifikasi teknis dan integrasi sistem.				√	
4. Protokol komunikasi yang digunakan sudah sesuai dan memungkinkan pengiriman data secara real-time.					√
5. Pengujian terhadap fungsi sistem dilakukan dengan prosedur yang valid secara teknis.				√	

Rumus:

$$\begin{aligned} V_a &= \frac{T_{se}}{T_{sh}} \times 100\% \\ &= \frac{23}{25} \times 100\% \\ &= 92\% \end{aligned}$$

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Keterangan:

V_a : Validasi

T_{sh} : Skor total maksimal

T_{se} : Skor total empiris

F. Uji Coba Pengguna

Uji coba pengguna oleh pelaku budidaya ikan koi di Kecamatan Wonodadi yaitu pada kolam milik Ibu Difia Helsa, S.Pi. untuk mengetahui sejauh mana alat dapat digunakan oleh pengguna non-teknis. Pengujian ini menekankan pada aspek kemudahan penggunaan perangkat, keterbacaan data melalui LCD dan aplikasi *smartphone*, serta manfaat alat dalam mendukung pengambilan keputusan terkait kualitas air. Hasil uji coba menunjukkan bahwa pengguna tidak mengalami kesulitan dalam mengoperasikan alat. Data yang ditampilkan dapat dipahami dengan mudah dan memberikan informasi yang cukup untuk mengetahui kondisi lingkungan air secara langsung. Kehadiran parameter suhu, pH, dan kekeruhan memberikan dasar pertimbangan yang kuat dalam melakukan tindakan pencegahan terhadap potensi penurunan kualitas air kolam.

Tabel 4 Tabel Pengujian Pengguna Oleh Ibu Difia Helsa, S.Pi.

Daftar Pernyataan	1	2	3	4	5
1. Sistem mudah dipasang dan dioperasikan tanpa perlu keahlian teknis khusus.					√
2. Data yang ditampilkan (pH, suhu, TDS) mudah dimengerti dan bermanfaat untuk pengelolaan kolam.					√

Daftar Pernyataan		1	2	3	4	5
3.	Sistem menampilkan informasi secara cepat dan akurat.				√	
4.	Sistem ini membantu dalam menjaga kualitas air secara lebih efisien.				√	
5.	Sistem ini layak digunakan di kolam saya dan tidak merepotkan dalam hal perawatan.					√

Rumus:

$$V_a = \frac{T_{se}}{T_{sh}} \times 100\% = \frac{23}{25} \times 100\% = 92\%$$

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Keterangan:

V_a : Validasi

T_{sh} : Skor total maksimal

T_{se} : Skor total empiris

Proses validasi sensor menunjukkan bahwa rata-rata akurasi ketiga sensor mencapai 92,34% dengan rata-rata error 7,66%, sehingga sensor layak digunakan untuk pemantauan kualitas air. Validasi oleh ahli *Internet of Things (IoT)* menempatkan sistem pada kategori “sangat valid” dengan skor rata-rata 92%, mencakup aspek koneksi, akurasi, dan keandalan pengiriman data. Selain itu, uji coba lapangan oleh pembudidaya ikan koi menunjukkan bahwa alat mudah dioperasikan oleh pengguna non-teknis, dan informasi yang ditampilkan terbukti membantu dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan kualitas air kolam.

Selain itu, dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki sejumlah keunggulan. Penelitian Septian (2021) hanya fokus pada kekeruhan dan ketinggian air pada budikdamber, sehingga aplikasinya terbatas. Trevathan (2022) memang membangun sistem pemantauan lingkungan perairan berbasis IoT, namun perangkat yang digunakan lebih kompleks dan mahal karena menggunakan Arduino Mega dan modul GSM, sedangkan sistem ini lebih sederhana dengan ESP32 yang memiliki WiFi bawaan. Sementara itu, penelitian Saxena (2024) berhasil merancang sistem tahan air, tetapi belum secara khusus diuji pada kolam koi di Indonesia. Dibandingkan dengan studi-studi tersebut, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini menawarkan solusi yang lebih praktis, murah, dan aplikatif karena diuji langsung pada kolam koi masyarakat dengan integrasi multi-sensor (suhu, pH, dan TDS) yang dapat dipantau secara real-time melalui aplikasi *smartphone Blynk*. Hal ini menegaskan adanya *novelty* berupa penerapan sistem IoT yang tidak hanya mampu memantau kualitas air, tetapi juga mudah diakses dan dioperasikan oleh pembudidaya ikan koi secara langsung.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring kualitas air berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor suhu DS18B20, sensor pH SEN0161, dan sensor kekeruhan TDS SEN0244 telah berhasil diimplementasikan dan diuji dalam lingkungan nyata budidaya ikan koi. Sistem ini mampu memantau parameter suhu, pH, dan kekeruhan air secara real-time serta menampilkan data secara lokal melalui LCD dan secara daring melalui aplikasi *Blynk* di *smartphone*.

Validasi dari ahli menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi dan keandalan yang baik untuk digunakan dalam skala kecil hingga menengah. Saran pengembangan berupa penambahan sistem alarm juga menjadi catatan penting untuk pengembangan lanjutan agar sistem mampu memberikan peringatan dini saat kualitas air berada di luar batas aman.

Dengan adanya sistem ini, proses pemantauan kualitas air menjadi lebih efisien dan responsif, sehingga dapat membantu mengurangi risiko kematian ikan koi akibat kondisi air yang buruk. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi IoT memiliki potensi besar dalam mendukung praktik budidaya ikan secara berkelanjutan dan modern.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, sistem monitoring yang dikembangkan hanya mencakup tiga parameter kualitas air, yaitu suhu, pH, dan *Total Dissolved Solids (TDS)*. Padahal, kualitas air untuk budidaya ikan koi juga sangat dipengaruhi oleh parameter lain seperti *Dissolved Oxygen (DO)*, amonia, dan nitrit. Ketiadaan sensor tersebut membuat sistem ini belum mampu memberikan gambaran kualitas air secara menyeluruh.

Kedua, uji coba sistem hanya dilakukan pada satu kolam budidaya ikan koi di Kecamatan Wonodadi, Kabupaten Blitar. Kondisi ini menyebabkan hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan untuk berbagai kondisi kolam dengan karakteristik lingkungan yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian lanjutan diperlukan dengan menambahkan parameter kualitas air lain serta melakukan pengujian di lebih banyak lokasi agar hasilnya lebih komprehensif dan representatif.

REFERENSI

1. Kamil, I. (2024). Kualitas Air Budidaya Ikan Koi (*Cyprinus Rubrofusculus*) pada Sistem Vertiqua Menggunakan Filter Biofikal Atas. *Jurnal Ilmiah Ilmu Hewani dan Peternakan Volume. 2*.
2. Kifly, I. H. (2020). Pengaruh Ketinggian Air Terhadap Konsumsi Oksigen Larva Ikan Mas Koi (*Cyprinus carpio*). *Fisheries of Wallacea Journal*, 77-83.
3. Melati, A. F. (2024). Status Kualitas Air Untuk Penilaian Lingkungan Sekitar Tambak Ekstensif di Balikpapan, Kalimantan Timur. *Jurnal Sains Akuakultur Tropis.Ed.Maret:8*, 116-128.
4. Mustofa, M. L. (2023). Sistem Kontrol Pengairan Dari Sungai Pada Kolam Pembesaran Ikan Koi Menggunakan PH Meter Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika (JATI)*, vol. 7, 1619-1623.
5. Saxena, P. T. (2024). IOT Based Waterproof System for Water Quality and Level Monitoring. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology.*, 941-947.
6. Schmidtke, J. T. (2022). Open-source Internet of Things remote aquatic environmental sensing. *journal homepage: www.elsevier.com/locate/ohx.* .
7. Sugiyono, D. (2013). *Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
8. Syahputri, A. S. (2021). Sistem Monitoring Kekeruhan Dan Ketinggian Air Pada Budidaya Ikan Dalam Ember (Budikdamber) Berbasis Internet Of Things. Seminar Nasional Hasil Penelitian dan *Pengabdian Masyarakat* .
9. Tugiyono, S. V. (2022). Nilai Nutrition Value Coefficient (NVC) ikan sebagai indikator biologi tingkat pencemaran Sungai Way Umpu Kecamatan Way Kanan Provinsi Lampung. *Jurnal Penelitian Sains 24*, 99-106.
10. William, K. (2023). Sistem Kendali dan Pemantauan Budidaya Ikan Koi Berbasis Internet of Things . *Journal of Computing Engineering, System and Science* .