

Rancang Bangun Prototype Sistem Kontrol Suhu dan Monitoring PH Air pada Aquarium Benih Ikan Lele Dumbo Menggunakan Arduino UNO dan NodeMcu Berbasis *Internet Of Things* (IoT)

Mohamad Hariyadi^{1*}, Ellys Kumala Pramartaningthyas¹, Siti Ma'shumah¹, MohFikri Abdullah Salam¹

¹ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Qomaruddin, Gresik, Indonesia

* Korespondensi: hariyadi.mohamad@gmail.com

Received: 18 October 2024

Revised: 16 December 2024

Accepted: 23 December 2024

Citation:

Hariyadi, M., Pramartaningthyas, E. K., Ma'shumah, S., & Salam, M. F. A. (2024). Rancang bangun prototype sistem kontrol suhu dan monitoring pH air pada aquarium benih ikan lele dumbo menggunakan Arduino UNO dan NodeMcu berbasis Internet of Things (IoT). *QOMARUNA Journal of Multidisciplinary Studies*, 2(1), 57–68.

ABSTRACT

Cultivation of Dumbo Catfish requires optimal water quality management to ensure healthy fry growth. Key parameters to monitor are water temperature and pH, as imbalances can negatively affect the health and growth of the fish. This study aims to design and develop a prototype water quality monitoring system based on the Internet of Things (IoT) using Arduino UNO and NodeMCU. In ideal cultivation conditions, the optimal water acidity (pH) ranges between 6–9, and the ideal water temperature is 26–30 °C. Using Arduino UNO and NodeMCU IoT technology, fish farmers can more easily control temperature and monitor water pH in the fry nursery aquariums. Arduino is the microcontroller, while the NodeMCU Wi-Fi module connects the microcontroller to the Blynk application as the user interface. Temperature regulation is achieved through water heaters and Peltier elements. Test results indicate that the system can maintain an average temperature of 26 °C and an average pH of 6, consistent with manual measurements using a water thermometer and litmus paper. The heating and cooling systems function optimally, with an average delay time of 13.5884298 milliseconds, significantly lower than the 150-millisecond threshold. Thus, the system operates effectively, facilitating fish farmers in real-time monitoring and controlling aquarium water quality.

Keywords: *Catfish, Arduino UNO, NodeMCU, Heater, Cooling, and Blynk.*

ABSTRAK

Budidaya ikan lele dumbo memerlukan manajemen kualitas air yang optimal untuk memastikan pertumbuhan benih yang sehat. Parameter penting yang harus diperhatikan adalah suhu dan pH air, karena ketidakseimbangan dapat berdampak negatif pada kesehatan dan pertumbuhan ikan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun prototipe sistem pemantauan kualitas air berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan Arduino UNO dan NodeMCU. Dalam proses pembudidayaan yang ideal, kadar keasaman (pH) air ideal adalah 6-9, dan suhu air ideal adalah 26–30 °C. Dengan menggunakan Arduino UNO dan NodeMcu berbasis IoT (Internet of Things), pembudidaya dapat lebih mudah mengontrol suhu dan melacak pH air dalam aquarium pembenihan benih ikan lele dumbo. Arduino digunakan sebagai mikrokontroler dan modul wifi NodeMCU untuk menghubungkan mikrokontroler ke blynk sebagai interface. Suhu dikontrol dengan pemanas air dan elemen peltier. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga suhu rata-rata 26 °C dan pH rata-rata 6, sesuai dengan hasil pengukuran manual menggunakan termometer air dan kertas lakmus. Sistem pemanas dan pendingin bekerja secara optimal, dengan waktu tunda rata-rata sebesar 13,5884298 milidetik, yang jauh lebih kecil dari ambang batas 150 milidetik.



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open-access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

Dengan demikian, sistem ini dapat berfungsi dengan baik dan memudahkan pembudidaya dalam memantau dan mengontrol kualitas air akuarium secara real-time.

Kata kunci: Ikan lele, Arduino UNO, NodeMCU, Heater , Cooling , dan Blynk.

1. Pendahuluan

Masyarakat saat ini telah banyak membudidayakan ikan lele dumbo karena mereka dikenal memiliki daya tahan tubuh yang tinggi dan cepat berkembang. Namun, dalam budidaya lele, faktor-faktor lingkungan, terutama suhu dan pH, sangat memengaruhi kesehatan dan pertumbuhan benih ikan (Augusta , T.S., 2016). Suhu air yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat mengganggu metabolisme ikan, dan pH yang tidak stabil dapat mengganggu proses pernapasan dan mengurangi tingkat kelangsungan hidup ikan (Imaduddin et al., 2017). Saat ini, pengaturan suhu dan pH air di kolam budidaya ikan lele sebagian besar dilakukan secara manual. Metode ini tidak hanya memakan waktu tetapi juga tidak efektif, terutama jika mengantisipasi perubahan kualitas air yang tiba-tiba, yang dapat menyebabkan kematian benih ikan secara besar-besaran (Imaduddin et al., 2017). Akibatnya, untuk budidaya ikan lele yang lebih efisien, diperlukan sebuah sistem yang dapat secara otomatis memonitor dan mengontrol kondisi lingkungan (Tadeus et al., 2019).

Dalam bidang akuakultur, solusi inovatif tersedia berkat kemajuan teknologi *Internet of Things* (IoT) (Siswanto et al., 2018). Perangkat seperti sensor suhu dan pH dapat terhubung ke internet dan mengirimkan data secara real-time, memungkinkan pemantauan dari jarak jauh (Aluh et al., 2018). Arduino UNO dan NodeMCU adalah dua platform mikrokontroler yang sering digunakan dalam pengembangan sistem IoT karena mereka murah dan mudah diprogram (Aluh et al., 2018.). Dengan menggunakan keduanya, Anda dapat membuat sistem kontrol suhu dan monitoring pH pada akuarium ikan lele dumbo secara otomatis dan melakukan tindakan yang diperlukan, seperti menghidupkan pemanas atau sistem penyaringan air (Qalit et al., 2017.). Selain meningkatkan efisiensi budidaya ikan lele, sistem kontrol berbasis IoT ini akan membuat pemantauan dan pengaturan lingkungan akuarium lebih mudah dan dapat mengurangi risiko kerugian karena kondisi air yang tidak ideal (Augusta , T.S., 2016).

Berbagai penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait kontrol suhu, kadar keasaman air (pH), serta pemberian pakan otomatis berbasis IoT. Penelitian seperti "Rancang Bangun Prototipe Pemantauan Kadar pH dan Kontrol Suhu Serta Pemberian Pakan Otomatis pada Budidaya Ikan Lele Sangkuriang Berbasis IoT" memiliki kekurangan karena sistemnya hanya mengontrol suhu dan pH tanpa kemampuan untuk mengembalikan kondisi ke nilai optimal secara otomatis (Qalit et al., 2017). Sementara itu, penelitian "Otomatisasi Pengawasan dan Pengaturan Keasaman Larutan dan Suhu Air Kolam Ikan Pada Pembenihan Ikan Lele" masih bergantung pada pengontrolan jarak dekat karena belum menggunakan teknologi IoT (Imaduddin et al., 2017). Karena penelitian ini belum menggunakan teknologi IoT, pengontrolan jarak dekat masih digunakan. Kekurangan-kekurangan ini menjadi dasar bagi penelitian ini untuk mengembangkan alat yang lebih baik dan efisien (Wilson, S.M., 2016).

Oleh karena itu, untuk mendukung budidaya ikan lele dumbo yang lebih modern dan efektif, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe sistem berbasis IoT untuk kontrol suhu dan pemantauan pH air pada akuarium benih ikan lele dumbo. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat memantau dan mengontrol kondisi lingkungan akuarium secara otomatis serta memungkinkan pemantauan jarak jauh menggunakan teknologi IoT.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penggunaan *Internet of Things* dalam Akuarium

Untuk melacak suhu dan pH air secara real-time melalui perangkat berbasis internet, teknologi IoT semakin populer dalam pengembangan sistem otomatisasi akuarium. Studi (Susanto et al., 2024) menunjukkan keberhasilan metode prototipe dalam mengembangkan sistem kontrol suhu berbasis IoT

pada akuarium ikan hias. Sistem ini memantau suhu dan pH melalui smartphone Android menggunakan NodeMCU dan Arduino secara jarak jauh (Susanto et al., 2021).

Penelitian lain oleh (Ramaiah et al., 2020), juga menunjukkan kemampuan IoT dalam memantau kondisi akuarium secara real-time, termasuk parameter seperti suhu, pH, ketinggian air, dan tingkat pencahayaan. Sistem ini tidak hanya memantau, tetapi juga mengotomatisasi manajemen air, pemberian pakan ikan, dan pencahayaan. Hal ini membantu mengurangi kesalahan manusia dan pekerjaan manual yang sering diperlukan untuk menjaga kondisi akuarium.

Selanjutnya, (Shaikh & Bhaskarwar, 2022) memperkenalkan sistem akuarium pintar berbasis IoT yang menggunakan berbagai sensor untuk memantau suhu, pH, dan tingkat kekeruhan air secara real-time. Sistem ini tidak hanya memantau tetapi juga secara otomatis mengendalikan kondisi air sesuai kebutuhan dan memberikan peringatan kepada pemilik melalui aplikasi seluler. Ini memastikan bahwa ikan diberi makan secara teratur dan lingkungan akuarium tetap terjaga (Shaikh & Bhaskarwar, 2022).

Salah satu inovasi adalah Sistem FishTalk, yang dikembangkan oleh (Lin & Tseng, 2019). Sistem ini menggunakan sensor dalam akuarium untuk memantau dan mengontrol kondisi air secara *real time*. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan fitur pemberian makan cerdas yang mencegah ikan makan terlalu banyak atau terlalu sedikit. FishTalk juga memungkinkan pemilik untuk melihat dan mengontrol akuarium mereka dari jarak jauh.

Dalam penelitian lain, (Pasha Mohd Daud et al., 2020), mengembangkan sistem IoT berbasis NodeMCU dan Arduino Mega untuk melacak habitat ikan di akuarium. Sistem ini mengontrol pH, memberikan makan ikan, dan menampilkan data secara real-time melalui aplikasi smartphone. Ini memudahkan pengawasan kondisi air dengan cara yang lebih efisien dan efektif (Pasha Mohd Daud et al., 2020). Penerapan Internet of Things dalam sistem pengendalian akuarium memberikan solusi yang efisien untuk memantau dan mengelola kondisi air dan kesehatan ikan, termasuk otomatisasi pengaturan suhu, pH, dan pemberian makan secara real-time.

2.2. Sistem Otomasi Pembudidayaan Ikan Lele

Untuk budidaya intensif ikan lele, sistem otomatisasi tambak melibatkan pengaturan waktu pemeliharaan, pemberian pakan, dan kualitas air. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Burget & Pachner, 2005), sistem ini membantu mengoptimalkan hasil produksi dengan mengotomatisasi pemberian pakan, kontrol air, dan kebijakan produksi yang berfokus pada keuntungan ekonomi maksimal. Sistem pemantauan kualitas air *real-time* diciptakan oleh (Billah et al., 2019) dengan menggunakan sensor oksigen terlarut, pH, dan suhu air. Sistem ini dimaksudkan untuk memantau kualitas air pada tambak ikan lele dan membantu menjaga lingkungan yang ideal untuk pertumbuhan lele (Billah et al., 2019). (Sukrismon et al., 2019) menciptakan Smart Fish Pond berbasis IoT yang dapat memantau parameter seperti suhu, pH, kekeruhan, dan tingkat air. Petani lele dapat menggunakan aplikasi ponsel pintar untuk memantau kondisi tambak dan dapat meningkatkan kualitas hasil dan pendapatan petani. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Taufik et al., 2022), mereka mengembangkan prototipe sistem otomatis yang memanfaatkan sensor ultrasonik dan kekeruhan untuk memantau dan mengatur tingkat air dan kebersihan air tambak secara otomatis. Sistem ini memastikan bahwa ikan lele mendapatkan kondisi lingkungan terbaik (Taufik et al., 2022). (Naufal et al., 2023) mengembangkan sistem bioflok otomatis yang secara teratur memantau dan mengontrol pakan dan kualitas air. Dengan menggunakan sensor seperti TDS dan beban sel, serta sensor lainnya, sistem ini membantu menjaga kualitas air dan memastikan nutrisi yang ideal untuk ikan lele bahkan dalam kondisi cuaca yang tidak menguntungkan (Naufal et al., 2023). Otomatisasi dalam budidaya ikan lele menggunakan teknologi IoT dan sensor cerdas sangat membantu dalam meningkatkan efisiensi, memantau kualitas air, serta mengoptimalkan produksi pakan dan pertumbuhan ikan. Implementasi sistem ini dapat mengurangi kesalahan manual dan meningkatkan hasil produksi secara signifikan.

2.3. Kontrol Suhu dan pH Menggunakan Arduino dan NodeMCU

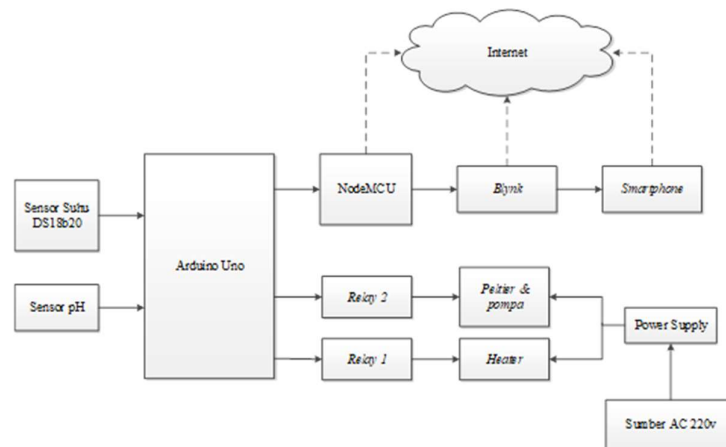
Studi (Ramdani, 2020) membahas sistem otomatisasi yang menggunakan NodeMCU ESP8266 untuk mengontrol suhu dan pH air pada aquascape. Sensor DS18B20 dan pH mengontrol suhu dan pH, dan jika mereka berada di luar kisaran yang diinginkan, sistem akan memberikan notifikasi melalui

Telegram. Menurut (Ramdani, 2020), hal ini membantu menjaga ekosistem akuarium secara otomatis dan dapat diamati dari jarak jauh. Sistem monitoring kualitas air akuaponik yang dibuat oleh (Murad et al., 2017) berbasis Arduino memungkinkan pemantauan pH, suhu, dan aliran air. Dengan menggunakan pompa peristaltik, sistem secara otomatis menyesuaikan diri ketika pH dan suhu melebihi batas. Selain itu, sistem tersebut memiliki kemampuan untuk mengirimkan notifikasi ke ponsel pengguna melalui teknologi GSM (Murad et al., 2017). Menurut (Supriadi et al., 2019), mereka membuat sistem otomatis yang menggunakan mikrokontroler Arduino dan Raspberry Pi untuk mengontrol suhu dan pH air dalam sistem akuaponik. Dengan menggunakan kontrol proporsional, sistem ini dapat menjaga suhu dan pH air dalam jangkauan yang diinginkan dan memberikan respons cepat terhadap perubahan dalam kondisi air. (Billah et al., 2019) membuat sistem otomatis berbasis Arduino untuk mengontrol pH dan suhu pada akuarium ikan hias. Mereka menggunakan sensor E-201-C untuk pH, sensor DS18B20 untuk suhu, dan solenoid valve untuk menstabilkan pH air. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem menjaga kondisi lingkungan ikan dengan kisaran pH 7-7,5 dan suhu 24-27°C (Malik et al., 2022). Sistem berbasis Arduino dan NodeMCU sangat efektif dalam mengontrol suhu dan pH air secara otomatis dalam akuakultur. Teknologi ini memungkinkan pemantauan jarak jauh, meningkatkan efisiensi, dan menjaga kualitas air untuk memastikan pertumbuhan optimal ikan.

3. Metode Penelitian

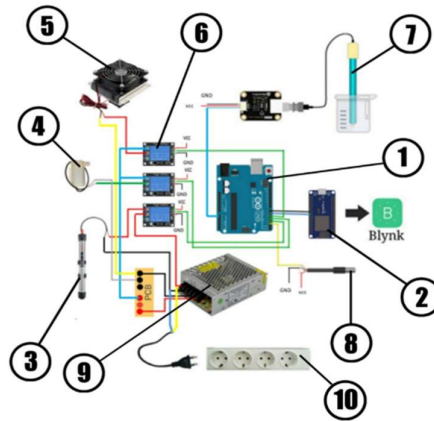
Penelitian ini termasuk ke dalam jenis penelitian rekayasa teknologi yang bertujuan mengembangkan prototipe sistem kontrol suhu dan monitoring pH air pada akuarium benih ikan lele dumbo secara real-time, menggunakan Arduino UNO, NodeMCU, dan teknologi IoT. Selain merancang prototipe, penelitian ini juga mencakup pengujian efektivitas sistem melalui simulasi atau aplikasi nyata untuk memastikan kinerjanya dalam menjaga kestabilan suhu dan pH. Teknologi IoT digunakan sebagai inti sistem untuk memungkinkan pengumpulan, pengolahan, dan pemantauan data secara real-time melalui koneksi internet.

Proses perancangan sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja secara bersama-sama untuk memantau dan mengontrol suhu serta pH air di akuarium lele Dumbo secara otomatis. Adapun komponen-komponen yang dimaksud di atas dapat dijelaskan sesuai dengan diagram blok berikut ini :



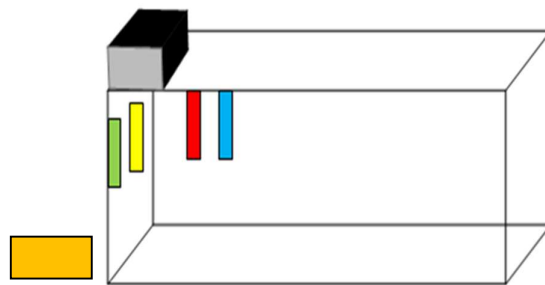
Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Sistem di atas sesuai pada Gambar 1 dan Gambar 2 dibagi menjadi beberapa bagian yang dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 2. Perangkat elektronika yang digunakan sesuai Diagram blok sistem

Arduino UNO berfungsi sebagai pengontrol semua sistem. NodeMCU berfungsi sebagai pengontrol atau pemroses data yang didapat dari sensor suhu dan pH air untuk disampaikan ke smartphone. Sumber AC 220V di gunakan sebagai tegangan heater, peltier dan pompa. Power supply digunakan untuk merubah arus AC ke DC. Sensor suhu berfungsi sebagai inputan dan mendeteksi suhu air pada akuarium benih ikan lele dumbo. Sensor pH berfungsi sebagai inputan dan mendeteksi kadar keasaman air pada akuarium benih ikan lele dumbo. Relay digunakan sebagai saklar (switch) untuk heater, peltier, dan pompa. Modul peltier berfungsi sebagai outputan dan digunakan untuk mendinginkan air pada akuarium benih ikan lele dumbo. Heater berfungsi sebagai outputan dan penghangat air pada akuarium benih ikan lele dumbo. Internet berfungsi sebagai penyedia layanan IoT pada sistem yang dibuat sehingga sistem bisa bekerja tanpa menggunakan media kabel. Blynk berfungsi sebagai interface dari sistem. Smartphone berfungsi untuk menampilkan nilai suhu dan pH air pada aquarium benih ikan lele. Untuk penempatan kontroler pada akuarium dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Penempatan Komponen Elektronika pada Akuarium. Penempatan elektronika pada aquarium sebagai berikut: *Orange* : Tempat mikrokontroler, *Hitam*: Rangkaian pendingin, *Kuning*: Sensor suhu, *Hijau*: Sensor pH, *Merah*: *Heater*, dan *Biru*: pompa.

4. Hasil dan Pembahasan

5.1. Hasil perancangan sistem

Pada hasil rancangan penelitian, alat kontrol suhu dan monitoring ph air akan diterapkan pada aquarium dengan ukuran 60 x 29,5 x 36 cm dapat dilihat pada Gambar 4. Untuk penempatan aquarium diletakan pada teras depan rumah (*outdoor*).



Gambar 4. Hasil Rancangan Sistem

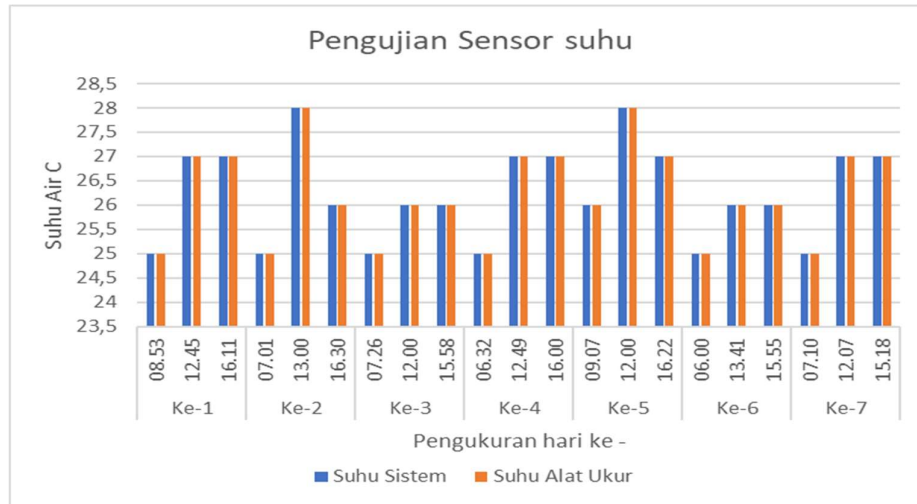
Berikut adalah gambar hasil rancangan alat kontrol suhu dan monitoring pH air yang akan diterapkan pada aquarium. Penjelasan pada gambar 4 rangkaian elektronika yang akan diterapkan pada aquarium adalah sebagai berikut :1.NodeMCU ESP 8266, 2.Arduino UNO, 3.Sensor pH, 4.Sensor suhu DS18B20, 5.Power supply, 6.Modul relay,7.Cooling, 8.Pompa submersible, dan 9.Heater.

Untuk konfigurasi rangkaian elektronika dapat dijelaskan sebagai berikut:

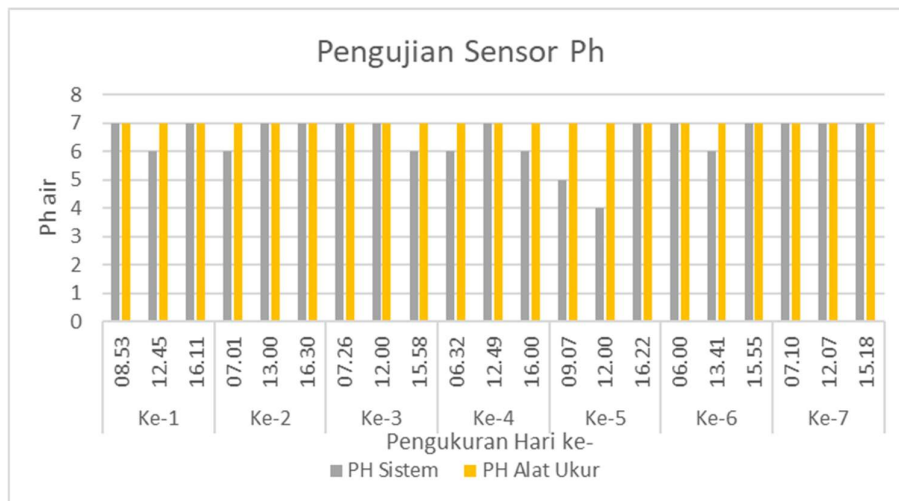
- Sensor pH dimana pin input sensor pH dihubungkan ke pin analog 0 (A0) pada Arduino uno, untuk Vcc dan Gnd dihubungkan pada pin 5V dan pin Ground.
- Sensor ds18b20 untuk pin input dihubungkan pada pin digital 2 pada Arduino uno, sedangkan untuk Vcc dan Gnd dihubungkan pada pin 5V dan pin Ground.
- Relay heater, untuk pin input dihubungkan pada pin digital 3 pada Arduino uno, sedangkan untuk Vcc dan Gnd dihubungkan pada pin 5V dan pin Ground.
- Relay pendingin, untuk pin input dihubungkan pada pin digital 4 pada Arduino uno, sedangkan untuk Vcc dan Gnd dihubungkan pada pin 5V dan pin Ground.
- Relay pompa, untuk pin input dihubungkan pada pin digital 5 pada Arduino uno, sedangkan untuk Vcc dan Gnd dihubungkan pada pin 5V dan pin Ground.
- Heater, kabel heter positif dihubungkan ke NO pada relay, untuk COM dan kabel heater negatif dihubungkan ke sumber AC pada power supply.
- Pada rangkaian pendingin ada elemen peltier, kipas DC, dan heatsink untuk kabel positif elemen peltier dan kipas DC dihubungkan ke COM pada relay, untuk NO dan kabel negatif elemen peltier dan kipas DC dihubungkan ke sumber DC pada power supply.
- Pompa, kabel pompa positif dihubungkan ke COM pada relay, untuk NO dan kabel pompa negatif dihubungkan ke sumber DC pada power supply.
- Power supply dihubungkan ke sumber AC 220v.

5.2. Hasil Pengujian sistem

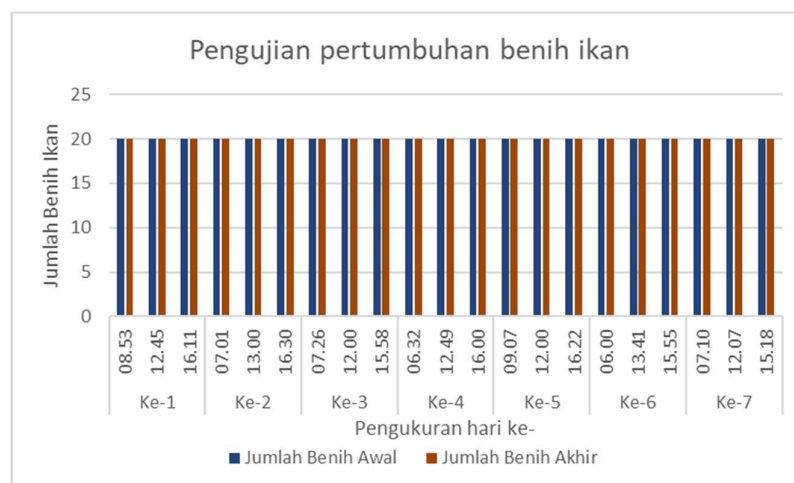
Pada tahap pengujian, nilai sensor suhu dan pH diuji dengan membandingkannya dengan termometer atau alat ukur suhu air, dan kertas lakmus untuk mengetahui apakah nilai yang dihasilkan oleh kedua sensor sama dengan nilai yang telah ditetapkan oleh sistem. Jumlah benih ikan lele dumbo sebanyak dua puluh digunakan untuk uji coba, yang dilakukan di luar ruangan. Grafik pada gambar 4, 5 dan 6 menunjukkan bagaimana nilai sensor suhu dan pH diuji. Grafik hasil pengujian yang dibuat dengan sistem pengontrol suhu dan monitoring pH air yang dibuat dengan nodeMCU berbasis Internet of Things dan Arduino dapat diperlihatkan sesuai gambar di bawah ini:



Gambar 5. Hasil Penguian Sensor Suhu



Gambar 6. Hasil Penguian Sensor Ph



Gambar 7. Hasil Pengujian Pertumbuhan Benih Ikan

Dari Grafik diatas telah dilakukan pengujian pada sistem selama tujuh hari dengan jumlah benih sebanyak 20 ekor. Dalam satu hari dilakukan pengujian tiga kali diwaktu pagi, siang, dan sore, pada pengujian hari pertama sampai hari ke tujuh nilai suhu yang didapat dari pengukuran sistem dan alat ukur (thermometer air) 25°C-28°C dan kondisi heater ON ketika nilai suhu dibawah 26°C untuk cooling OFF karena nilai suhu tidak lebih dari 30°C, sedangkan nilai pH yang didapat dari pengukuran sistem dan alat ukur (kertas lakmus) 5-7. Untuk kondisi benih ikan lele dumbo sampai pada pengujian hari ke 7 waktu pagi sampai siang benih ikan lele dumbo tetap bertahan serta mngalami pertumbuhan yang cukup pesat . Dari Grafik diatas dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai suhu yang dihasilkan selama tujuh hari pada waktu pagi, siang dan sore sebesar 26°C, sedangkan rata-rata nilai pH yang dihasilkan sebesar 6 dan mencapai standart dari suhu yang dibutuhkan oleh benih ikan lele dumbo yaitu antara 26-30 °C dan 6-9. Untuk persentase angka kehidupan benih ikan lele dumbo mencapai 100%.

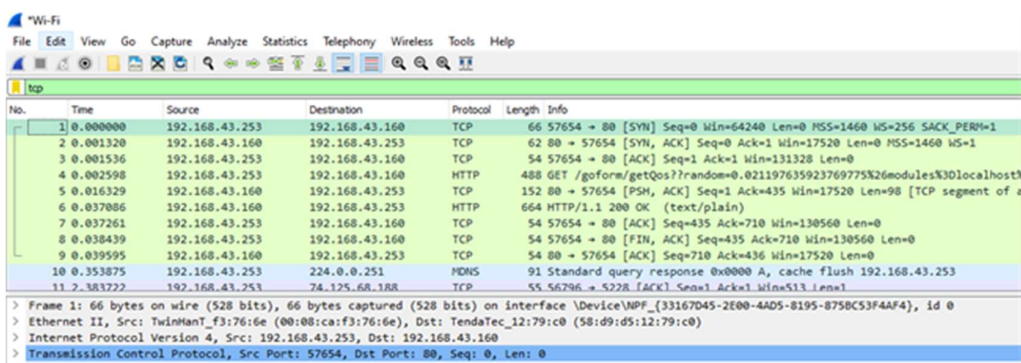
4.2. Hasil pengujian Quality of Service (QoS) Jaringan untuk Aplikasi Blynk

Gambar 8 menunjukkan proses pengujian sistem pengukuran nilai suhu dan pH pada aplikasi Blynk, dimana laptop digunakan untuk proses upload program ke Arduino UNO dan NodeMCU ESP8266 dan monitoring pada serial monitor. Pengujian Quality of Service (QoS) Jaringan ini dilakukan untuk mengukur delay jaringan yang terhubung pada sistem.



Gambar 8. Hasil Pengukuran Nilai Suhu dan Nilai pH Ditampilkan pada Blynk.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi wireshark dengan cara memasukkan IP address pada laptop dari masing-masing perangkat yang terhubung dalam satu jaringan, antara NodeMCU dan Smartpone, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Pengukuran Delay Time Menggunakan Wireshark.

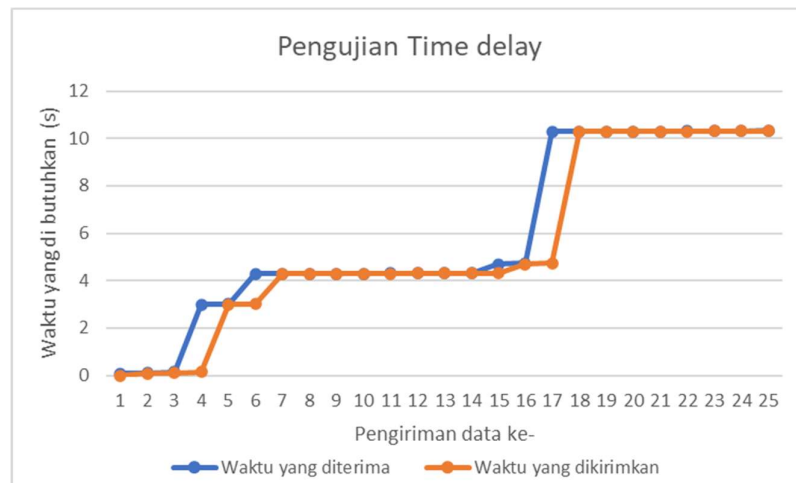
Untuk menghitung nilai delay, file hasil pengujian pada aplikasi wireshark disimpan ke Microsoft Excel. Untuk menghitung delay menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Delay} = \text{Waktu yang diterima} - \text{waktu yang dikirimkan} \quad (1)$$

Adapun untuk menghitung total delay menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Total Delay} = \text{Delay 1} + \text{delay 2} + \dots + \text{delay } n \quad (2)$$

Hasil pengujian time delay dapat di tunjukan sesuai pada grafik pada gambar 10 dibawah ini:



Gambar 10. Hasil Pengujian Delay Time

Setelah memperoleh delay dari Wireshark dan menghitungnya di Microsoft Excel, data dimasukkan ke tabel pengujian untuk menentukan kategori delay sistem (lihat Tabel 1).

Tabel 1. Pengujian Quality of Service (QoS) jaringan.

Pengujian	Hasil pengujian <i>Quality of Service (QoS)</i> Jaringan (Delay) (<i>millisecond</i>)	Kategori Delay
Pengujian ke 1	10,323	Sangat Bagus
Pengujian ke 2	14,584	Sangat Bagus
Pengujian ke 3	9,195	Sangat Bagus
Pengujian ke 4	15,853	Sangat Bagus
Pengujian ke 5	12,036	Sangat Bagus
Pengujian ke 6	15,599	Sangat Bagus
Pengujian ke 7	15,602	Sangat Bagus
Pengujian ke 8	15,855	Sangat Bagus
Pengujian ke 9	12,001	Sangat Bagus
Pengujian ke 10	14,838	Sangat Bagus
Rata- rata delay	13,589	Sangat Bagus

Berdasarkan Tabel 1, dilakukan pengujian delay jaringan sebanyak 10 kali. Dari pengujian pertama hingga pengujian kesepuluh, nilai delay berkisar antara 9,194638 hingga 15,85447 milidetik. Rata-rata delay yang diperoleh dari 10 kali pengujian adalah 13,5884298 milidetik, yang tergolong

dalam kategori sangat bagus karena berada di bawah standar 150 milidetik, sesuai dengan nilai standar Quality of Service (QoS) untuk latency atau waktu tunda (Hidayat, 2014).

Quality of Service (QoS) adalah indikator kualitas jaringan yang mencakup beberapa parameter, salah satunya adalah latency, yaitu waktu yang diperlukan untuk mengirim data antara dua titik. Latency merupakan parameter penting, terutama untuk aplikasi yang sensitif terhadap waktu, seperti VoIP, streaming video, dan game online. Standar latency ideal untuk VoIP dan video call adalah ≤ 150 milidetik, untuk streaming video ≤ 200 milidetik, dan untuk gaming online ≤ 100 milidetik.

Faktor-faktor seperti panjang jalur transmisi, kemacetan jaringan, jenis koneksi, serta proses routing dan switching dapat memengaruhi latency secara signifikan. Oleh karena itu, menjaga latency tetap rendah sangat penting untuk memastikan pengalaman pengguna yang optimal, terutama dalam aplikasi-aplikasi yang membutuhkan respons waktu nyata

5.3. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan efisiensi dalam monitoring dan kontrol budidaya ikan lele dumbo. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, pendekatan yang dikembangkan dalam penelitian ini menawarkan peningkatan yang signifikan.

Penelitian oleh (Qalit et al., 2017) berfokus pada pengendalian suhu, kadar keasaman (pH), serta pemberian pakan otomatis menggunakan platform Ubidots IoT Cloud. Namun, sistem tersebut memerlukan intervensi manual untuk menjaga kestabilan suhu dan pH saat parameter keluar dari ambang batas. Sementara itu, penelitian oleh (Imaduddin et al., 2017) membahas pengawasan dan pengaturan pH serta suhu air pada kolam pembenihan ikan lele tanpa memanfaatkan teknologi IoT. Hal ini membuat pengawasan hanya dapat dilakukan secara manual di lokasi, yang kurang efisien untuk diterapkan pada skala besar.

Penelitian ini melangkah lebih jauh dengan mengembangkan sistem berbasis Internet of Things (IoT) yang tidak hanya mencatat suhu dan pH secara real-time, tetapi juga mampu mengontrol parameter tersebut secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manual. Sistem ini menggunakan kombinasi Arduino UNO untuk pengumpulan data dari sensor suhu dan pH serta NodeMCU untuk pengiriman data ke cloud, memungkinkan monitoring dan kontrol dilakukan dari jarak jauh. Pendekatan ini memberikan fleksibilitas dan efisiensi yang lebih besar bagi pengguna.

Dengan penyempurnaan ini, penelitian ini berhasil mengatasi keterbatasan studi sebelumnya, seperti ketidakmampuan sistem dalam penelitian Qalit et al., (2017) untuk secara otomatis mengembalikan parameter ke kondisi optimal, serta keterbatasan pengawasan jarak dekat pada studi Imaduddin et al., (2017). Pemanfaatan teknologi IoT tidak hanya meningkatkan kemampuan monitoring dan kontrol, tetapi juga menjadikan sistem lebih efisien, fleksibel, dan relevan dengan kebutuhan modern dalam budidaya ikan lele.

Kombinasi perangkat keras Arduino UNO dan NodeMCU, serta pengembangan pengontrol otomatis, memberikan kontribusi yang signifikan terhadap keberlanjutan dan produktivitas dalam praktik budidaya ikan lele dumbo.

5.4. Keterbatasan dan Rekomendasi Penelitian Selanjutnya

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Dari segi perangkat keras, komponen seperti Arduino UNO, NodeMCU, dan sensor yang digunakan masih memiliki keterbatasan dalam hal akurasi, sensitivitas, dan daya tahan, yang dapat memengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan. Selain itu, sistem berbasis IoT yang dirancang sangat bergantung pada konektivitas internet, sehingga kinerja optimal hanya dapat tercapai di area dengan sinyal internet yang stabil.

Tantangan lain adalah pada aspek kalibrasi dan pemeliharaan sensor, karena sensor suhu dan pH memerlukan kalibrasi berkala untuk menjaga akurasi pengukuran dalam jangka panjang. Pengujian prototipe juga masih terbatas pada skala kecil dan kondisi akuarium tertentu, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasi untuk berbagai kondisi lingkungan atau skala budidaya yang lebih besar.

Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja dan aplikasi sistem ini. Salah satu arah pengembangan adalah mengintegrasikan sensor yang lebih canggih atau menambahkan parameter lingkungan lain, seperti oksigen terlarut dan tingkat amonia, untuk

meningkatkan kualitas monitoring. Selain itu, konektivitas sistem dapat diperkuat dengan menggunakan teknologi komunikasi yang lebih andal, seperti jaringan 5G atau mesh networking, guna memperluas cakupan dan stabilitas sistem IoT.

Pengembangan antarmuka pengguna juga menjadi hal penting, misalnya dengan membangun aplikasi berbasis web atau mobile yang dilengkapi fitur notifikasi otomatis untuk memberikan informasi dan peringatan real-time kepada pengguna. Pengujian skala besar, seperti pada kolam budidaya ikan lele, diperlukan untuk mengevaluasi keandalan dan performa sistem dalam berbagai kondisi lingkungan. Sistem juga dapat ditingkatkan dengan dukungan energi terbarukan, seperti penggunaan panel surya, untuk meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan operasional.

Dengan berbagai pengembangan ini, sistem diharapkan mampu memberikan manfaat bagi industri budidaya ikan lele dumbo sebagai dukungan terhadap efisiensi dan keberlanjutan praktik akuakultur modern.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada sistem kontrol suhu dan monitoring pH air pada aquarium benih ikan lele dumbo berbasis IoT (Internet Of Things) menggunakan Arduino UNO dan NodeMcu adalah sebagai berikut: Rancang bangun sistem kontrol suhu dan monitoring pH air pada aquarium benih ikan lele dumbo berbasis IoT (Internet Of Things) dimulai dengan proses perancangan software dan hardware hingga pengujian sistem untuk mengetahui kinerja dari sistem Blynk digunakan sebagai interface untuk memantau hasil pembacaan sensor suhu dan pH. Suhu dikontrol dengan pemanas dan peltier. Sistem ini beroperasi dengan baik, seperti yang ditunjukkan oleh tingkat akurasi pengukuran sistem dengan alat ukur dan nilai penundaan rata-rata 13,5884298 milisecond, yang masuk dalam kategori sangat baik karena kurang dari 150 milisecond. Selain itu, persentase angka kehidupan benih ikan lele dumbo mencapai 100% dengan pertumbuhan yang sangat baik, dan suhu dan pH rata-rata rata-rata adalah 26°C.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Para penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan terkait dengan penelitian, penulisan, dan/atau publikasi dari artikel ini.

Daftar Pustaka

- Aluh, M., & Widyawati, L. (2018). IoT berbasis sistem smart home menggunakan Nodemcu V3. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*. <https://doi.org/10.52447/jkte.v3i2.1225>
- Augusta, T. S. (2017). Dinamika perubahan kualitas air terhadap pertumbuhan ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) yang dipelihara di kolam tanah. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika*, 5(1), 41–44.
- Billah, M. M., Yusof, Z. M., Kadir, K., Ali, A. M. M., & Ahmad, I. (2019). Quality maintenance of fish farm: Development of real-time water quality monitoring system. In *2019 IEEE International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA)* (pp. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSIMA47653.2019.9057294>
- Burget, P., & Pachner, D. (2005). Fish farm automation. *IFAC Proceedings Volumes*, 38(1), 137–142. <https://doi.org/10.3182/20050703-6-CZ-1902.02113>
- Hidayat, A. (2014). Analisa quality of service (QoS) jaringan internet kampus (Studi kasus: UIN Suska Riau). *Repository UIN Suska Riau*. <http://repository.uin-suska.ac.id/3509/>
- Hidayatullah, R., & Wijaya, A. (2014). Pemanfaatan bot Telegram sebagai media informasi di Excellent Private School Paiton. *Academia.edu*. https://www.academia.edu/download/57178707/Pemanfaatan_Bot_Telegram_Sebagai_Media_Informasi_Di_Les_Private_Excellent_Paiton.pdf
- Imaduddin, G., & Saprizal, A. (2017). Otomatisasi monitoring dan pengaturan keasaman larutan dan suhu air kolam ikan pada pembenihan ikan lele. *JUST IT: Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Komputer*, 7(2), 28–35.

- Lin, Y. B., & Tseng, H. C. (2019). FishTalk: An IoT-based mini aquarium system. *IEEE Access*, 7, 35457–35469. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2905017>
- Malik, C. R., Sucahyo, I., & Yantidewi, M. (2022). Automation of microcontroller-based control system for pH, temperature, and turbidity of aquarium water. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 10(3), 700–710. <https://doi.org/10.33394/jps.v10i3.5455>
- Murad, S. A. Z., Harun, A., Mohyar, S. N., Sapawi, R., & Ten, S. Y. (2017). Design of aquaponics water monitoring system using Arduino microcontroller. *AIP Conference Proceedings*, 1885(1), 020062. <https://doi.org/10.1063/1.5002442>
- Naufal, M. N. A. F., Hidayati, N., & Waluyo, W. (2023). Design and build automatic catfish feeding system biofloc. *Jurnal Jaringan Telekomunikasi (JARTEL)*, 13(2), 156–161. <https://doi.org/10.33795/jartel.v13i2.566>
- Pasha Mohd Daud, A. K., Sulaiman, N. A., Mohamad Yusof, Y. W., & Kassim, M. (2020). An IoT-based smart aquarium monitoring system. In *2020 IEEE 10th Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE)* (pp. 277–282). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISCAIE47305.2020.9108823>
- Qalit, A., Fardian, F., & Rahman, A. (2017). Rancang bangun prototipe pemantauan kadar pH dan kontrol suhu serta pemberian pakan otomatis pada budidaya ikan lele Sangkuriang berbasis IoT. *KITEKTRO: Jurnal Komputer, Informasi, Teknologi, dan Elektro*, 2(3), 8–15.
- Ramaiah, N., Sridhar, S. K., Chatterjee, N., Khadka, B., & T. P. D. (2020). Fish tank monitoring system using IoT. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 7(345), 298–304. <https://doi.org/10.32628/IJSRST207345>
- Ramdani, D. (2020). Rancang bangun sistem otomatisasi suhu dan monitoring pH air aquascape berbasis IoT menggunakan Nodemcu ESP8266 pada aplikasi Telegram. *Journal of Informatics, Information System, Software Engineering and Applications (INISTA)*, 3(1), 59–68. <https://doi.org/10.20895/inista.v3i1.173>
- Shaikh, F. A. Z., & Bhaskarwar, U. (2022). Smart aquarium using IoT. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 10(3), 151–156. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.40546>
- Siswanto, T. (2018). Aplikasi monitoring suhu air untuk budidaya ikan koi dengan menggunakan mikrokontroler Arduino sensor suhu DS18B20. *Jurnal Skanika*, 1(1), 40–46.
- Sukrismon, Y., Aripriharta, Hidayatullah, N., Mufti, N., Handayani, A. N., & Horng, G. J. (2019). Smart fish pond for economic growing in catfish farming. In *2019 International Conference on Computer Science, Information Technology, and Electrical Engineering (ICOMITEE)* (pp. 49–53). IEEE. <https://doi.org/10.1109/icomitee.2019.8921233>
- Supriadi, O., Sunardi, A., Baskara, H. A., & Safei, A. (2019). Controlling pH and temperature aquaponics use proportional control with Arduino and Raspberry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 550(1), 012016. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/550/1/012016>
- Susanto, A. B. (2024). Fish feeder and monitoring temperature control system menggunakan metode prototype pada akuarium ikan hias koki berbasis internet of things. *Diponegoro University Repository*. <https://doc-pak.undip.ac.id/id/eprint/26011>
- Tadeus, D., Azazi, K., & Metana, D. A. (2019). Model sistem monitoring pH dan kekeruhan pada akuarium air tawar berbasis internet of things. *Metana*, 15(2), 49–56. <https://doi.org/10.14710/metana.v15i1.26046>
- Taufik, M., Mahardika, B. P., & Turnip, A. (2022). Control system prototype of feeding and water draining in bucket catfish cultivation based on Arduino Uno. In *2022 IEEE International Conference on Sustainable Engineering and Creative Computing (ICSECC)* (pp. 63–66). IEEE. <https://doi.org/10.1109/icsecc56055.2022.10330947>
- Wilson, S. I. (2016). Perancangan alat penyejuk ruangan dengan menggunakan metode Peltier. (Tugas Akhir). *Politeknik Negeri Manado*. <https://repository.polimdo.ac.id/561/>