

## Implementasi *Industrial Internet of Things* (IIOT) pada Budidaya Ikan Air Tawar

Muhammad Rozakullah Al-Ariki<sup>1</sup>, Muladi<sup>2\*</sup>, Soraya Norma Mustika<sup>3</sup>

1. Universitas Negeri Malang, Indonesia | [arikial.1805366@students.um.ac.id](mailto:arikial.1805366@students.um.ac.id)

2. Universitas Negeri Malang, Indonesia | [muladi@um.ac.id](mailto:muladi@um.ac.id)

3. Universitas Negeri Malang, Indonesia | [soraya.norma.ft@um.ac.id](mailto:soraya.norma.ft@um.ac.id)

### Abstrak

Pemanfaatan *Industrial Internet of Things* (IIoT) pada industri perikanan bukanlah hal yang mustahil. Kombinasi IoT dan budidaya perikanan sehingga pelaku bisnis perikanan dapat dengan mudah memantau lingkungan tambak secara *realtime*. Tujuan dari penelitian ini adalah diciptakannya prototipe kendali otomatis dan monitor nilai pH, suhu, kekeruhan, dan ketinggian air berbasis *Internet of Things* (IoT) pada kolam budidaya ikan air tawar pada industri perikanan. Target luaran yang dicapai berupa prototipe kendali otomatis dan monitor nilai pH, suhu, kekeruhan, dan ketinggian air berbasis IoT pada budidaya ikan air tawar. Pengembangan sistem dimulai dengan perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, realisasi alat, pengujian alat, serta analisis hasil pengujian. Penerapan IoT dalam kolam ikan dapat membantu petani dalam mengendalikan dan memantau kualitas air dalam kolam ikan air tawar melalui *smartphone*. Sistem kendali dan monitor alat ini bekerja secara otomatis, sehingga petani tidak perlu datang ke lokasi secara langsung untuk mengukur kualitas air, serta memudahkan petani yang memiliki banyak kolam ikan. Dari pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik untuk mengontrol kualitas air kolam ikan sesuai dengan nilai parameter yang dikehendaki. Hasil pengujian tiap sensor mendapatkan nilai eror kurang dari 5%. Sistem sudah dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan sehingga petani dapat dengan mudah untuk memantau kualitas air kolam ikan pada *smartphone*. Alat ini diharapkan dapat membantu peternak ikan air tawar dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas produksinya.

### Kata Kunci

*Internet of Things*, budidaya ikan air tawar, sistem kolam, pengamatan dan kontrol

## 1. Pendahuluan

Menurut Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia (KKP), ikan air tawar bandeng, gurami, lele, mujair, dan nila adalah jenis ikan yang paling banyak dibudidayakan di Pulau Jawa. Pada tahun 2016-2017 produksi ikan air tawar di Pulau Jawa mengalami peningkatan yang sangat pesat, tetapi pada tahun 2018 mengalami penurunan dan pada tahun 2019-2020 mengalami kenaikan (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2021). Produksi ikan air tawar terbesar pada tahun 2020 dengan produksi sebesar 1,5 juta ton. Dari produksi ikan air tawar tersebut, salah satu jenis budidaya ikan yang digunakan petani adalah budidaya kolam air tawar. Produksi budidaya kolam air tawar lebih besar daripada tambak dan karamba, yaitu sebesar 942.109 ton sehingga jenis budidaya kolam berpotensi untuk dikembangkan (Syamsuri and Alang, 2023).

Air adalah sumber daya alam yang sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia dan organisme lainnya, dan fungsi air dalam kehidupan tidak dapat digantikan oleh senyawa apa pun (Pramleonia et al., 2018; Siegers and Prayitno, 2019). Penilaian kualitas air yang baik pada air tawar meliputi suhu, derajat keasaman (pH), kadar garam (salinitas), kadar amonia, dan kekeruhan (Azhari and Tomaso, 2018; Kusumaningrum et al., 2017). Setiap jenis ikan yang dibudidayakan memiliki kebutuhan kondisi air yang berbeda untuk pertumbuhan yang optimal (Bhawiyuga and Yahya, 2019; Setyaningrum et al., 2019). Oleh karena itu, petani ikan perlu melakukan pengamatan berkala terhadap kondisi air dan melakukan beberapa perlakuan agar kondisi air tetap sesuai dengan kebutuhan dasar untuk pertumbuhan dan perkembangan ikan (Pratama et al., 2021).

Penelitian sebelumnya melakukan pemantauan pH, suhu dan salinitas kolam ikan dengan IoT (Chen et al., 2022; Dwiyaniti et al., 2019; Junaidi and Kartiko, 2020). Peneliti lain juga memantau kekeruhan air kolam ikan dengan IoT (Adityas et al., 2021; Susanti et al., 2022). Selain menggunakan IoT, beberapa peneliti lainnya juga melakukan kendali suhu dan tinggi air kolam ikan (Amalia et al., 2021), kendali suhu dan PH air kolam ikan (Fikri, 2024), dan kendali suhu dan gas amonia di kolam ikan (Kristiantya et al., 2022). Semua penelitian tersebut mendapatkan hasil yang baik yaitu sistem yang dikembangkan dapat mengendalikan dan memantau kondisi air di kolam ikan, namun belum semua parameter kondisi air sudah dikendalikan dan dipantau dalam penelitian tersebut.

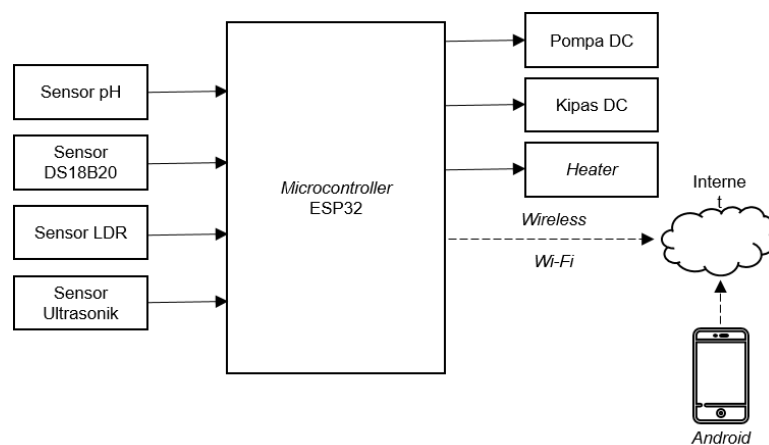
Dalam penelitian ini, dibangun sebuah prototipe kendali dan monitor kondisi air kolam budidaya ikan air tawar menggunakan *Industrial Internet of Things* (IIOT). Variabel kualitas air yang dikendalikan dan dipantau meliputi suhu, pH, kekeruhan, serta ketinggian air kolam ikan. Sistem dikendalikan dan dipantau menggunakan sistem IoT yang terdiri atas *node sensor*, server jaringan, server aplikasi, dan aplikasi pada Android berbasis platform Blynk. Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan penerapan IoT dalam kolam ikan air tawar dapat membantu petani dalam mengendalikan dan memantau kualitas air dalam budidaya ikan air tawar secara otomatis dan dapat dilakukan dari mana saja.

## 2. Metode

### 2.1. Sistem IoT yang Dikembangkan

Prinsip kerja dari alat ini adalah untuk melakukan pemantauan parameter kualitas air pada kolam budidaya ikan air tawar menggunakan sensor suhu, pH, kekeruhan, dan ketinggian air. *Node sensor* menggunakan sensor suhu DS18B20, sensor pH 4502C, sensor LDR, dan sensor ultrasonik HC-SR04 serta aktuator berupa *relay* untuk pompa dan kipas. Sensor-sensor dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Data yang diperoleh akan diproses dan digunakan untuk mengontrol aktuator berupa pompa air, pompa cairan pH, dan kipas angin. Data hasil pemantauan dan pengontrolan dikirim ke server *cloud* Blynk di internet dengan menggunakan jaringan WiFi. Sistem dapat dipantau dan dikontrol dari aplikasi Blynk pada *smartphone* Android atau laman web dengan menggunakan aplikasi perambah.

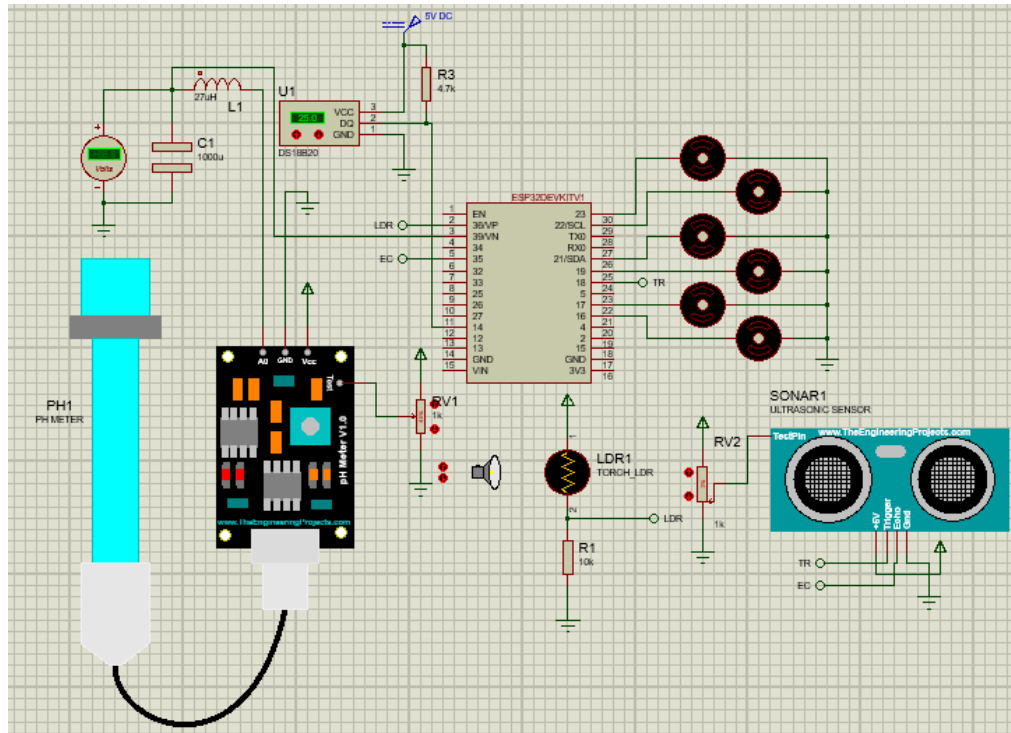
Diagram blok sistem ditunjukkan dalam Gambar 1. *Input* sistem terdiri dari sensor DS18B20 untuk mengukur suhu air, sensor pH 4502C untuk mengukur pH air, sensor LDR untuk mengukur tingkat kekeruhan air, dan sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur ketinggian air. Data dari empat parameter tersebut akan diterima oleh mikrokontroler ESP32 melalui *port* analog maupun digital. Data tersebut dikirimkan ke server Blynk di internet melalui jaringan WiFi. Aplikasi Blynk pada *smartphone* digunakan untuk mengakses data tersebut dan menampilkan informasi pemantauan. Aplikasi ini berfungsi untuk memberikan perintah pengendalian ke *node sensor*. Perintah diberikan melalui aplikasi Blynk pada *smartphone* untuk dikirimkan ke mikrokontroler. Sistem diberi catu daya dengan catu daya sebesar 5V digunakan untuk mencatu sensor dan pompa DC, dan catu daya 12 V digunakan untuk mencatu kipas DC. Catu daya ESP32 didapat dari komputer dengan menggunakan *port* komunikasi antara ESP32 dan komputer menggunakan kabel USB dengan kecepatan transfer data sebesar 9600 bps (*bit per second*). Pada bagian *output* digunakan pompa DC, kipas DC, dan *heater*. Hasil pembacaan setiap sensor akan diolah oleh mikrokontroler ESP32 dan menghasilkan keluaran untuk mengaktifkan atau mematikan *relay*.



Gambar 1. Diagram blok sistem

## 2.2. Rangkaian Elektrik Keseluruhan

Rangkaian elektrik keseluruhan adalah gabungan dari sensor suhu DS18B20, pH 4502C, LDR, ultrasonik, dan mikrokontroler ESP32 seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.



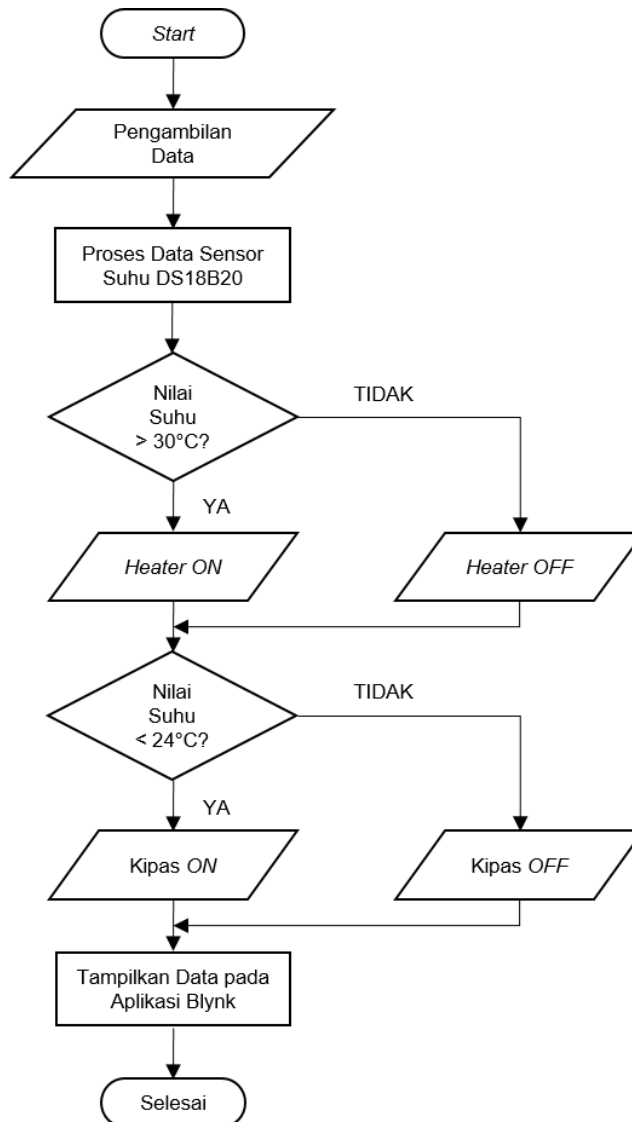
Gambar 2. Rangkaian elektrik keseluruhan

## 2.3. Desain Miniatur Kolam

Miniatur kolam menggunakan kotak plastik berukuran panjang 32 cm, lebar 22 cm, dan tinggi 21,5 cm. Tiga wadah plastik berbentuk tabung dengan ukuran diameter 11,5 cm dan tinggi 13 cm digunakan sebagai tangki atau wadah larutan pH UP, pH DOWN, dan air biasa. Media kolam diisi air dengan volume 21 liter dan tangki larutan diisi air dengan volume 1,05 liter. Kotak kontrol menggunakan kotak plastik hitam berukuran 18 cm x 10,8 cm x 6 cm.

## 2.4. Rancangan Perangkat Lunak

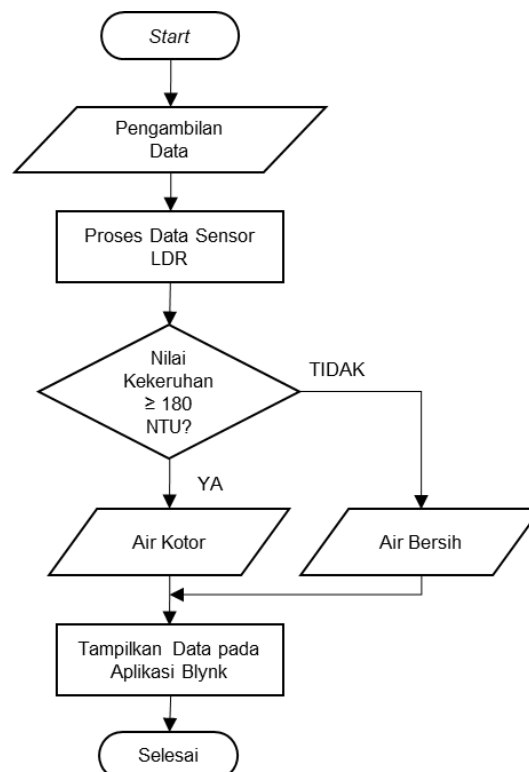
Perangkat lunak terdiri dari dua bagian yaitu perangkat lunak pada mikrokontroler untuk pembacaan sensor dan pengendalian aktuator, dan perangkat lunak Android menggunakan Blynk. Hasil pembacaan sensor digunakan untuk mengendalikan aktuator berupa pompa-pompa sehingga kondisi air berada pada kondisi yang diinginkan. Gambar 3 menunjukkan alur proses pemantauan dan pengendalian suhu dan Gambar 4 menunjukkan alur proses pemantauan dan pengendalian kekeruhan air.



**Gambar 3.** Alur pemantauan dan pengendalian suhu

Hasil pembacaan setiap sensor akan diolah oleh mikrokontroler ESP32 dan menghasilkan keluaran untuk mengaktifkan atau mematikan *relay*. Dalam Gambar 3 terlihat ketika suhu kurang dari 24°C, maka pemanas air (*water heater*) akan aktif untuk menaikkan suhu air. Ketika suhu air lebih dari 30°C, maka kipas akan aktif untuk menurunkan suhu air kolam ikan air tawar. Pompa air pada larutan pH UP akan aktif untuk menaikkan nilai pH ketika pH air kolam ikan kurang dari 6,5 dan pompa air pada larutan pH DOWN akan aktif untuk menurunkan nilai pH ketika pH air kolam lebih dari 8. Ketika tinggi air kolam ikan air tawar lebih dari 20 cm, maka pompa air di dalam kolam ikan air tawar akan aktif untuk mengeluarkan air supaya ketika hujan atau kolam diberi

larutan pH UP atau pH DOWN, air pada kolam ikan tidak meluap. Ketika tinggi air kolam ikan air tawar kurang dari 19 cm, maka pompa air di dalam kolam ikan air tawar akan aktif untuk mengisi air pada kolam ikan air tawar. Seperti yang terlihat dalam Gambar 4, sensor LDR digunakan untuk mendeteksi kekeruhan air, air dikatakan keruh ketika sensor membaca nilai kekeruhan air lebih dari 180 NTU. Hasil pembacaan setiap sensor dapat dilihat di aplikasi Blynk pada *smartphone*



Gambar 4. Alur pemantauan dan pengendalian kekeruhan

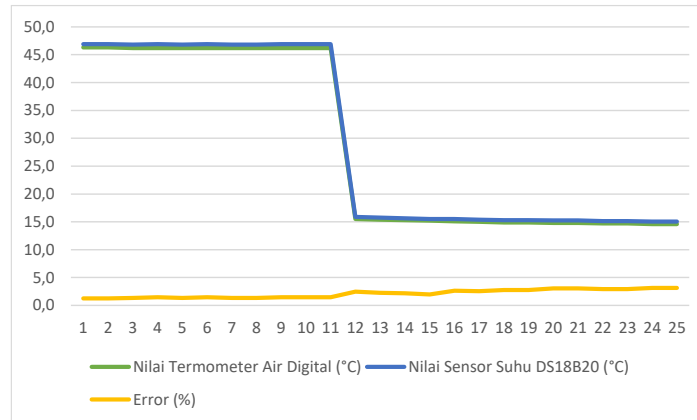
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Pengujian Sensor

Pengujian sensor suhu DS18B20 dilaksanakan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dengan cara membandingkan nilai hasil pembacaan sensor DS18B20 dengan termometer air digital. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Gambar 5. Nilai kesalahan (*error*) pada setiap sensor ditentukan dengan Pers. (1).

$$Error(\%) = \frac{\text{Selisih pengukuran}}{\text{Nilai pembacaan alat ukur}} \times 100\% \quad \text{Pers. (1)}$$

Dari Gambar 5 dapat diketahui nilai *error* rata-rata dari pembacaan termometer dan DS18B20 adalah 2,12%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor DS18B20 dapat membaca perubahan suhu air dan berfungsi dengan benar.



**Gambar 5.** Perbandingan nilai sensor suhu DS18B20 dan termometer air digital

Pengujian sensor pH 4502C dilaksanakan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor pH 4502C dengan larutan pH *buffer* yang sudah diketahui nilainya. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel 1 yang menunjukkan bahwa nilai *error* rata-rata adalah 0,24 %.

**Tabel 1.** Perbandingan nilai sensor pH dan larutan pH *buffer*

| No.                    | Nilai pH <i>Buffer</i> (pH) | Nilai Sensor (pH) | <i>Error</i> (%) |
|------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|
| 1                      | 4,00                        | 4,01              | 0,15             |
| 2                      | 6,86                        | 6,87              | 0,19             |
| 3                      | 9,18                        | 9,22              | 0,38             |
| <i>Error</i> rata-rata |                             |                   | 0,24             |

Pengujian kekeruhan air menggunakan sensor LDR dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dengan cara membandingkan nilai hasil pembacaan sensor LDR dengan alat ukur kekeruhan air yaitu turbidimeter. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai *error* rata-rata dari pembacaan nilai kekeruhan air pada sensor LDR dan sampel air menggunakan persamaan (1) dengan hasil 2,92 %. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa sensor pH4502C dapat membaca perubahan kekeruhan air dan dapat berfungsi dengan baik.

Pengujian ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dilaksanakan supaya mengetahui tingkat akurasi sensor dengan cara membandingkan nilai hasil pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 dengan pengukuran manual menggunakan penggaris. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai *error* rata-rata dari pembacaan nilai ketinggian air pada sensor ultrasonik HC-SR04 dan pengukuran manual dengan penggaris menggunakan Pers. (1) dengan

hasil 2,24 %. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 dapat membaca perubahan ketinggian air dan dapat bekerja dengan baik.

**Tabel 2.** Perbandingan nilai sensor LDR dan sampel air

| No.             | Sampel Air   | Nilai Sampel Air (NTU) | Nilai Sensor LDR (NTU) | Error (%) |
|-----------------|--------------|------------------------|------------------------|-----------|
| 1               | Sampel Air A | 1,5                    | 1,38                   | 8,33      |
| 2               | Sampel Air B | 24,9                   | 25,01                  | 0,42      |
| 3               | Sampel Air C | 188,8                  | 188,81                 | 0,01      |
| Error rata-rata |              |                        |                        | 2,92      |

### 3.2. Pengujian Sistem Keseluruhan

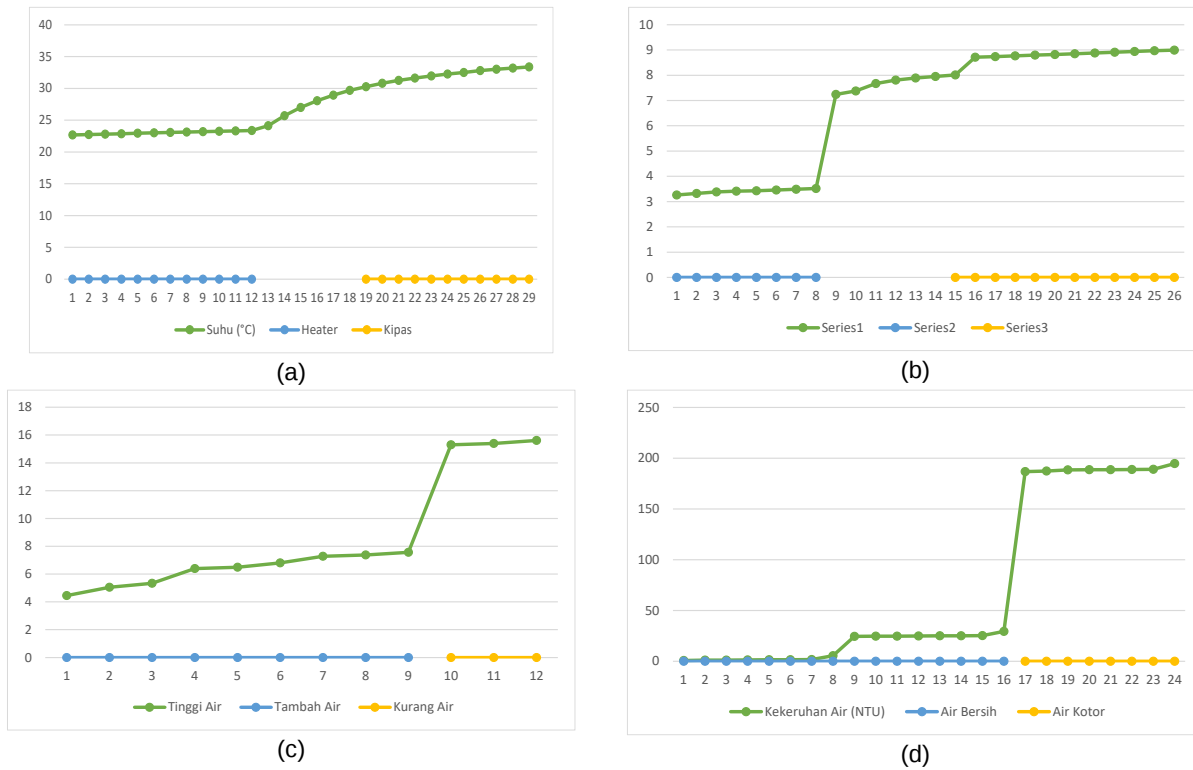
Pengujian sistem keseluruhan pada penelitian ini menggabungkan semua bagian alat dan menguji kinerja sistem dengan melakukan manipulasi kondisi yaitu dengan cara mengubah-ubah nilai kondisi suhu, pH, kekeruhan, dan ketinggian air. Pengujian juga dilakukan untuk menguji *output* dari sistem yaitu pompa DC, *water heater*, dan kipas DC.

Pengujian sistem dengan perubahan suhu dilakukan dengan menggunakan air dingin dan hangat. Ketika suhu air di atas 30°C, sistem mengaktifkan kipas untuk menurunkan suhu air. Sistem akan mengaktifkan *water heater* untuk menaikkan suhu air pada kolam ikan ketika suhu air di bawah 24°C. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 6(a).

Gambar 6(b) menunjukkan hasil pengujian sistem dengan perubahan pH. Pada pengujian ini digunakan larutan pH *buffer*. Sistem dapat berjalan dengan baik yaitu ketika pH bernilai lebih dari 8, maka pompa air pada larutan pH *DOWN* akan aktif untuk menurunkan pH air kolam ikan air tawar. Ketika pH bernilai kurang dari 6,5, maka pompa air pada larutan pH *UP* akan aktif untuk menaikkan pH air pada kolam ikan. Nilai pH pada air kolam ditentukan berdasarkan jenis ikan dan pada umumnya berada pada nilai di sekitar pH netral yaitu 7.

Pengujian sistem untuk memantau dan mengontrol perubahan ketinggian air dilakukan dengan mengisi sebuah bejana dengan air. Ketinggian air diukur dengan mistar sebagai perbandingan hasil pengukuran oleh sistem. Sistem dapat mengontrol ketinggian dengan baik yaitu ketika air ditambahkan ke dalam bejana dan ketinggian air terbaca lebih dari 14 cm, ditunjukkan pada Gambar 6(c), maka pompa air di dalam kolam ikan akan aktif untuk mengurangi air. Ketika air dikurangi dari dalam bejana dan ketinggian air terbaca kurang dari 13 cm, maka pompa air akan aktif untuk mengisi air pada kolam ikan air tawar. Kontrol ini bertujuan agar motor pompa air diaktifkan pada dua titik kontrol untuk menghindari loop kontrol.

Gambar 6(d) menunjukkan hasil pengujian perubahan kekeruhan air kolam. Sistem dapat berjalan dengan baik yaitu ketika kekeruhan air bernilai lebih dari atau sama dengan 180 NTU, maka pada *serial monitor* akan terbaca air kotor. Ketika kekeruhan air kurang dari 180 NTU, maka air pada kolam ikan air tawar akan terbaca bersih.

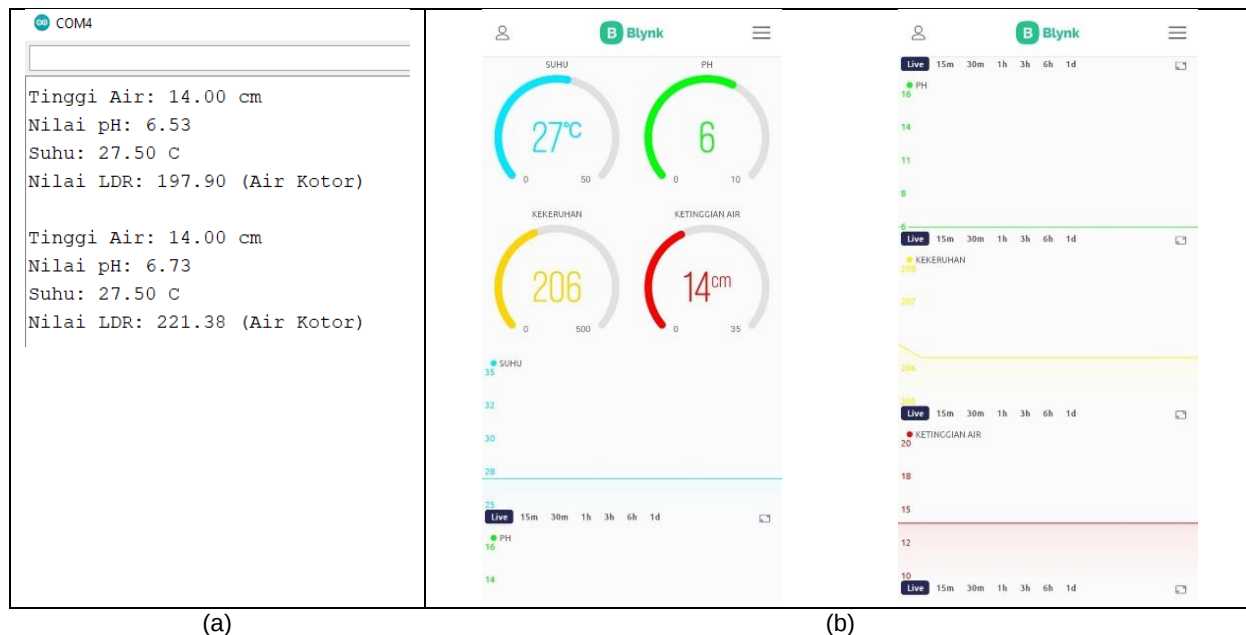


**Gambar 8.** Pengujian sistem dengan (a) perubahan suhu, (b) perubahan pH., (c) perubahan ketinggian, dan (d) perubahan kekeruhan

### 3.3. Pengujian Pengamatan

Perbandingan hasil pengujian pengamatan ditunjukkan pada Gambar 7 yang terdiri dari *serial monitor* pada bagian (a) dan tampilan pada aplikasi *Blynk* pada bagian (b). Pada aplikasi dan *web Blynk* ditambahkan *widget* grafik untuk memantau nilai pembacaan sensor secara *real time*. Pemantauan dapat dilakukan dari berbagai lokasi yang jauh melalui jaringan internet seluler. Kecepatan data yang diterima oleh aplikasi *Blynk* pada *smartphone* Android ditentukan oleh kualitas koneksi internet baik di lokasi kolam maupun di lokasi *smartphone* pengguna aplikasi *Blynk* tersebut (Hayaty and Mutmainah, 2019). Kecepatan koneksi ini juga menentukan kecepatan fungsi kontrol yang dikirimkan oleh *smartphone* ke aktuator yang berada di kolam budidaya ikan. Oleh karena posisi perangkat *smartphone* pemantau sangat penting dalam memberikan respon yang cepat terhadap perubahan kondisi air kolam budidaya.

Pengujian pengamatan dilakukan dengan menampilkan nilai pembacaan sensor DS18B20, sensor pH, sensor ultrasonik, dan sensor LDR pada aplikasi dan *web Blynk*. Tujuan dari pengujian pengamatan untuk mengetahui perbandingan hasil pemantauan pembacaan sensor pada *serial monitor* dengan aplikasi dan *web Blynk*.



Gambar 9. Hasil perbandingan pengujian pengamatan (a) serial monitor (b) aplikasi Blynk Android

#### 4. Kesimpulan

Dari perancangan, pengujian, dan analisis penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik untuk mengontrol kualitas air kolam ikan sesuai dengan nilai parameter yang dikehendaki. Dari hasil pengujian tiap sensor, didapatkan nilai *error* kurang dari 5%. Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian keseluruhan dan pengujian pengamatan untuk mengetahui apakah sistem sudah berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Dari hasil pengujian, diketahui bahwa sistem sudah dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan sehingga peternak dapat dengan mudah untuk *monitoring* kualitas air kolam ikan pada *smartphone*. Untuk pengembangan sistem kontrol otomatis dan *monitoring* kualitas air kolam ikan air tawar dapat menggunakan sensor pH dengan spesifikasi yang lebih andal, seperti sensor pH SEN0161, menambahkan sensor oksigen terlarut untuk mengetahui penilaian kualitas air yang baik, dan menambahkan modul untuk pengisian baterai dengan tenaga surya sebagai sumber tegangan. Alat yang telah dibuat dapat digunakan untuk berbagai jenis ikan air tawar yang memiliki karakteristik air kolam sama dengan ikan gurami.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Negeri Malang yang telah mendanai kegiatan penelitian ini melalui Hibah Penelitian Dasar Skema Penelitian Skripsi Tahun Anggaran 2022 Nomor. 19.5.1235/UN32.201.1/LT/2022.

## Daftar Rujukan

- Adityas, Y., Ahmad, M., Khamim, M., Sofi, K., Riady, S.R., 2021. Water Quality Monitoring System with Parameter of pH, Temperature, Turbidity, and Salinity Based on Internet of Things. *JISA(Jurnal Informatika dan Sains)* 4, 138–143. <https://doi.org/10.31326/jisa.v4i2.965>
- Amalia, S., Andari, R., Kartiria, K., Putra, P.E., 2021. Prototype Sistem Kontrol dan Monitoring Suhu serta Ketinggian Air pada Kolam Budidaya Ikan Menggunakan Logika Fuzzy. *RADIAL* 9, 23–38. <https://doi.org/10.37971/radial.v9i1.217>
- Azhari, D., Tomaso, A.M., 2018. Kajian Kualitas Air dan Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang Dibudidayakan dengan Sistem Akuaponik. *Akuatika Indonesia* 3, 84–90. <https://doi.org/10.24198/jaki.v3i2.23392>
- Bhawiyuga, A., Yahya, W., 2019. Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Budidaya Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Protokol LoRa. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* 6, 99–106. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2019611292>
- Chen, C.-H., Wu, Y.-C., Zhang, J.-X., Chen, Y.-H., 2022. IoT-Based Fish Farm Water Quality Monitoring System. *Sensors* 22, 6700. <https://doi.org/10.3390/s22176700>
- Dwiyanti, M., Wardhani, R.N., Zen, T., 2019. Desain Sistem Pemantauan Kualitas Air Pada Perikanan Budidaya Berbasis Internet Of Things Dan Pengujiannya. *MULTINETICS* 5, 57–61. <https://doi.org/10.32722/multinetics.v5i2.2226>
- Fikri, G.L., 2024. Rancang Bangun Alat Pemantau dan Pengendali Suhu dan pH Air pada Kolam Ikan Gabus Berbasis IoT. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan* 12. <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3S1.5293>
- Hayaty, M., Mutmainah, A.R., 2019. Sistem kendali dan pemantauan penggunaan listrik berbasis IoT menggunakan Wemos dan aplikasi Blynk. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer* 7, 161–165. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.7.4.2019.161-165>
- Junaidi, A., Kartiko, C., 2020. Design of Pond Water Quality Monitoring System Based on Internet of Things and Pond Fish Market in Real-Time to Support the Industrial Revolution 4.0. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 771, 012034. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/771/1/012034>
- Kristiantya, Y.N., Setiawan, E., Prasetyo, B.H., 2022. Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air pada Kolam Ikan Air Tawar menggunakan Logika Fuzzy berbasis Arduino. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* 6, 3145–3154.
- Kusumaningrum, I., Zakia, N., Nilasari, C., 2017. Pengaruh Derajat Keasaman (pH) Media Tanam dan Waktu Panen pada Fortifikasi Selenium Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). *JC-T* 1, 30–34. <https://doi.org/10.17977/um026v1i12017p030>
- Pramleonita, M., Yuliani, N., Arizal, R., Wardoyo, S.E., 2018. Parameter Fisika dan Kimia Air Kolam Ikan Nila Hitam (*Oreochromis Niloticus*). *JURNAL SAINS NATURAL* 8, 24–34. <https://doi.org/10.31938/jsn.v8i1.107>

- Pratama, M.A., Arthana, I.W., Kartika, G.R.A., 2021. Fluktuasi Kualitas Air Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dengan Beberapa Variasi Sistem Resirkulasi. *Current Trends in Aquatic Science* 4, 102–107.
- Setyaningrum, N., Sastranegara, M.H., Isdianto, F., 2019. Kualitas Air dan Pertumbuhan Ikan Nilem (*Osteochilus vittatus Valenciennes*) pada Sistem Resirkulasi dengan Media Filtrasi Berbeda 36, 139–146. <https://doi.org/10.20884/1.mib.2019.36.3.763>
- Siegers, W.H., Prayitno, Y., 2019. Pengaruh Kualitas Air terhadap Pertumbuhan Ikan Nila Nirwana (*Oreochromis sp.*) pada Tambak Payau. *The Journal of Fisheries Development* 3, 95–104.
- Susanti, N.D., Sagita, D., Apriyanto, I.F., Anggara, C.E.W., Darmajana, D.A., Rahayuningtyas, A., 2022. Design and Implementation of Water Quality Monitoring System (Temperature, pH, TDS) in Aquaculture Using IoT at Low Cost. Presented at the 6th International Conference of Food, Agriculture, and Natural Resource (IC-FANRES 2021), Atlantis Press, pp. 7–11. <https://doi.org/10.2991/absr.k.220101.002>
- Syamsuri, S., Alang, H., 2023. Potensi Ekonomi dan Kelayakan Usaha Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) Berbasis Kearifan Lokal di Kampung Laut Desa Jeruju Besar Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Ilmu Ilmu Agribisnis: Journal of Agribusiness Science* 11, 87–93. <https://doi.org/10.23960/jiia.v11i2.6698>