

Smart Aquaculture in Internet of Things-based Catfish Farming

Kurniawan Budi Kusnanto^{a,1}, Aris Nasuha^{a,2,*}

^a Department of Electrical and Electronics Engineering, Vocational Faculty, UNY

¹ kurniawanbudi.2019@student.uny.ac.id; ² arisnasuha@uny.ac.id

* Corresponding Author

ARTICLE INFO

Article History

Received 17 April 2023

Revised 24 April 2023

Accepted 08 May 2023

Keywords

Internet of Things,
Monitoring,
Water Quality.

ABSTRACT

The primary objective of developing the project titled "Smart Aquaculture in Internet of Things-based Catfish Farming" is to create a specialized tool for catfish farming that facilitates automated monitoring and control of water quality, eliminating the need for manual intervention at the aquaculture pond. The collected data is made accessible through a web monitoring system. The tool aims to mitigate catfish mortality risks, enhance yield, and streamline the cultivation process. The development process of this tool encompasses several stages, which are as follows: (1) Requirements Analysis, involving the identification of necessary tools and materials for the project; (2) Implementation, encompassing the design and fabrication of the tool, outlining the circuit scheme, and detailing the step-by-step manufacturing process; (3) Testing, describing the procedures and results of evaluating the tool's performance. The monitoring system employs PH-4502C sensors, DS18B20 temperature sensor, and HC-SR04 level sensor, all controlled by ESP32 DevKit. Comparative analysis against standard measuring instruments demonstrates an average error percentage of 1.64% for pH, 0.88% for temperature, and 0.70% for water level measurements. Additionally, the data transmission test reveals a delay of 19.16 seconds, while the actuator response test, based on sensor readings, successfully operates within the system's intended parameters.

Tujuan dari pembuatan proyek akhir yang berjudul "Smart Aquaculture in Internet of Things-based Catfish Farming" adalah merancang alat budidaya ikan lele yang dapat membantu budidaya ikan lele, dengan cara memantau dan mengendalikan kualitas air secara otomatis tanpa harus mendatangi kolam budidaya, kemudian proses pemantauannya dapat dilihat pada web monitoring. Dengan adanya alat ini, diharapkan dapat mengurangi resiko kematian pada ikan lele, dapat meningkatkan hasil panen dan mengefisienkan proses budidaya. Proses perancangan dan pembuatan alat ini dilakukan dengan beberapa tahap, sebagai berikut: (1) Analisis Kebutuhan yang mencakup alat dan bahan yang diperlukan untuk membuat tugas akhir, (2) Implementasi yang mencakup perancangan dan pembuatan alat yang menjelaskan proses perancangan skema rangkaian serta pembuatan alat dari awal sampai akhir, (3) Pengujian yang menjelaskan bagaimana proses pengujian alat dilakukan. Implementasi dirancang menggunakan mikrokontrol ES32 DevKit dengan sensor PH-4502C, DS18B20, dan HC-SR04 didapat hasil perbandingan pembacaan sensor terhadap alat ukur standar dengan persentase error rata – rata 1,64% untuk pembacaan pH air, 0,88% untuk pembacaan suhu, dan 0,70% untuk pembacaan level air kolam. Kemudian pada hasil uji pengiriman data didapat delay sebesar 19,16 detik dan pada pengujian respon aktuator berdasar pembacaan sensor bekerja dengan baik sesuai dengan sistem yang diterapkan.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi memunculkan berbagai inovasi salah satunya ialah Internet of Things dimana pada penerapannya mengacu pada penggunaan sensor, aktuator dan komunikasi yang terintegrasi sehingga memungkinkan untuk melakukan pengambilan data, pengumpulan data, dan menampilkan data secara wireless sehingga dapat membantu untuk mengambil keputusan guna optimalisasi hasil pada berbagai bidang pengaplikasian (Bansal, et al., 2015).

Ikan lele merupakan salah satu komoditas perikanan yang paling sering dikonsumsi masyarakat. Pasalnya, lele mempunyai rasa yang lezat dan harganya cukup terjangkau. Hal itu membuat produksi lele di dalam negeri cukup besar. Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) mencatat, produksi lele di Indonesia mencapai 1,06 juta ton dengan nilai Rp18,93 triliun pada 2021. Berdasarkan volumenya, produksi lele meningkat 2,95% dibandingkan tahun sebelumnya yang sebesar 1,03 juta ton. Secara nilai, produksi lele juga naik 1,58% dibandingkan pada 2020 yang sebesar Rp18,63 triliun. Melihat trennya dalam satu dekade terakhir, produksi ikan lele mengalami fluktuasi cenderung meningkat. Produksi ikan lele paling banyak sebesar 1,14 juta ton dengan nilai Rp19,94 triliun pada 2017. Secara rinci, produksi ikan lele yang berasal dari hasil budi daya sebanyak 1,03 juta ton dengan nilai Rp17,79 triliun sepanjang tahun lalu. Sementara, produksi ikan lele dari hasil tangkap perairan umum daratan (PUD) sebanyak 34.915,83 ton dengan nilai Rp1,13 triliun. Berdasarkan wilayahnya, produksi ikan lele terbesar berada di Jawa Barat mencapai 245.408,8 ton dengan nilai Rp4,22 triliun. Posisinya disusul oleh Jawa Tengah dan Jawa Timur dengan produksi lele sebesar 164.608,29 ton dan 137.196,1 ton (Shilvina Widi, 2022).

Ikan lele terdapat di perairan umum, seperti sungai, rawa, waduk, dan genangan air lainnya. Tubuh lele berbentuk gilig memanjang, kepala gepeng, dan meruncing. Di dekat mulutnya ditumbuhi empat pasang kumis yang kaku memanjang. Kulit tubuh lele licin tidak bersisik dan berwarna kehitaman. Lele dapat hidup di daerah hingga ketinggian >1.000 m dpl dengan suhu 26–32 0C, pH 6,5–8, dan kandungan oksigen 3 ppm. Lele dapat hidup di perairan kotor dan lumpur karena memiliki alat bantu pernapasan yang terletak di atas rongga insang (arborescent atau labyrinth) sehingga mampu mengambil oksigen langsung dari udara (Loadia Mahartika, 2019).

Pada perkembangan budidaya ikan ini semakin tersebar luas pada masyarakat khususnya budidaya ikan lele. Dengan semakin berkembangnya budidaya ikan lele ini timbul berbagai permasalahan salah satunya ialah kualitas air kolam ikan lele khususnya pada kolam dengan desain beton atau bioflok yang disebabkan oleh kondisi cuaca yang sering berubah – ubah dan tidak terpenuhinya kadar oksigen pada kolam, maka mengakibatkan suhu dan pH air kolam mengalami kenaikan ataupun penurunan. Hal ini perlu adanya pemantauan dan pengendalian kualitas air kolam pada masa awal budidaya untuk mengurangi tingkat kematian. Kemudian permasalahan kedua yaitu dengan kondisi kolam berada diruang bebas, memungkinkan adanya kotoran daun – daun yang masuk ke dalam kolam, sehingga menyebabkan saluran buang air kolam atau pipa-U tersumbat, dan khususnya pada kolam dengan desain bioflok atau beton, memungkinkan adanya faktor kebocoran, maka perlu adanya pemantauan pada ketinggian air kolam.

Berdasar permasalahan tersebut perlu adanya pemantauan dan pengendalian kualitas air secara berkala pada kolam budidaya sehingga pada penelitian ini dibuat sebuah inovasi pemantauan dan pengendalian kualitas air pada kolam budidaya. Pada penelitian ini berjudul “Smart Aquaculture Pada Budidaya Ikan Lele Berbasis Internet of Things”. Smart yang diharapkan dapat mengendalikan atau menjaga kualitas air atau kondisi kolam tetap pada standar normal yaitu ketinggian >1.000 m dpl dengan suhu 26–32 0C, pH 6,5–8 (Loadia Mahartika, 2019) dan dengan implementasi Internet Of Things pada sistem yang dibangun dengan menggunakan sensor untuk mengukur pH air, suhu air dan level air dapat dilakukan pemantauan dan pengendalian kualitas air pada kolam tanpa harus mendatangi kolam satu persatu sehingga dapat memudahkan pembudidaya dan meningkatkan hasil produktivitas ikan lele.

2. Metode

2.1. Rancangan Umum

Perancangan dan pembuatan suatu sistem, dibutuhkan suatu gambaran umum yang dapat menjelaskan cara kerja sistem secara keseluruhan.

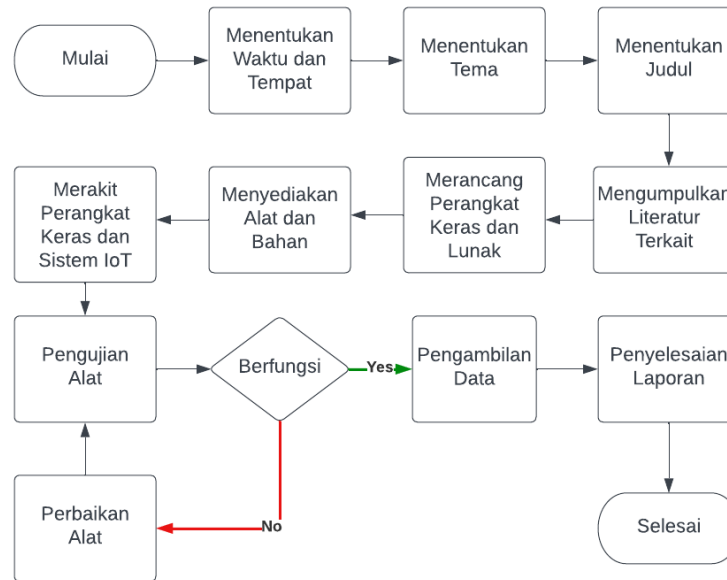


Fig. 1. Rancangan umum

Secara garis besar langkah-langkah dasar pelaksanaan penelitian ini digambarkan dalam blok diagram seperti pada Gambar 1. Langkah awal dalam penelitian ini ialah penentuan tema yaitu monitoring parameter kualitas air (keasaman air (pH), suhu air dan level air). Langkah selanjutnya ialah dengan mengumpulkan literatur terkait dengan penelitian kemudian dari literatur yang sudah didapat dikaji untuk kemudian digunakan sebagai dasar acuan dalam penelitian. Selanjutnya, melakukan perancangan dan desain perangkat keras dan lunak. Setelah alat dan bahan telah tersedia maka desain alat yang sudah dibuat dapat diimplementasikan sehingga dapat terintegrasi dengan sistem yang dibuat. Kalibrasi sensor-sensor yang digunakan perlu dilakukan sebelum pengujian untuk menghasilkan output yang valid. Jika pada saat pengujian terdapat komponen atau sistem tidak berfungsi, maka dilakukan perbaikan pada alat, lalu di uji kembali, hingga semua komponen dan sistem berfungsi dengan baik. Setelah dilakukan pengujian alat dilakukan pengambilan data dari alat diuji agar dapat mengetahui kerja alat serta kerja sistem yang telah dibuat. Setelah data telah diambil, laporan penelitian dibuat untuk melaporkan dan menganalisis kinerja alat yang dibuat.

2.2. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan kumpulan dari beberapa kebutuhan yang harus dipenuhi atau dimiliki oleh suatu alat yang akan dibuat sehingga menghasilkan produk yang berkualitas. Adapun beberapa analisis kebutuhan untuk membuat alat sebagai berikut:

- Menghasilkan alat yang dapat digunakan untuk memonitoring kualitas air kolam budidaya ikan lele yang dapat ditampilkan pada wab monitoring.
- Menghasilkan alat yang dapat menormalkan kondisi air kolam sesuai standart kualitas air kolam budidaya ikan lele, menggunakan otomisasi sistem kendali.
- Menghasilkan alat yang dapat melontarkan pakan secara otomatis berdasarkan waktu yang diatur.

- d. Menghasilkan alat yang mudah digunakan oleh semua kalangan, khususnya untuk para peternak ikan lele.

Pada tahap berikutnya yaitu menentukan komponen dan alat yang dibutuhkan dalam proses pembuatan alat. Untuk mempermudah dalam mengklasifikasi antara komponen dan kebutuhan alat tersebut, maka dibuat menjadi 3 bagian antara lain:

2.3. Kebutuhan Perangkat Keras

Sebuah alat selain memerlukan perangkat lunak sebagai media untuk membuat desain, dalam pembuatan alat juga memerlukan perangkat keras atau hardware. Berikut ini beberapa komponen yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini:

Sensor pH

Secara sederhana sensor pH meter merupakan salah satu jenis sensor kimia, dimana dalam proses pembacaannya didasarkan pada reaksi kimia yang kemudian diubah menjadi besaran listrik kemudian diolah oleh mikrokontroler menjadi besaran digital untuk kemudian dapat dikeluarkan menjadi nilai pH pada cairan yang diukur.

Didasarkan pada bagian elektroda yang dipakai dalam sensor pH meter terdapat dua bagian penting yaitu elektroda kaca yang digunakan untuk mengukur besar ion yang terukur dalam larutan kemudian besar ion yang telah terbaca diubah menjadi besaran nilai tegangan analog oleh elektroda referensi. Sehingga dengan prinsip kerja tersebut dapat diketahui bahwa semakin banyak elektron yang terdeteksi pada sampel maka semakin bernilai asam pula cairan tersebut, dan apabila semakin sedikit elektron yang terdeteksi maka sampel cairan tersebut bernilai basa (Azmi & Saniman, 2016).

Elektroda E-201 pH sensor Merupakan salah satu jenis sensor pH yang digunakan untuk mengukur derajat keasaman cairan. Modul Sensor PH-4502C digunakan untuk mengolah nilai tegangan yang terbaca dari elektroda berdasar pada besaran nilai ion yang terbaca pada larutan dengan suplai tegangan 5V, rentang pengukuran 0,00 - 14,00 PH, persentase akurasi 98,5%, menggunakan konektor port BNC, dan menggunakan output pin analog.

Sensor Suhu (DS18B20)

Sensor suhu DS18B20 merupakan sensor yang berfungsi untuk merubah besaran panas yang di tangkap menjadi besaran tegangan yang mana dalam sistem ini menggunakan IC DS18B20 dengan presisi tinggi.

Karakteristik dari IC DS18B20 memiliki faktor skala linear $+10\text{mV}/^\circ\text{C}$ dengan tingkat akurasi $0,5^\circ\text{C}$, jangkauan suhu antara -55°C sampai 150°C , bekerja pada tegangan 3 – 5 volt, dan impedensi keluaran sebesar $0,1\Omega$ serta melakukan proses pembacaan melalui antarmuka one wire (Arduino, 2010).

Sensor Jarak (HC-SR04)

Sensor HC-SR04 merupakan sensor ultrasonik yang dapat mengukur jarak benda dari 2 cm – 400 cm dengan akurasi 3mm. Dengan konsumsi tegangan 5 Vdc dan sudut sensor maksimal 15 derajat. Dengan prinsip kerja sensor HC-SR04 dimana mengatur pin Trig pada Keadaan HIGH selama 10 μs , maka pin trig (trigger) akan mengirimkan 8 siklus gelombang ultrasonik yang berjalan pada kecepatan suara dan diterima oleh pin Echo akan menampilkan waktu (dalam mikrodetik) gelombang suara berjalan sehingga dapat diolah oleh mikrokontrol untuk mendapat nilai jarak antara sensor dengan target atau benda.

Pada sensor ultrasonic gelombang ultrasonik dibangkitkan pada osilator dengan frekuensi tertentu, umumnya berfrekuensi 40 KHz. Prinsip kerja alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik pada suatu target, kemudian gelombang akan dipantulkan kembali setelah mengenai target kemudian ditangkap dan diolah oleh sensor untuk dihitung selisih antara waktu pengiriman dan penerimaan gelombang ultrasonik sehingga didapat jarak antara sensor dan target (Santoso, 2015).

ESP32 Devkit

ESP32 DevKit adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif System merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul Wi-Fi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi Internet Of Things. ESP32 DevKit sendiri tidak jauh berbeda dengan ESP8266 yang familiar di pasaran, hanya saja ESP32 DevKit lebih kompleks dibandingkan ESP8266.

Salah satu kelebihan yang dimiliki oleh ESP32 DevKit yaitu sudah terdapat Wi-Fi dan Bluetooth di dalamnya, sehingga akan sangat memudahkan ketika kita belajar membuat sistem IoT yang memerlukan koneksi wireless. Mikrokontroler ESP32 DevKit memiliki keunggulan yaitu sistem berbiaya rendah, dan juga berdaya rendah dengan modul Wi-Fi yang terintegrasi dengan chip mikrokontroler serta memiliki bluetooth dengan mode ganda dan fitur hemat daya menjadikannya lebih fleksibel. (circuits4you, 2018)

Relay adalah komponen elektronika yang prinsip kerjanya seperti saklar konvensional. Relay beroperasi secara elektrik dan termasuk jenis komponen elektromekanikal dengan Coil dan kontak saklar sebagai bagian utamanya. Prinsip Elektromagnetik berguna dalam cara kerja kontak saklar dimana arus listrik yang kecil dapat menghantarkan listrik dengan tegangan yang lebih tinggi

Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loud speaker, jadi buzzer juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. Buzzer ini digunakan sebagai indikator (alarm) (Riny Sulistyowati & Dedi Dwi Febriantoro, 2012)

Papan PCB

Printed Circuit Board atau disebut juga PCB adalah sebuah papan sirkuit cetak yang penuh dengan sirkuit dari logam yang menghubungkan komponen elektronik yang berbeda jenis maupun sama satu sama lain tanpa kabel. Untuk PCB yang mempunyai lapisan tembaga hanya pada salah satu sisi permukaannya saja disebut PCB satu sisi (Single-layer). Sedangkan PCB yang mempunyai lapisan tembaga di kedua sisi permukaannya disebut PCB dua sisi (Multilayer).

PCB (Printed Circuit Board) digunakan dalam aplikasi penerapan komponen-komponen elektronika dimana dalam pembuatannya meliputi perancangan skematik, pembuatan jalur rangkaian, pengeboran, pemasangan komponen dan penyolderan. Pembuatan rangkaian PCB bisa dilakukan secara manual atau secara komputerisasi. Membuat rangkaian secara manual tentu akan menghabiskan banyak biaya, waktu dan bila terjadi kesalahan akan sulit untuk dideteksi dan diperbaiki. Dengan demikian membuat rangkaian PCB dengan bantuan komputer merupakan suatu pilihan utama bagi seorang perancang dibandingkan dengan merancang PCB secara manual, karena dapat lebih meningkatkan waktu rancang produk, hasil yang lebih presisi dan akurat, serta mudah melakukan pengecekan dan perbaikan apabila ditemukan kesalahan dalam rangkaian PCB (Saguh Al Hafidz, 2017)

Box Pelindung

Box pelindung digunakan untuk melindungi komponen – komponen yang sudah tersusun dalam satuan rangkaian mikrokontroler pada papan PCB, agar terhindar dari cipratan air kolam dan air hujan, serta terhindar dari debu atau kotoran yang dapat menghambat fungsi dari rangkaian tersebut.

2.4. Kebutuhan Perangkat Lunak

Dalam melakukan proses desain dan perakitan komponen tentunya dibutuhkan sebuah

perangkat lunak untuk mempermudah dalam proses visualisasi sehingga gambaran mengenai desain alat akan terlihat secara nyata. Dalam hal ini dibutuhkan 3 (tiga) perangkat lunak yaitu Arduino IDE digunakan sebagai media pembuatan program dan upload program untuk menjalankan perangkat keras nantinya. Kicad yang berfungsi sebagai media untuk mensimulasikan dan membuat desain wiring elektronik, Thingspeak yang digunakan untuk pengumpul data yang diambil dari perangkat keras berupa beberapa sensor yang telah terhubung ke internet untuk keperluan visualisasi.

3. Arsitektur dan Rancangan Sistem

3.1. Arsitektur Sistem

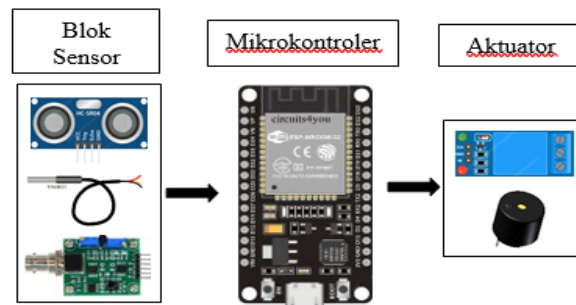


Fig. 2. Arsitektur sistem

Pada Gambar 2. adalah sistem kerja alat, dimana ESP32 DevKit mendapat suplai dari adaptor 5V kemudian sensor dihubungkan pada ESP32 DevKit untuk pemrosesan data dari sensor dan untuk mengatur output berupa *Buzzer* dan *Relay*. ESP32 DevKit juga berfungsi sebagai *gateway* koneksi ke internet untuk mengirimkan data dari pembacaan sensor ke platform IoT untuk dimonitor oleh user menggunakan jaringan internet melalui router. Selain berfungsi sebagai *transmitter*, ESP32 DevKit juga digunakan untuk sistem kendali, dimana terdapat *Relay* dan *Buzzer* yang digunakan untuk sistem kendali dan otomisasi alat.

3.2. Alur Logika Pemrograman

Perancangan ini membahas penggunaan perangkat lunak yang digunakan sebagai interface / tampilan data nilai sensor yang dibaca. Interface yang digunakan adalah tampilan dashboard web.

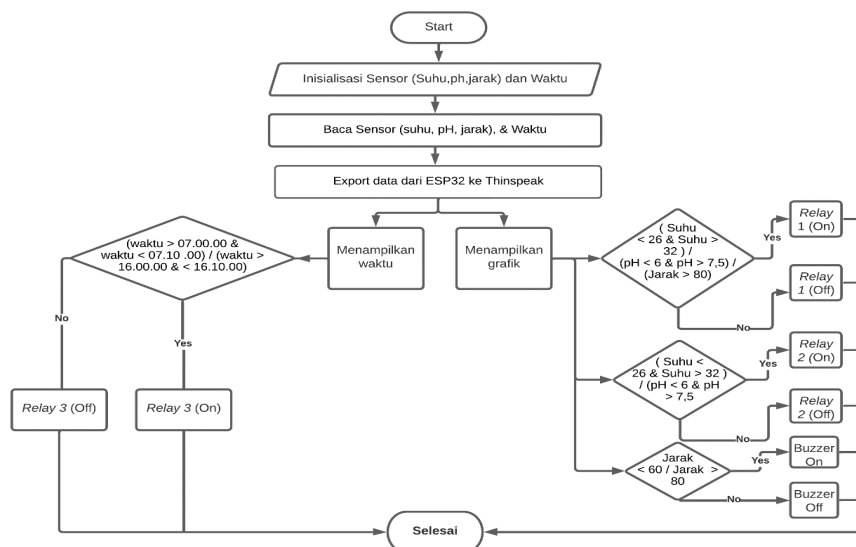


Fig. 3. Alur logika pemrograman

Pada Gambar 3, dijelaskan bahwa ketika proses pembacaan sensor berhasil dilakukan data kemudian diolah oleh mikrokontroler untuk kemudian dikirim dengan menyambungkan pada jaringan yang sudah diatur sebelumnya. Setelah data dikirim, data kemudian diterima oleh *Thingspeak* yang kemudian ditampilkan dalam sebuah grafik data. Dari grafik data ini, kemudian dapat dilakukan sistem kendali / otomatisasi berupa pengeturan *Relay 1* (Pompa Air), *Relay 2* (*Aerator*), dan *Relay 3* (Pakan) secara otomatis sesuai data yang sudah diatur dalam program.

3.3. Rancangan Elektronik

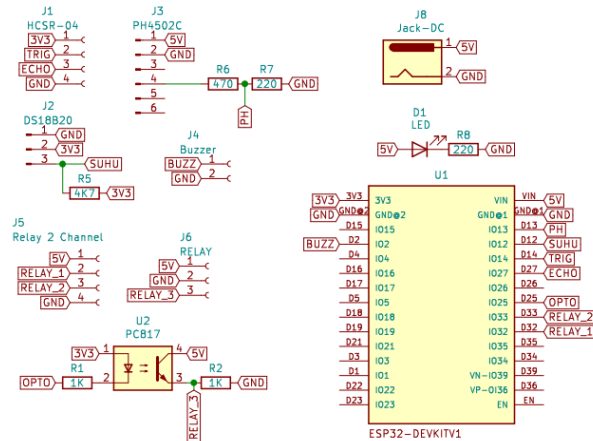


Fig. 4. Rancangan elektronik sistem

Gambar 4 merupakan rancangan keseluruhan rangkaian yang akan dibuat dengan menggunakan 3 buah sensor infrared sebagai input, 1 sensor loadcell 1kg sebagai input beserta modul HX711, push button untuk mereset angka perhitungan, 3 buah motor servo sebagai penyortir dan output sistem, LCD 20x4 sebagai penampil data, modul wifi ESP 01 sebagai pengirim data menuju ke internet, dan sumber adaptor sebagai sumber tenaga bagi rangkaian.

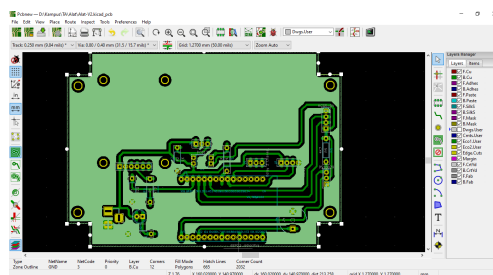


Fig. 5. Desain PCB sistem

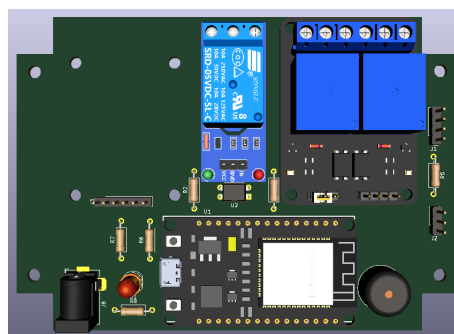


Fig. 6. 3D display PCB

3.4. Rancangan Mekanik

Rancangan mekanik sistem ditunjukkan pada Gambar 7.

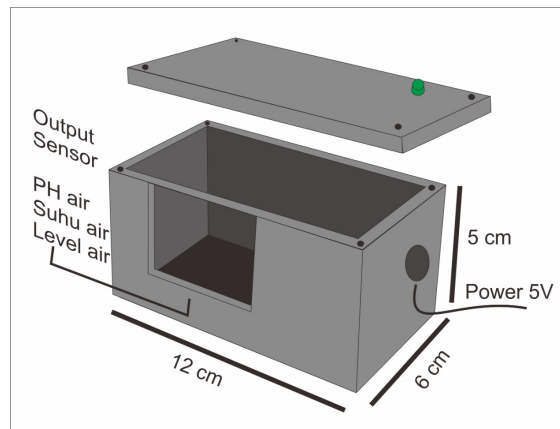


Fig. 7. Rancangan mekanik sistem

Pada Gambar 7. dijelaskan bahwa pelindung ini terbuat dari kotak palstik berukuran sedang. Didalam kotak berisi rangkaian *board* sesuai dengan perancangan perangkat keras pada gambar 5. kemudian pada sisi kotak diberi lubang untuk keluaran pin yaitu untuk pinout sensor jarak yang digunakan untuk mendeteksi level air, probe sensor pH dan sensor suhu (DS18B20), selain itu juga ada keluaran *Relay* yang mana secara opsional dapat digunakan untuk saklar otomatis pada penggunaan pompa air, *Aerator* dan pakan otomatis yang digunakan pada kolam. Pada sisi yang lain terdapat lubang input suplai tegangan yang digunakan untuk menghidupkan perangkat yang digunakan. Didalam kotak juga terdapat mikrokontrol yang telah terintegraasi dengan komponen sensor dalam sebuah *Printed Circuit Board* yang terlindungi untuk mengurangi resiko kerusakan

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengujian Rangkaian



Fig. 8. Pengujian skema rangkaian

Pada Gambar 8. berupa alat monitoring yang telah dibuat dimana pada bagian sisi kanan terdapat lubang yang digunakan untuk masukan suplai tegangan 5V untuk mentenagai ESP32 Devkit, sensor, Relay dan Buzzer. Keseluruhan komponen terlindungi dalam box plastik kecil dengan membuat lubang untuk keluaran probe sensor ph, sensor suhu dan Relay.

4.2. Pengujian Akurasi Pembacaan Sensor

Pada pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan pengukuran pada sensor dengan pengukuran manual.



Fig. 9. Alat ukur manual

Perhitungan besar kesalahan dari pengukuran didapatkan melalui persamaan 1 berikut ini,

$$\%error = \frac{|Standar - Hasil|}{Standar} * 100\% \quad (1)$$

Persamaan 1 merupakan rumus perhitungan nilai **%Error** dimana dari hasil pembacaan dengan alat ukur standar (**Standar**) dikurangi dengan hasil pembacaan sensor (**Hasil**) kemudian dibagi terhadap hasil pembacaan alat ukur standar yang hasilnya kemudian dikalikan dengan 100% sehingga didapat persentase *error* (**%error**).

Perbandingan Pembacaan pH Meter dan Sensor pH

Pada pengujian pengukuran pH air menggunakan metode pengambilan data berulang sebanyak 10 kali dengan menggunakan PHMeter dan sensor pH pada kondisi kolam dan waktu selang 1 menit.

Table. 1. Hasil perbandingan pembacaan pH meter dan sensor pH

Data ke-	pHMeter	Sensor pH	Selisih	Error
1	7,33	7,5	0,17	2,32%
2	7,1	7,12	0,02	0,28%
3	6,51	6,5	0,01	0,15%
4	6,22	6,5	0,28	4,31%
5	7,12	7,12	0	0,00%
6	7,28	7,12	0,16	2,25%
7	7,31	7,12	0,19	2,67%
8	7,36	7,5	0,14	1,87%
9	7,27	7,12	0,15	2,11%
10	7,15	7,12	0,03	0,42%
Rata-rata	7,065	7,072	0,115	1,64%

Pada Tabel 1. dapat diketahui bahwa perbandingan antara pembacaan menggunakan pHMeter dengan pembacaan menggunakan sensor pH didapat nilai persentase error pada tiap data dengan rentang 0,00% hingga 4,31% sehingga didapat nilai rata-rata persentase error sebesar 1,64%.

Perbandingan Pembacaan Thermometer dan Sensor Suhu

Pada pengujian pengukuran suhu air menggunakan metode pengambilan data berulang sebanyak 10 kali dengan menggunakan thermometer dan sensor suhu pada kondisi kolam dan waktu selang 1 menit.

Table 2. Hasil perbandingan pembacaan thermometer dan sensor suhu

No	Thermometer (°C)	Sensor Suhu (°C)	Selisih	Error
1	26,2	26	0,2	0,76%
2	26,55	26,68	0,13	0,49%
3	26,25	26,45	0,2	0,76%
4	26,33	26,27	0,06	0,23%
5	27,1	26,89	0,21	0,77%
6	26,1	26,35	0,25	0,96%
7	26,7	27,25	0,55	2,06%
8	26,87	27,2	0,33	1,23%
9	27,31	27,45	0,14	0,51%
10	27,12	27,4	0,28	1,03%
Rata-rata	26,653	26,794	0,235	0,88%

Pada Tabel 2. dapat diketahui bahwa perbandingan antara pembacaan menggunakan thermometer dengan pembacaan menggunakan sensor suhu didapat nilai selisih suhu paling tinggi sebesar 0,55°C sedangkan nilai persentase error pada tiap data pada rentang 0,49% hingga 2,06% sehingga didapat nilai rata-rata persentase error sebesar 0,88%.

Perbandingan Pembacaan Sensor Jarak dan Penggaris

Pada pengujian pengukuran level air pada kolam menggunakan metode pengambilan data berulang sebanyak 10 kali dengan menggunakan sensor jarak dan dibandingkan dengan pengukuran dengan penggaris pada kondisi kolam dan waktu selang 1 menit.

Table 3. Hasil perbandingan pembacaan sensor jarak dan penggaris

No	Penggaris (cm)	Sensor Jarak (cm)	Selisih	Error
1	28	27,54	0,46	1,64%
2	28	27,95	0,05	0,18%
3	28	28,02	0,02	0,07%
4	35	34,45	0,55	1,57%
5	35	34,68	0,32	0,91%
6	35	34,95	0,05	0,14%
7	30	29,87	0,13	0,43%
8	30	30,03	0,03	0,10%
9	30	30,35	0,35	1,17%
10	30	29,79	0,21	0,70%
Rata-rata	30,9	30,763	0,217	0,70%

Pada Tabel 3. dapat diketahui bahwa perbandingan antara pembacaan menggunakan penggaris dengan pembacaan menggunakan sensor jarak pada pengukuran level air kolam didapat nilai selisih paling tinggi sebesar 0,55 cm sedangkan nilai persentase error pada tiap data pada rentang 0,07% hingga 1,57% sehingga didapat nilai rata-rata persentase error sebesar 0,70%.

4.3. Pengujian Interface

Pengujian ini dilakukan menggunakan Stopwatch yang berfungsi untuk mengetahui waktu *delay* yang diperlukan untuk mengirim data hasil pembacaan sensor ke web monitoring (Thingspeak). Serta dalam pengujian ini menampilkan hasil pembacaan sensor pada serial monitor Arduino IDE dan web monitoring (Thingspeak).

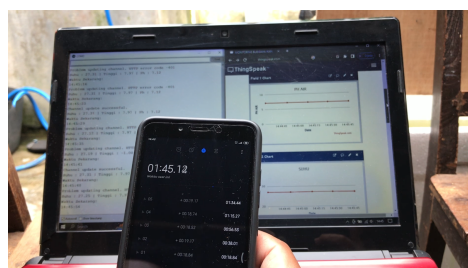


Fig. 10. Pengujian interface

Table 4. Hasil pengujian interface

Data Ke-	Waktu	Delay (s)	Status
1	14:48:19	18.32	Chanel Update Successful
2	14:48:38	19.16	Chanel Update Successful
3	14:48:57	19.15	Chanel Update Successful
4	14:49:16	18.42	Chanel Update Successful
5	14:49:35	19.37	Chanel Update Successful
6	14:49:55	19.56	Chanel Update Successful
7	14:50:14	19.26	Chanel Update Successful
8	14:50:32	19.26	Chanel Update Successful
9	14:50:51	19.20	Chanel Update Successful
10	14:51:10	19.09	Chanel Update Successful
Rata-rata		19.16	Chanel Update Successful

Pada Tabel 4. dapat diketahui bahwa hasil pengujian interface dengan menggunakan Stopwatch memiliki waktu *delay* yang berbeda. Pengujian ini mengambil 10 data yang berhasil di kirim dari hasil pembacaan sensor yang ditampilkan ke dalam web monitoring (Thingspeak). Dari 10 data tersebut dapat dilihat dari hasil pengukuran menggunakan stopwatch tampak waktu *delay* yang berbeda tiap data dengan rentang waktu 18.32 detik hingga 19.56 detik, sehingga didapat nilai rata-rata waktu *delay* sebesar 19.16 detik. Dengan nilai rata-rata waktu *delay* tersebut dapat disimpulkan bahwa web monitoring dengan Thingspeak memiliki nilai *delay* pengiriman data sebesar 19.16 detik.

4.4. Pengujian Kinerja Alat

Hasil dari pengujian kinerja alat ditunjukkan pada Gambar 11 berikut ini,

DATA Ke-	waktu	Selisih Waktu	PH	Suhu (°C)	Tinggi (cm)	Status		
			6-7,5	26-32	15-20	Relay 1	Relay 2	Buzzer
1	17:35:20	00:03:10	7,12	34,25	17,1	Nyala	Nyala	Mati
2	17:38:30		6,95	31,95	18	Mati	Mati	Mati
3	17:40:28	00:03:57	7,12	35,33	17,2	Nyala	Nyala	Mati
4	17:44:25		7	31,95	18,2	Mati	Mati	Mati
5	17:47:15	00:06:20	6,4	25,3	18,5	Nyala	Nyala	Mati
6	17:53:35		6,67	26,2	17,9	Mati	Mati	Mati
7	18:30:28	00:05:01	6,78	24,95	18,9	Nyala	Nyala	Mati
8	18:35:29		7,12	26,15	18,7	Mati	Mati	Mati
9	18:37:40	00:07:00	5,4	28,75	17,6	Nyala	Nyala	Mati
10	18:44:40		6,2	27,5	16,9	Mati	Mati	Mati
11	18:46:23	00:09:47	7,8	27,95	17,5	Nyala	Nyala	Mati
12	18:56:10		7,4	27,2	18	Mati	Mati	Mati
13	19:35:12	00:01:01	7,12	28,92	21,3	Mati	Mati	Nyala
14	19:36:13		7,25	28,75	19,3	Mati	Mati	Mati
15	19:38:40	00:01:40	7,52	28,67	13,8	Nyala	Nyala	Nyala
16	19:40:20		7,25	28,27	15,2	Mati	Mati	Mati
		standar uji yang diterapkan						
		diluar standar				Relay 1 = Pompa Air		
		respon aktuator (ON)				Relay 2 = Aerator		

Fig. 11. Hasil pengujian respon pembacaan sensor pada aktuator

Dari penjelasan diatas dilakukan standar respon sensor terhadap aktuator pada kolam miniatur dimana standar yang diberlakukan adalah suhu pada rentang 26-32 °C, pH pada rentang 6,0 – 7,5 dan ketinggian pada rentang 15-20 cm. Kemudian standar rentang sensor yang digunakan dibuat respon aktuator dimana ketika pembacaan sensor diluar rentang suhu atau pH maka pompa air dan *Aerator* menyala, serta ketika ketinggian berada dibawah 15 cm pompa air dan *Buzzer* akan

menyala, dan ketika ketinggian diatas 20 cm maka *Buzzer* akan menyala dan pompa air mati.

Pada gambar 12. dapat diketahui bahwa hasil pengujian sudah sesuai dengan standar yang diujikan, dimana aktuator dapat merespon berdasarkan nilai pembacaan sensor pada alat dengan menerapkan *range* atau standar uji yang diberlakukan pada kolam miniatur sebagai media pengujian respon sensor terhadap aktuator.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa sistem pemantauan dan pengendalian pada kolam budidaya lele dari beberapa pengembangan yang sudah ada sebelumnya dapat dikembangkan dengan baik melalui pembuatan alat ini dengan menggunakan *Internet of Things (IoT)* sebagai nilai tambah dari pengembangan sebelumnya yang kemudian ditampilkan menggunakan piranti web monitoring sebagai *interface* berdasar pada parameter suhu, pH dan level air. Pada pengembangan alat guna sistem pemantauan dan pengendalian pada kolam budidaya lele berbasis *Internet of Things (IoT)* digunakan beberapa komponen sensor yang digunakan untuk parameter dasar pengendalian kualitas air yaitu sensor suhu (DS18B20) yang digunakan untuk mengukur suhu pada kolam budidaya, sensor pH yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman pada kolam budidaya, dan sensor jarak (HC-SR04) yang digunakan untuk mengukur jarak air terhadap sensor yang kemudian di konversi sebagai level air pada kolam budidaya. Kinerja dari sistem pemantauan dan pengendalian pada kolam budidaya lele berbasis *Internet of Things (IoT)* dapat berfungsi dengan baik dengan masing-masing memiliki hasil pengujian interface didapati data dapat terkirim dengan baik dengan rata-rata delay antar data sebesar 19,16 detik dan dapat tertampil pada interface Thinkspeak berupa grafik. Kemudian, hasil pengujian pembacaan sensor dapat berfungsi dengan baik dimana nilai error rata-rata uji sensor suhu sebesar 0.88%, sensor pH sebesar 1.64% dan sensor jarak sebesar 0.70% terhadap hasil pembacaan alat ukur standar. Selain itu juga, hasil pengujian respon aktuator berdasar pembacaan sensor didapati sistem bekerja dengan baik dengan tidak ditemukannya abnormalitas respon terhadap pembacaan sensor berdasar pada batasan pembacaan yang diterapkan.

References

- [1] Andika S. "Teknologi IoT pada Monitoring dan Otomasi Kolam Pembesaran Ikan Lele Berbasis Mikrokontroler"
- [2] Bansal, A., Yadav, A. N. & Kulkarni, A., 2015. *Internet Of Things*, IoT Day Special. San Fransisco: LexInnova.
- [3] Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Timur. Statistik Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Timur. Surabaya: Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Timur, 2014.
- [4] L. Mahartika, "Cara berternak mudah dan dijamin menghasilkan ikan lele berkualitas," 2019.
- [5] M. Cordova-Rozas, dkk, "A Cloud Monitoring System for Aquaculture using IoT", Auckland University of Technology, 2020.
- [6] Rahman, dkk, "Rancang Bangun Dan Implementasi Sistem Kendali Quadcopter Melalui Jaringan Internet Berbasis Lokasi Menggunakan Smartphone Android", *Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol, dan Otomasi (SNIKO)*. Bandung: 10-11 Desember 2018
- [7] H. Santoso, Cara Kerja Sensor Ultrasonik, Rangkaian, & Aplikasinya, 2015. <http://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html> (Diakses 25 Februari 2023)
- [8] B. Sauleka, dkk, "Sistem Data Logging Sederhana Berbasis *Internet Of Things* untuk Pemantauan Suhu Tubuh dan Detak Jantung" *Jurnal Teknik Elektro*, 2018.
- [9] S. Widi, DataIndonesia.id "Produksi Lele di Indonesia Sebanyak 1,06 Juta Ton pada 2021", 2022. Diakses dari: <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/produksi-lele-di-indonesia-sebanyak-106-juta-ton-pada-2021> . Pada tanggal 25 April 2023.
- [10] Y. Sukrismon, dkk, "Smart Fish Pond for Economic Growing in Catfish Farming", Proc. ICOMITEE 2019 no. 1570570952.
- [11] S. Azmi & I. Saniman, "Sistem Penghitung Ph Air Pada Tambak Ikan Berbasis Mikrokontroler", SAINTIKOM, 15", 2016.