

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL PADA AKUAPONIK BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)

Alrifky Alif Fadla^{*}), Muhammad, Dedi Fariadi, Ezwarsyah dan Misbahul Jannah

Jurusian Teknik Elektro, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe
Jln. Batam No. 16 Kampus Bukit Indah Muara Satu, Kota Lhokseumawe, 24355, Indonesia

^{*}) E-mail: alrifky.210150005@mhs.unimal.ac.id

Abstrak

Pesatnya perkembangan di wilayah perkotaan menyebabkan berkurangnya lahan pertanian, sehingga pemanfaatan pekarangan rumah menjadi alternatif untuk pertanian perkotaan. Akuaponik, yang menggabungkan akuakultur dan hidroponik, menjadi solusi efisien dalam pemanfaatan lahan terbatas. Namun, sistem ini memerlukan pemantauan ketat terhadap kondisi lingkungan seperti suhu, pH, dan kekeruhan air agar tetap optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring dan kontrol pada akuaponik berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau parameter lingkungan secara otomatis menggunakan sensor suhu DS18B20, pH-4502C, dan turbidity SEN-0175, serta mampu mengontrol pompa air melalui *Software Blynk*, dan mengotomatisasi pemberian pakan ikan. Hasil pengujian menunjukkan sistem ini mampu memonitoring kekeruhan air dalam rentang 0,86 - 12,93 NTU, pH 7,38 - 6,68 dan suhu 26,31 - 27,69 °C, yang semuanya mampu dimonitor melalui LCD dan juga melalui *Software Blynk* baik berbasis web maupun aplikasi android. Selain itu, sistem ini juga mampu mengotomatisasi pemberian pakan ikan pada jam 08.00, 12.00, dan 17.00 WIB dengan rata-rata 21,5 Gram per detik. Dengan demikian, sistem ini mendukung pertumbuhan ikan lele dan kangkung secara optimal serta menjaga kondisi lingkungan tetap stabil.

Kata kunci: Akuaponik, *Internet of Things* (IoT), Pemantauan Kualitas Air, Otomatisasi Pemberian Pakan Ikan, *Software Blynk*

Abstract

The rapid development in urban areas has led to a reduction in agricultural land, making the utilization of home yards an alternative for urban farming. Aquaponics, which combines aquaculture and hydroponics, serves as an efficient solution for limited land use. However, this system requires strict monitoring of environmental conditions such as temperature, pH, and water turbidity to maintain optimal performance. This study aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based monitoring and control system for aquaponics to automatically monitor environmental parameters using the DS18B20 temperature sensor, pH-4502C sensor, and SEN-0175 turbidity sensor. Additionally, the system can control the water pump via the Blynk software and automate fish feeding. The test results indicate that the system can monitor water turbidity within the range of 0.86 - 12.93 NTU, pH levels between 7.38 - 6.68, and temperature between 26.31 - 27.69°C. These parameters can be displayed on an LCD and monitored via the Blynk software on both web and Android applications. Furthermore, the system successfully automates fish feeding at 08:00, 12:00, and 17:00 WIB, with an average feeding rate of 21.5 grams per second. Thus, this system supports the optimal growth of catfish and water spinach while maintaining stable environmental conditions.

Keywords: Aquaponics, *Internet of Things* (IoT), Water Quality Monitoring, Automated Fish Feeding, *Blynk Software*

1. Pendahuluan

Perkembangan pesat di daerah perkotaan berdampak pada berkurangnya lahan pertanian yang menyebabkan semakin terbatasnya lahan yang tersedia di perkotaan. Pemanfaatan pekarangan rumah menjadi salah satu solusi yang dapat mendukung pertanian perkotaan[1]. Seiringan dengan itu, perkembangan populasi dan permintaan akan pangan yang semakin meningkat juga mendorong kemajuan berbagai teknologi yang dapat mendukung sektor pertanian dan perikanan. Salah satu teknologi yang sedang berkembang

adalah *Internet of Things*[2]. Istilah *Internet of Things* (IoT) umumnya merujuk pada situasi di mana koneksi jaringan dan kemampuan komputasi meluas hingga mencakup objek, sensor, dan barang-barang sehari-hari yang biasanya tidak dianggap sebagai komputer[3]. Dalam pertanian cerdas, IoT digunakan untuk memungkinkan integrasi perangkat-perangkat untuk pengumpulan data, pemantauan, dan pengendalian secara *real-time*[4].

Akuaponik merupakan metode budidaya yang cocok digunakan di zaman modern, karena memiliki potensi

besar dalam menghadapi tantangan keterbatasan lahan dan sumber daya air[5]. Namun, metode ini memiliki tantangan tersendiri, terutama terkait dengan pemantauan kondisi lingkungan secara terus-menerus dan pengendalian parameter-parameter kunci seperti suhu air, pH air, dan kekeruhan air[6]. Ketidakakuratan dalam pengelolaan parameter tersebut dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan ikan atau tanaman, yang pada akhirnya akan menurunkan hasil produksi[7].

Kualitas air yang kurang optimal dalam budidaya ikan dapat menghambat pertumbuhan ikan tersebut[8]. Oleh karena itu, penting untuk mengelola media budidaya secara efektif selama masa pemeliharaan. Salah satu cara pengelolaan air yang efektif adalah dengan menerapkan sistem resirkulasi[9]. Penggunaan biofilter tanaman ini menjadi bagian dari sistem, yang menggabungkan akuakultur dan hidroponik dalam satu sirkulasi air yang sama. Tanaman yang digunakan dalam sistem hidroponik berfungsi sebagai biofilter, membantu menjaga kualitas air budidaya sehingga ikan dapat tumbuh dengan optimal[10].

Tidak hanya itu, pemberian pakan pada ikan juga sering menjadi masalah, terutama pada jadwal pemberian pakan yang sering terlewatkan atau bahkan terlupakan. Melalui sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT yang diterapkan pada akuaponik ini memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara otomatis dan *real-time*, sehingga parameter-parameter penting dalam akuaponik dapat dijaga dalam batas optimal[11]. Pemanfaatan IoT juga memungkinkan integrasi sistem dengan perangkat mobile atau android, yang memberikan kemudahan akses dan kontrol dari jarak jauh[12].

Terdapat berbagai penelitian yang telah dilakukan guna meningkatkan solusi teknologi pada bidang pertanian dan perikanan seperti Akuaponik. Muhammad Yusuf et al. (2024) merancang sistem kontrol serta pemantauan *smart aquaponic* dengan memanfaatkan teknologi *Firebase* dan *Internet of Things* (IoT), namun tanpa adanya sistem pemberian pakan ikan secara otomatis[13]. Ubaidillah Umar et al. (2024) melakukan penelitian yang mencakup pengendalian kadar pH, suhu air, dan TDS (*Total Dissolved Solids*) yang dihasilkan oleh limbah ikan dalam sistem akuaponik untuk dimanfaatkan sebagai nutrisi bagi tanaman, meskipun tidak menggunakan sensor kekeruhan air atau sensor *turbidity*[14]. Sementara itu, Rafly Fernanda dan Theophilus Wellem (2022) merancang sebuah sistem otomatis yang hanya berfokus pada pemberian pakan kepada ikan sesuai jadwal dan takaran yang dibutuhkan tanpa terdapat monitoring untuk kualitas air, serta sistem ini juga menggunakan Arduino Nano sebagai pengendali utamanya[15].

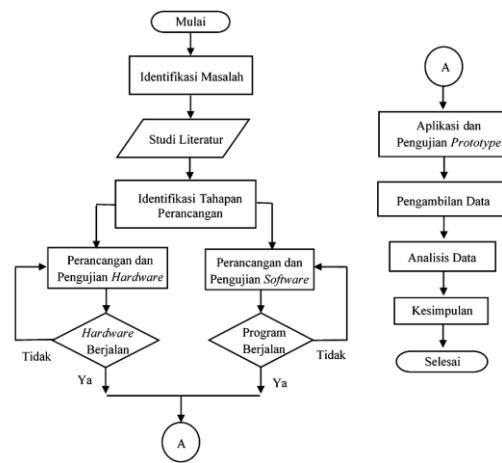
Berdasarkan analisis terhadap penelitian terdahulu, masih terdapat celah penelitian, seperti terlihat bahwa parameter yang diukur dalam studi ini jauh lebih luas, mencakup pH, suhu, kekeruhan air, dan terdapat sistem pemberian pakan

ikan otomatis. Selanjutnya, banyak penelitian sebelumnya hanya berfokus pada beberapa parameter dan tidak menggunakan sistem pengendalian otomatis untuk pemberian pakan ikan dalam sistem akuaponik. Komponen ataupun mikrokontroler yang digunakan pada penelitian yang sebelumnya juga berbeda dengan komponen yang digunakan pada penelitian ini, penelitian sebelumnya menggunakan Arduino dan Esp8266 sedangkan pada penelitian ini menggunakan Esp32. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT pada akuaponik yang dapat memonitoring kualitas air seperti pH, Suhu dan kekeruhan air secara *real-time* melalui *software Blynk* serta mampu menyediakan sistem pemeberian pakan ikan secara otomatis.

2. Metode

2.1. Diagram Alir Penelitian

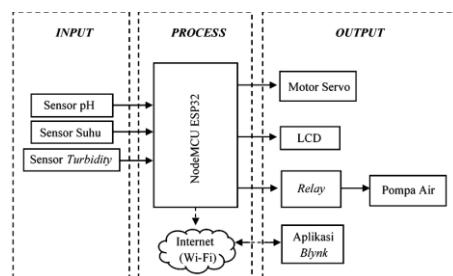
Penelitian ini dilaksanakan dengan mengikuti alur kerja yang telah ditetapkan, sehingga proses penggerjaan pada penelitian menjadi lebih terstruktur, sistematis, dan terarah. Adapun diagram alir pada penelitian ini adalah seperti gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Diagram Blok Sistem

Adapun diagram blok sistem penelitian ini sebagai berikut:

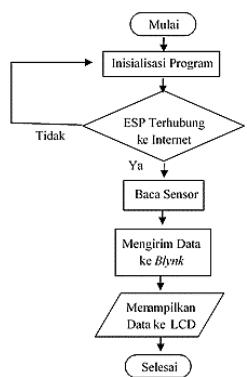


Gambar 2. Diagram Blok Sistem Monitoring dan Kontrol Pada Akuaponik

Diagram blok sistem yang ditampilkan pada Gambar 2 menunjukkan alur kerja dari keseluruhan sistem monitoring dan kontrol pada akuaponik yang terdiri dari tiga bagian utama, yaitu input, process, dan output.

2.3. Sistem Kerja Monitoring Kualitas Air

Diagram alir yang menggambarkan langkah-langkah dalam sistem monitoring kualitas air menggunakan ESP32 yang terhubung dengan internet, sensor-sensor, serta *Blynk* sebagai platform untuk pengiriman data ditampilkan pada Gambar 3.

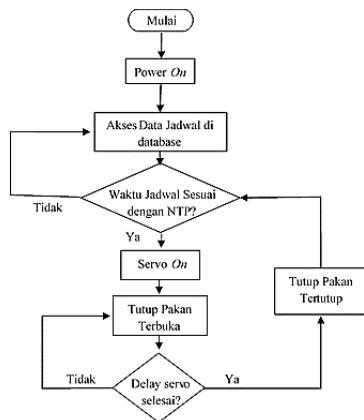


Gambar 3. Diagram Alir Sistem Kerja Monitoring Kualitas Air

Dari Gambar 3, Terlihat bahwa koneksi internet sangat penting dalam sistem ini karena data hasil pemantauan akan dikirimkan secara *real-time* ke platform *Blynk* untuk pemantauan jarak jauh. Begitu ESP32 terhubung dengan internet, sistem akan mulai membaca data dari sensor-sensor yang digunakan, seperti sensor pH, suhu, dan *turbidity*.

2.4. Sistem Kerja Pemberian Pakan Ikan Otomatis

Adapun diagram alir sistem kerja pemberian pakan ikan otomatis ditampilkan pada Gambar 4.

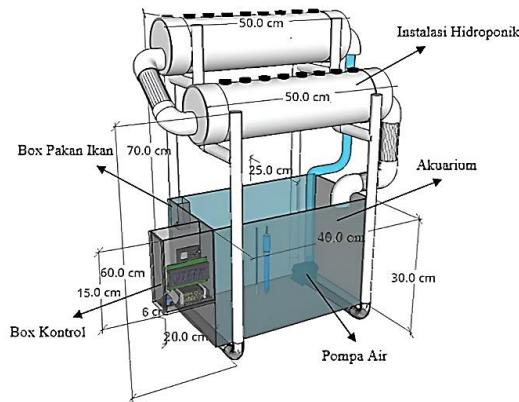


Gambar 4. Diagram Alir Sistem Kerja Pemberian Pakan Ikan Otomatis

Diagram alir yang ditampilkan pada Gambar 4 menunjukkan ketika sistem diaktifkan, mikrokontroler akan mengambil jadwal pemberian pakan yang telah disimpan di dalam *database*. Apabila jadwal tersebut sesuai dengan waktu yang tercatat pada NTP (*Network Time Protocol*), mikrokontroler akan menggerakkan motor servo untuk membuka dan menutup pintu tempat pakan.

2.5. Perancangan Hardware

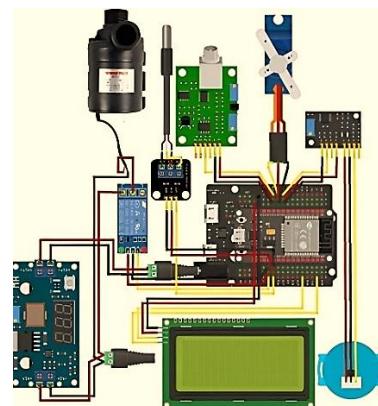
Desain perangkakat keras merupakan bagian penting dari keseluruhan sistem kerja alat yang membantu menjalankan penelitian ini. Hal ini memastikan bahwa seluruh komponen fisik terhubung dengan baik dan beroperasi sesuai dengan spesifikasi proyek. Adapun desain prototipe pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Desain Perancangan Hardware

2.6. Perancangan Rangkaian Elektronik

Keseluruhan rangkaian sistem monitoring dan kontrol otomatis yang digunakan untuk akuaponik, yang terdiri dari beberapa komponen penting seperti mikrokontroler, sensor, dan aktuator ditampilkan pada Gambar 6. Adapun gambar rangkaian dari keseluruhan sistem yang dibangun dalam penelitian adalah sebagai berikut:

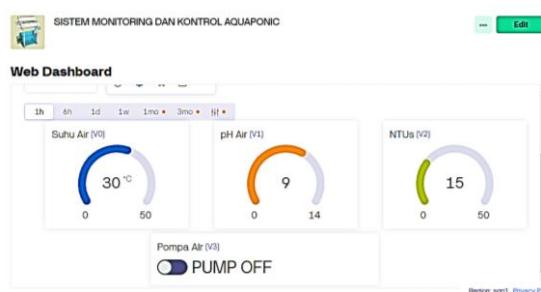


Gambar 6. Rangkaian Elektronik

Pada gambar 6 diatas, dapat dilihat bahwa terdapat beberapa alat dan bahan (hardware) yang digunakan, yaitu NodeMCU ESP32, sensor pH-4502C SEN-0131, sensor suhu DS18B20, sensor kekeruhan (*turbidity*) SEN-0175, motor servo, relay 1 channel, pompa air DC 12V, LCD I2C 20x4, dan *Power supply* 12V.

2.7. Perancangan Tampilan Menu Pada Software Blynk

Blynk adalah platform IoT yang memungkinkan pengguna memantau dan mengendalikan perangkat secara jarak jauh melalui platform berbasis *web* maupun aplikasi *Smartphone*. Untuk membuat tampilan monitoring kualitas air dan fitur kontrol pompa air dalam *Software Blynk* pada *Smartphone*, perlu dilakukannya perancangan pada platform *Blynk* berbasis *web* terlebih dahulu seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Menu *Blynk* Berbasis *Web*

2.8. Perancangan Program

Pemrograman pada prototipe bertujuan untuk memberikan kemampuan agar prototipe dapat bekerja sesuai tugas yang dinginkan dan telah ditentukan. Pemrograman dilakukan melalui *software Thonny IDE* dengan tujuan agar prototipe dapat berinteraksi dengan lingkungannya melalui sensor sensor seperti sensor suhu, pH, dan *turbidity*. Adapun perancangan program ditampilkan pada Gambar 8.

```
Thonny - <untitled> @ 47:1
File Edit View Run Tools Help
<untitled> * x
1 # Fungsi untuk membaca suhu dari sensor DS18B20
2 def readTemperature():
3     sensor.scan()
4     sensor.convert_temp()
5     time.sleep(1)
6     suhu = sensor.read_temp(sensor.scan())[0]
7     return suhu
8
9 # Fungsi untuk membaca pH
10 def readPH():
11     adc = ADC(Pin(CH_PIn))
12     adc.atten(ADC.ATTN_11DB)
13     adc.width(ADC.WIDTH_12BIT)
14     nilai_analog_PH = adc.read()
15     TeganganPH = (3.3 / 4095.0) * nilai_analog_PH
16     PH = 2.0
17     PH_step = (PH - PH) / 1.0
18     pHBaru = 7.00 + ((PH - TeganganPH) / PH_step)
19     return pHBaru
20
21 # Fungsi untuk membaca turbidity
22 def readTurbidity():
23     adc = ADC(Pin(turbidity_PIn))
24     adc.atten(ADC.ATTN_11DB)
25     adc.width(ADC.WIDTH_12BIT)
26     nilai_analog_turbidity = adc.read()
27     turbidity_m = (3.3 / 4095.0) * nilai_analog_turbidity
28     turbidity_m = -60.03888
29     turbidity_b = 100.00000
30     turbidityBaru = turbidity_m * turbidityVoltage + turbidity_b
31     if turbidityBaru < 0:
32         turbidityBaru = 0
33     return turbidityBaru
```

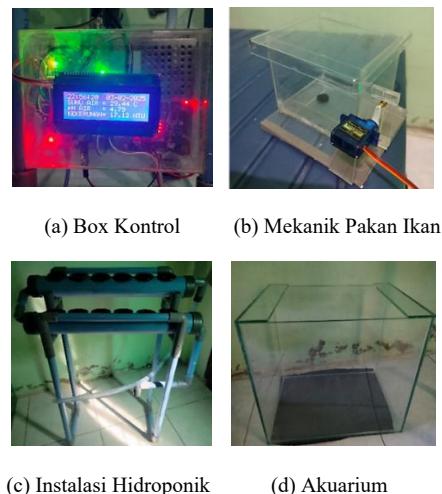
Gambar 8. Perancangan Program Pada *Software Thonny*

<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi>

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Perancangan Mekanik

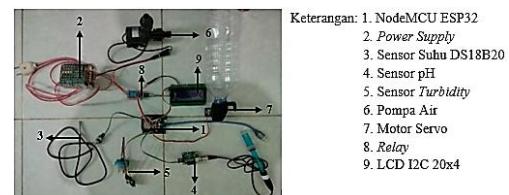
Prototipe sistem monitoring dan kontrol pada akuaponik telah berhasil dirancang sebagai mana terdapat empat hasil perancangan mekanik yakni perancangan *box* kontrol, perancangan mekanik pakan ikan otomatis, perancangan instalasi pemipaan hidroponik dan perancangan akuarium yang ditunjukkan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Perancangan Mekanik

3.2. Hasil Perancangan Elektronik

Hasil perancangan elektronik didesain khusus untuk sistem monitoring kualitas air dan kontrol pakan ikan otomatis pada akuaponik. Perancangan ini didasarkan pada konfigurasi pin antar komponen elektronik yang telah ditentukan sebelumnya dan kemudian digabungkan menjadi satu kesatuan yang utuh yang bertujuan agar mempermudah proses pengujian yang akan dilakukan nantinya. Adapun hasil perancangan perangkat elektronik keseluruhan dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Hasil Perancangan Elektronik

3.3. Hasil Perancangan Tampilan Menu Pada *Software Blynk*

Hasil dari perancangan tampilan menu pada aplikasi *Blynk* dalam sistem akuaponik yang dirancang, aplikasi *Blynk* ini mampu menampilkan data sensor secara *real-time*, seperti pH air, suhu air, dan tingkat kekeruhan (*turbidity*). Selain itu, tersedia fitur kontrol manual untuk menyalakan atau

mematikan pompa air, sehingga pengguna dapat mengatur sirkulasi air sesuai kebutuhan. Melalui *Blynk*, sistem ini dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh, memberikan kemudahan dan fleksibilitas dalam mengelola lingkungan akuaponik. Adapun hasil perancangan tampilan menu pada *software Blynk* pada *Smartphone* adalah seperti gambar 11.



Gambar 11. Hasil Perancangan Interface Blynk IoT Pada Smartphone

Pada Gambar 11 terlihat bahwa *software Blynk* mampu menampilkan data kualitas air seperti suhu air dengan nilai 28,06 °C, pH air dengan nilai 4,08 dan kekeruhan air dengan nilai 20,86 NTU, serta terdapat sakelar untuk mengontrol pompa agar dapat diatur *on/off*. Data tersebut berasal dari sensor sensor yang digunakan untuk mengukur kualitas air yang berada didalam akuarium.

3.4. Hasil Pengujian Perangkat Elektronik

Berdasarkan pengujian fungsional dari setiap perangkat elektronik yang telah dilakukan, dapat diuraikan hasil pengujian sebagai berikut:

3.4.1. Hasil Pengujian Fungsional LCD

Pengujian LCD I2C 20x4 ini bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat tersebut berfungsi dengan baik atau tidak.



Gambar 12. Pengujian Fungsional LCD

Pada Gambar 12 diperlihatkan proses pengujian LCD I2C yang telah berhasil menampilkan karakter sesuai dengan program uji yang digunakan. Adapun hasil dari pengujian yang telah dilakukan disajikan pada Tabel 1.

Table 1. Hasil Pengujian LCD I2C 20x4

Baris	Perintah di Program	Tampilan pada LCD	Ket.
1	MAHASISWA	MAHASISWA	Sesuai
2	NAMA:ALRIFKY ALIF F	NAMA:ALRIFKY ALIF F	Sesuai
3	NIM:210150005	NIM:210150005	Sesuai
4	ASAL:SUMATERA UTARA	ASAL:SUMATERA UTARA	Sesuai

Berdasarkan data pengujian di atas, dapat disimpulkan bahwa LCD mampu beroperasi secara normal dalam menampilkan perintah atau data yang ingin ditampilkan.

3.4.2. Hasil Pengujian Fungsional Sensor Suhu DS18B20

Pengujian ini bertujuan untuk menguji apakah sensor suhu DS18B20 ini beroperasi secara akurat atau tidak. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan dari sensor suhu ds18b20 dengan pembacaan alat ukur suhu yang sudah ada sebelumnya seperti yang terlihat pada Gambar 13.



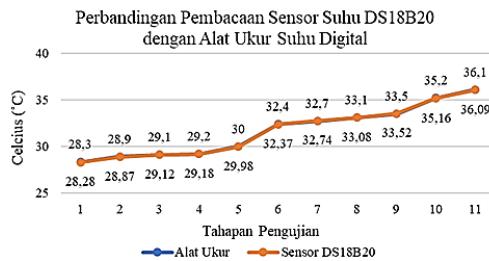
Gambar 13. Pengujian Fungsional Sensor Suhu ds18b20

Gambar 13 menunjukkan hasil pembacaan oleh sensor suhu DS18B20 ditampilkan pada LCD berwarna biru dengan tulisan putih, dan memiliki nilai pembacaan sebesar 29,12 °C sedangkan pembacaan dari alat ukur ditampilkan pada layar LCD berwarna putih dengan tulisan hitam, dan memiliki nilai pembacaan sebesar 29,1 °C. Adapun hasil dari pengujian sensor suhu ds18b20 dipaparkan dalam tabel 2.

Table 2. Hasil Pengujian Fungsional Sensor Suhu ds18b20

No	Pembacaan Alat Ukur	Pembacaan Sensor ds18b20	Nilai Error (%)
1	28,3 °C	28,28 °C	0,0706
2	28,9 °C	28,87 °C	0,1038
3	29,1 °C	29,12 °C	0,0687
4	29,2 °C	29,18 °C	0,0684
5	30,0 °C	29,98 °C	0,0666
6	32,4 °C	32,37 °C	0,0925
7	32,7 °C	32,74 °C	0,1223
8	33,1 °C	33,08 °C	0,0604
9	33,5 °C	33,52 °C	0,0597
10	35,2 °C	35,16 °C	0,1136
11	36,1 °C	36,09 °C	0,0277

Pada Tabel 2, hasil pengujian menunjukkan nilai error yang sangat kecil pada saat mengukur suhu $36,1^{\circ}\text{C}$ yakni dengan nilai error sebesar 0,0277%. Adapun grafik perbandingan tersebut disajikan dalam gambar 14.

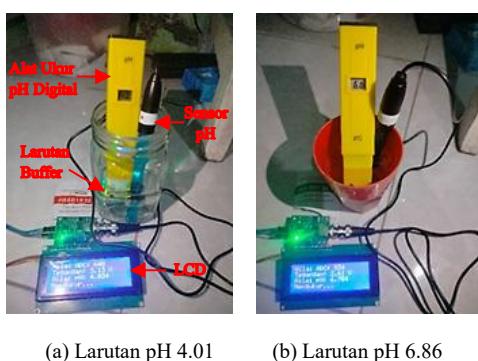


Gambar 14. Grafik Perbandingan Pengukuran Sensor Suhu ds18b20 dengan Alat Ukur Suhu Digital

Gambar 14 menunjukkan perbandingan hasil pengukuran suhu antara sensor DS18B20 dan alat ukur suhu digital dalam beberapa tahapan pengujian. Pada sumbu horizontal (X), terdapat sebelas tahapan pengujian, sedangkan sumbu vertikal (Y) menunjukkan suhu dalam satuan derajat Celcius. Garis berwarna biru merepresentasikan hasil pengukuran dari alat ukur suhu digital, sementara garis oranye menunjukkan hasil pengukuran menggunakan sensor DS18B20. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa sensor DS18B20 mampu mengukur suhu dengan ketepatan yang cukup tinggi dibandingkan dengan alat ukur digital. Selisih yang kecil dalam hasil pengukuran menunjukkan bahwa sensor ini dapat diandalkan untuk berbagai aplikasi yang memerlukan pemantauan suhu dengan akurasi yang memadai.

3.4.3. Hasil Pengujian Fungsional Sensor pH

Proses kalibrasi dan pengujian sensor pH ditujukan agar pembacaan sensor memiliki tingkat ketelitian yang cukup tinggi. Kalibrasi ini memastikan sensor mampu mengonversi tegangan hasil pembacaan menjadi nilai pH yang akurat berdasarkan data referensi larutan standar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Pengujian Fungsional Sensor pH

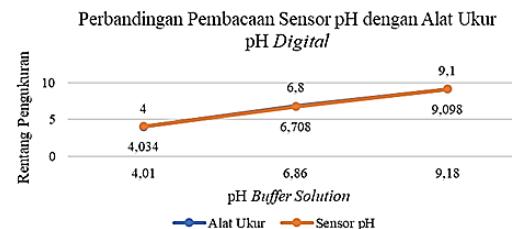
Setelah melakukan kalibrasi sensor maka dilakukannya tahapan pengujian dengan cara membandingkan nilai

pengukuran sensor dengan pembacaan pada alat ukur pH. Hasil dari pengujian sensor ini ditampilkan dalam tabel 3.

Table 3. Hasil Pengujian Fungsional Sensor pH

pH Buffer Solution	Pembacaan Alat Ukur	Pembacaan Sensor pH	Nilai Error
4,01	4,0	4,034	0,85 %
6,86	6,8	6,708	1,35 %
9,18	9,1	9,098	0,02 %

Adapun gambar grafik perbandingan hasil pembacaan sensor pH dengan pembacaan alat ukur pH digital adalah seperti gambar 16.

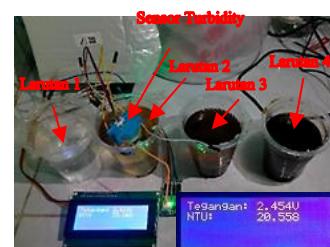


Gambar 16. Grafik Perbandingan Pengukuran Sensor pH dengan Alat Ukur pH Digital

Dari grafik, terlihat bahwa pembacaan sensor pH cenderung lebih tinggi daripada pembacaan alat ukur pH digital pada semua nilai pH yang diuji. Misalnya, pada pH 4,01, sensor pH menunjukkan pembacaan 4,034, sedangkan alat ukur pH digital menunjukkan pembacaan 4. Selanjutnya, perbedaan ini semakin jelas pada pH 6,86 dan 9,18, dengan perbedaan pembacaan yang semakin besar antara kedua alat tersebut. Dengan demikian, grafik menunjukkan bahwa sensor pH memiliki tingkat keakuratan yang baik setelah dilakukannya proses kalibrasi.

3.4.4. Hasil Pengujian Fungsional Sensor Turbidity

Proses pengujian fungsional sensor kekeruhan air dilakukan dengan cara membaca 4 sampel cairan dengan tingkat kekeruhan yang berbeda beda, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17. Pengujian Fungsional Sensor Turbidity

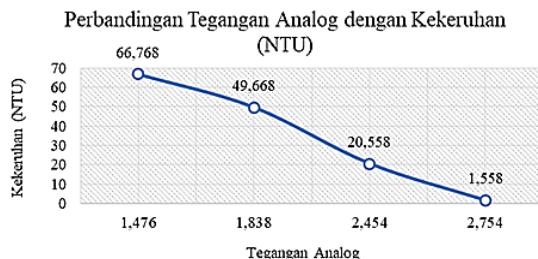
Pada Gambar 17 terlihat bahwa Larutan pertama memiliki visual yang jernih, larutan kedua memiliki tingkat kekeruhan ringan, larutan ketiga memiliki tingkat

kekeruhan sedang, dan lataran ke empat memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi. Proses pengujian fungsional sensor kekeruhan atau *turbidity* ini membutuhkan tahapan kalibrasi yang penting untuk mendapatkan nilai pembacaan yang akurat. Setelah dilakukannya proses kalibrasi barulah dilakukannya tahapan pengujian. Pada dasarnya, proses kalibrasi sensor *turbidity* ini didalamnya terdapat proses perhitungan yang dilakukan dengan cara membaca nilai analog dari sensor dan mengonversinya menjadi nilai kekeruhan dalam satuan NTU. Adapun hasil dari pengujian fungsional sensor *turbidity* dapat dilihat pada tabel 4.

Table 4. Hasil Pengujian Fungsional Sensor *Turbidity*

Sampel	Deskripsi Visual	Tegangan Analog	Pembacaan Sensor
Air Jernih	Transparan	2,754 Volt	1,558 NTU
Larutan Keruh Ringan	Sedikit buram	2,454 Volt	20,558 NTU
Larutan Keruh Sedang	Buram sedang	1,838 Volt	49,668 NTU
Larutan Keruh Tinggi	Sangat buram	1,476 Volt	66,768 NTU

Adapun grafik perbandingan antara tegangan analog dan hasil pembacaan sensor *turbidity* adalah seperti gambar 18.

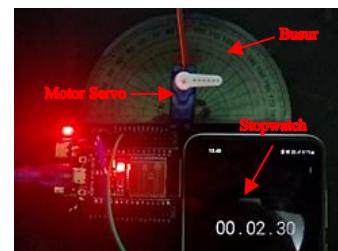


Gambar 18. Grafik Perbandingan Tegangan Analog Sensor dengan Kekeruhan (NTU)

Berdasarkan Gambar 18, pada grafik dapat di analisa bahwa ketika air lebih keruh, lebih banyak cahaya yang dipantulkan, yang demikian akan menghasilkan tegangan yang lebih rendah pada sensor. Sebaliknya, jika air lebih jernih, cahaya yang dipantulkan akan lebih sedikit, dan sensor menghasilkan tegangan yang lebih tinggi. Jadi, hubungan antara tegangan analog dan NTU adalah terbalik, yakni semakin rendah tegangan analog, semakin tinggi tingkat kekeruhan air (NTU), dan sebaliknya.

3.4.5. Hasil Pengujian Fungsional Motor Servo

Pengujian dilakukan dengan cara mengamati setiap pergerakan sudut servo menggunakan busur sederhana dan pukulan untuk mengetahui durasi pergeseran dari setiap sudutnya. Adapun proses pengujian fungsional pada motor servo ditampilkan pada Gambar 19.



Gambar 19. Pengujian Fungsional Motor Servo

Pengujian waktu pergerakan servo dilakukan untuk mengetahui durasi perpindahan antar sudut tertentu dengan mempertimbangkan kecepatan servo dan jeda waktu manual yang diberikan dalam program. Dalam pengujian ini, servo bergerak melalui langkah-langkah sudut mulai dari 0° , 45° , 90° , 135° , hingga 180° . Adapun data hasil pengujian fungsional dari motor servo adalah seperti tabel 5.

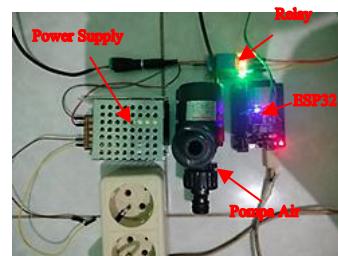
Table 5. Hasil Pengujian Fungsional Motor Servo

Sudut Awal	Sudut Akhir	Waktu (s)	Waktu Jeda Manual (s)	Total Waktu (s)
0°	45°	0,075	0,5	0,575
45°	90°	0,075	0,5	0,575
90°	135°	0,075	0,5	0,575
135°	180°	0,075	0,5	0,575
Total		0,3 detik	2 detik	2,3 detik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa total waktu untuk setiap langkah (misalnya dari 0° ke 45° , atau dari 45° ke 90°) adalah 0,575 detik, yang merupakan penjumlahan dari waktu gerakan servo (0,075 detik) dan jeda manual (0,5 detik). Dengan lima langkah pergerakan dari 0° hingga 180° , total waktu yang dibutuhkan adalah sekitar 2,3 detik. Pengujian ini memberikan gambaran bahwa durasi perpindahan servo sangat dipengaruhi oleh jeda manual yang diberikan.

3.4.6. Hasil Pengujian Fungsional Pompa Air

Pengujian fungsi pompa air merupakan langkah krusial untuk memastikan kinerja pompa air berjalan dengan baik. Dalam proses ini, digunakan *relay* satu kanal dan program *looping* yang bertugas mengatur kondisi *relay* agar dapat menyala (*on*) dan mati (*off*), yang secara langsung memengaruhi operasi pompa air.



Gambar 20. Pengujian Fungsional Pompa Air

Pada Gambar 20, terlihat bahwa terdapat 1 buah ESP32, pompa air DC, *relay* dan *power supply* untuk melakukan proses pengujian. Dari hasil pengujian ini, maka dilakukan pengamatan terhadap waktu dan respon kerja dari pompa air melalui *relay* yang disajikan dalam tabel 6.

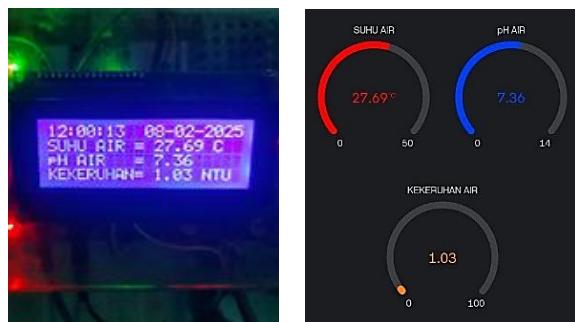
Table 6. Hasil pengujian fungsional pompa air

No	Status Relay	Status Pompa Air	Waktu (detik)
1	ON	ON	10
2	OFF	OFF	5
3	ON	ON	10
4	OFF	OFF	5
5	ON	ON	10

Berdasarkan hasil pengujian, menunjukkan bahwa pompa air bekerja sesuai dengan status *relay* yang mengontrolnya, di mana pompa hanya aktif saat *relay* dalam keadaan menyala dan hal tersebut juga membuktikan bahwa *relay* dan pompa air mampu bekerja dengan normal.

3.5. Hasil Pengujian Fungsional Keseluruhan Sistem dan IoT

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap fitur dalam sistem dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang, termasuk pemantauan parameter lingkungan, pengendalian perangkat, serta integrasi dengan aplikasi *Blynk* sebagai platform utama.



(a) Tampilan pada LCD

(b) Tampilan pada Blynk

Gambar 21. Pengujian Fungsional Sistem Monitoring Kualitas Air

Secara menyeluruh, kedua tampilan yang ditunjukkan pada Gambar 21 ini memberikan informasi terkait data kualitas air namun dengan pendekatan yang berbeda. LCD memberikan tampilan langsung dan sederhana, sedangkan aplikasi *Blynk* menawarkan cara yang lebih praktis dan dinamis untuk memantau kualitas air, serta memungkinkan akses dari jarak jauh. Dengan adanya sistem yang terintegrasi dengan *software Blynk* ini, prototipe yang dirancang akan memberikan transparasi data pemantauan kualitas air secara *real-time*. Adapun data hasil pengujian fungsional sistem monitoring kualitas air disajikan dalam tabel 7.

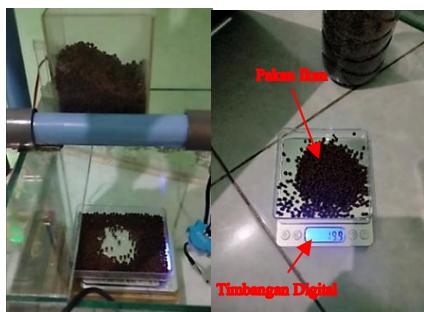
Table 7. Hasil Pengujian Fungsional Sistem Monitoring Kualitas Air

Pengujian	Hari ke-	Waktu (WIB)	Tampilan LCD	Tampilan Blynk
Sensor Suhu Air	1	08.00	26,81 °C	26,81 °C
		12.00	27,69 °C	27,69 °C
		17.00	26,85 °C	26,85 °C
		08.00	26,93 °C	26,93 °C
	2	12.00	27,56 °C	27,56 °C
		17.00	26,90 °C	26,90 °C
		08.00	26,31 °C	26,31 °C
		12.00	27,59 °C	27,59 °C
	3	17.00	26,42 °C	26,42 °C
		08.00	7,38	7,38
		12.00	7,36	7,36
		17.00	7,34	7,34
Sensor pH Air	1	08.00	6,88	6,88
		12.00	6,84	6,84
		17.00	6,81	6,81
		08.00	6,74	6,74
	2	12.00	6,71	6,71
		17.00	6,68	6,68
		08.00	0,86 NTU	0,86 NTU
		12.00	1,03 NTU	1,03 NTU
	3	17.00	1,56 NTU	1,56 NTU
		08.00	5,92 NTU	5,92 NTU
		12.00	6,24 NTU	6,24 NTU
		17.00	6,75 NTU	6,75 NTU
Sensor Turbidity	1	08.00	12,17 NTU	12,17 NTU
		12.00	12,51 NTU	12,51 NTU
		17.00	12,93 NTU	12,93 NTU

Berdasarkan hasil pengujian fungsional sistem monitoring kualitas air selama tiga hari, sensor suhu air menunjukkan rentang nilai antara 26,31 °C hingga 27,69 °C dengan kecenderungan suhu lebih tinggi pada siang hari, sementara hasil pembacaan di LCD dan *Blynk* hampir identik sehingga menunjukkan akurasi dan sinkronisasi yang baik. Sensor pH air mencatat nilai berkisar antara 6,68 hingga 7,38 yang relatif netral dan stabil tanpa perbedaan hasil antara tampilan LCD dan *Blynk*. Sensor *turbidity* mencatat tingkat kekeruhan terendah 0,86 NTU dan tertinggi 12,93 NTU, dengan tren kenaikan kekeruhan pada sore hari, serta hasil pengukuran di LCD dan *Blynk* yang sama persis. Secara keseluruhan, sistem monitoring berbasis IoT ini terbukti mampu menampilkan data suhu, pH, dan kekeruhan air secara *real-time* dengan hasil pengukuran yang konsisten dan valid di kedua media tampilan.

Selain hasil pengujian fungsional sistem monitoring kualitas air, terdapat pula hasil pengujian fungsional sistem pemberian pakan ikan otomatis yang ditampilkan pada Gambar 22.

Pengujian ini dilakukan dengan cara menimbang banyaknya pakan yang mampu dikeluarkan oleh mekanik pemberian pakan ikan otomatis ini dengan timbangan digital. Adapun data hasil pengujian fungsional sistem pemberian pakan ikan otomatis adalah seperti tabel 8.



Gambar 22. Pengujian Fungsional Mekanik Pakan Ikan

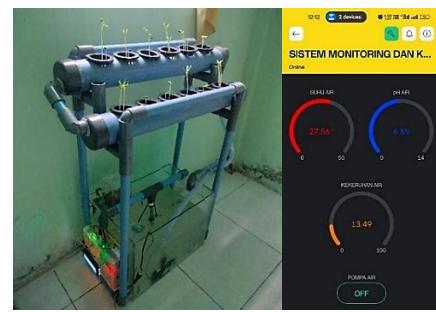
Table 8. Hasil Pengujian Fungsional Sistem Pakan Ikan Otomatis

Hari ke-	Pukul	Servo	Berat (g)	Detik (s)
1	08.00 WIB	ON	22,3 g	1 s
	10.00 WIB	OFF	-	-
	12.00 WIB	ON	22,5 g	1 s
	15.00 WIB	OFF	-	-
	17.00 WIB	ON	19,9 g	1 s
	19.00 WIB	OFF	-	-
	08.00 WIB	ON	20,1 g	1 s
	10.00 WIB	OFF	-	-
	12.00 WIB	ON	19,8 g	1 s
	15.00 WIB	OFF	-	-
2	17.00 WIB	ON	22,3 g	1 s
	19.00 WIB	OFF	-	-
	08.00 WIB	ON	22,4 g	1 s
	10.00 WIB	OFF	-	-
	12.00 WIB	ON	22,1 g	1 s
	15.00 WIB	OFF	-	-
	17.00 WIB	ON	22,5 g	1 s
	19.00 WIB	OFF	-	-
	Rata-rata ketika servo ON		21,5 Gram	1 Detik

Secara keseluruhan, rata-rata berat pakan yang keluar ketika servo *ON* adalah 21,5 gram, dengan durasi pemberian pakan sekitar 1 detik, yang menunjukkan kinerja sistem yang stabil dan konsisten dalam memberikan pakan ikan secara otomatis sesuai dengan pengaturan yang telah ditetapkan.

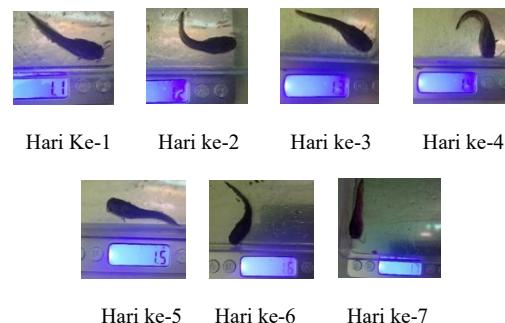
3.6. Hasil Implementasi Sistem

Adapun gambar hasil implementasi prototipe sistem monitoring dan kontrol pada akuaponik berbasis IoT adalah seperti gambar 23.



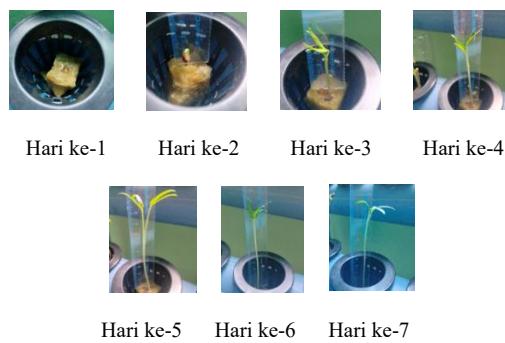
Gambar 23. Hasil Implementasi Prototipe

Adapun gambar pengamatan pertumbuhan ikan pada sistem ini ditampilkan pada gambar 24.



Gambar 24. Pertumbuhan Ikan Lele

Hasil pengamatan pertumbuhan ikan lele ditampilkan pada Gambar 24, yang dimana menampilkan proses pengamatan yang dilakukan dengan cara mengukur berat dan panjang tubuh ikan yang berusia 1,3 bulan, proses penimbangan berat ikan lele ini dilakukan dengan menggunakan timbangan digital. Selain itu, adapun gambar pengamatan pertumbuhan tanaman kangkung pada sistem ini tampilan pada gambar 25.



Gambar 25. Pertumbuhan Tanaman Kangkung

Adapun tabel data hasil pengamatan pertumbuhan ikan lele dan tanaman kangkung adalah seperti tabel 9.

Berdasarkan hasil pengamatan pertumbuhan ikan lele dan tanaman kangkung selama tujuh hari, panjang ikan lele

meningkat dari 4,4 cm pada hari pertama menjadi 5,3 cm pada hari ketujuh, sedangkan beratnya bertambah dari 1,1 g menjadi 1,7 g, yang menunjukkan pertumbuhan stabil setiap harinya. Pertumbuhan tanaman kangkung juga menunjukkan perkembangan yang signifikan, dengan tinggi tanaman bertambah dari 0 cm pada hari pertama menjadi 13 cm pada hari ketujuh, disertai peningkatan jumlah daun dari 0 lembar menjadi 4 lembar. Secara keseluruhan, data ini memperlihatkan bahwa sistem budidaya menggunakan prototipe sistem monitoring dan kontrol pada akuaponik yang terintegrasi dengan Internet of Things (IoT) ini mampu mendukung pertumbuhan ikan dan tanaman secara konsisten dalam periode pengamatan satu minggu.

Table 9. Hasil Pengamatan Pertumbuhan Ikan Dan Tanaman

Hari ke-	Pertumbuhan Ikan Lele		Pertumbuhan Kangkung	
	Panjang	Berat	Tinggi	Jumlah Daun
1	4,4 cm	1,1 g	0 cm	0 Lembar
2	4,4 cm	1,2 g	1 cm	0 Lembar
3	4,7 cm	1,3 g	5 cm	2 Lembar
4	5,1 cm	1,4 g	9,4 cm	4 Lembar
5	5,2 cm	1,5 g	11 cm	4 Lembar
6	5,2 cm	1,6 g	12 cm	4 Lembar
7	5,3 cm	1,7 g	13 cm	4 Lembar

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan pembahasan, diperoleh tiga kesimpulan. Pertama, sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT pada akuaponik berhasil dirancang secara efisien dan efektif untuk budidaya ikan lele dan kangkung. Sistem ini memantau pH, kekeruhan, dan suhu air secara *real-time*, mengontrol pompa air, serta penjadwalan pemberian pakan otomatis melalui *Software Blynk* (web dan Android). Kedua, sistem sirkulasi air mampu menjaga kualitas air dengan kekeruhan 0,86–12,93 NTU, pH 6,68–7,38, dan suhu 26,31–27,69 °C yang terpantau melalui LCD dan *Blynk* selama 3 hari. Ketiga, Sistem Pemberian pakan ikan otomatis mampu beroperasi sesuai jadwal yang telah ditentukan pada pukul 08.00, 12.00, dan 17.00 WIB dengan rata-rata 21,5 Gram per detik. Saran pengembangan ke depan adalah penambahan sensor nutrisi untuk ikan dan tanaman.

Referensi

- [1]. A. P. Sudarmo, "Pemanfaatan Pertanian Secara Hidroponik Untuk Mengatasi Keterbatasan Lahan Pertanian Di Daerah Perkotaan," *Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat Universitas Terbuka*, Vol. 1, Pp. 1–8, 2018.
- [2]. D. Ayu Wahyudi, S. Adi Wibowo, And R. Primaswara P, "Rancang Bangun Sistem Padi Aquaponic Berbasis IoT(Internet Of Things)," *Jati (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, Vol. 5, No. 1, Mar. 2021.
- [3]. M. F. Taha *Et Al.*, "Recent Advances Of Smart Systems And Internet Of Things (IoT) For Aquaponics Automation: A Comprehensive Overview," *Chemosensors*, Vol. 10, No. 8, Aug. 2022.
- [4]. Y. Prasasti, R. Ramadhan Alamsyah, A. Dian Kurnianto, And N. Rizkiyah, "Teknologi Tepat Guna Dengan Sistem Aquaponik Upaya Pemanfaatan Lahan Terbatas Di Kelurahan Rungkut Menanggal," *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, Vol. 1, No. 6, Jul. 2023.
- [5]. I. Zidni, Iskandar, A. Rizal, Y. Andriani, And R. Ramadan, "Efektivitas Sistem Akuaponik Dengan Jenis Tanaman Yang Berbeda Terhadap Kualitas Air Media Budidaya Ikan," *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, Vol. 9, No. 1, Pp. 81–94, Jun. 2019.
- [6]. A. Widodo, Nurhayati, And N. Kholis, "Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Sistem Akuaponik Berbasis IoT," *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 10, No. 3, Pp. 707–714, 2021.
- [7]. T. Budhi Pramono, N. Ika Qothrunnada, F. Asadi, T. Wawan Cenggoro, And B. Pardamean, "Water Quality Monitoring System For Aquaponic Technology Using The Internet Of Things (IoT)," *Communications In Mathematical Biology And Neuroscience*, Sep. 2023.
- [8]. W. H. Siegers, Y. Prayitno, And A. Sari, "Pengaruh Kualitas Air Terhadap Pertumbuhan Ikan Nila Nirwana (Oreochromis Sp.) Pada Tambak Payau," *The Journal Of Fisheries Development*, Vol. 3, No. 2, Pp. 95–104, Jul. 2019.
- [9]. D. Azhari And A. Martina Tomasoa, "Kajian Kualitas Air Dan Pertumbuhan Ikan Nila (Oreochromis Niloticus) Yang Dibudidayakan Dengan Sistem Akuaponik," *Jurnal Akuatika Indonesia*, Vol. 3, Pp. 84–90, Sep. 2018.
- [10]. B. M. Hapsari, J. Hutabarat, And D. Harwanto, "Performa Kualitas Air, Pertumbuhan, Dan Kelulushidupan Ikan Nila (Oreochromis Niloticus) Pada Sistem Akuaponik Dengan Jenis Tanaman Yang Berbeda," *Jurnal Sains Akuakultur Tropis*, Pp. 78–89, 2020.
- [11]. A. Burlian, Y. Rahmanto, S. Samsugi, And A. Sucipto, "Sistem Kendali Otomatis Pada Akuaponik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3," *Jst*, Vol. 02, No. 1, Pp. 1–6, 2021.
- [12]. A. Rahayuningtyas, D. Sagita, And N. Dwi Susanti, "Sistem Deteksi Dan Pemantauan Kualitas Air Pada Akuaponik Berbasis Android," *Jrti (Jurnal Riset Teknologi Industri)*, Vol. 15, Jun. 2021.
- [13]. M. Yusuf, D. F. Hafith, M. F. Faqih, And Pramono, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Monitoring Smart Aquaponic Menggunakan Firebase Dan IoT," *Biner: Jurnal Ilmu Komputer, Teknik Dan Multimedia*, Vol. 2, No. 1, Pp. 56–61, Apr. 2024.
- [14]. U. Umar, A. Al Farouq, H. Widyantara, And A. Ramadhan Kasenda Putra, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Monitoring Ph, Suhu Air Dan Tds Pada Sistem Akuaponik Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Jtt (Jurnal Teknologi Terapan)*, Vol. 10, No. 1, Mar. 2024.
- [15]. R. Fernanda And T. Wellem, "Perancangan Dan Implemetasi Sistem Pemberi Pakan Ikan Otomatis Berbasis IoT," *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, Vol. 9, Pp. 1261–1274, Jun. 2022.