



RANCANG BANGUN PEMBERIAN PAKAN OTOMATIS DAN IMPLEMENTASI SISTEM INTERNET OF THING (IoT) MONITORING SUHU DAN PH AIR PADA SISTEM AKUAPONIK

Okta Aprianto¹, Diana Pebriani Daulay², Dewi Fortuna^{2*}

¹Alumni, Jurusan Teknologi Pertanian, Prodi Teknik Pertanian, Universitas Jambi

²Dosen, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi

Info Artikel	ABSTRAK
<p><i>Kata kunci:</i></p> <p>Akuaponik, Ikan lele, <i>Internet of Things</i>, Sensor</p> <hr/> <p>*Korespondensi:</p> <p>Dewi Fortuna Dosen, Jurusan Teknologi Pertanian, Prodi Teknik Pertanian, Universitas Jambi</p> <p>Email: dewifortuna@unja.ac.id</p>	<p>Sistem akuaponik merupakan gabungan antara akuakultur dan hidroponik yang bersifat simbiotik, yang mana ikan yang sering digunakan ialah ikan lele sangkuriang, karena memiliki organ <i>aboracent cell</i> yang membantu pernafasan sehingga bisa bertahan hidup dan berkembang biak dengan kondisi air yang relatif rendah oksigen (4 mg/L). Budidaya ikan lele perlu memperhatikan faktor lain seperti suhu air, pH, serta pemberian pakan. Oleh karena itu pada sistem akuaponik ini membutuhkan alat yang dapat mengukur suhu air, pH, dan pemberian pakan secara otomatis dengan memanfaatkan teknologi <i>Internet of Things</i> (IoT). Memanfaatkan mikrokontroler ESP32 yang dihubungkan pada sensor suhu, pH, dan sensor <i>loadcell</i> maka dapat di monitoring kondisi air kolam serta pengontrolan pemberian pakan otomatis melalui aplikasi <i>blynk</i>. Hasil pengujian akurasi sensor pH air didapatkan rata-rata eror sebesar 0,7%. Hasil pengujian akurasi suhu air didapatkan rata-rata eror 0,5%. Hasil pengujian akurasi <i>loadcell</i> didapatkan rata-rata eror sebesar 1,6%. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan yaitu, alat otomatis menggunakan ESP32 ini dapat dimonitoring dan dikontrol dari jarak jauh dengan koneksi internet dan aplikasi <i>blynk</i>.</p>

I. Pendahuluan

Sistem akuaponik yakni suatu sistem pertanian berkelanjutan gabungan antara akuakultur dan hidroponik yang bersifat simbiotik yang terdapat didalam lingkungan. Tanaman akan mendapatkan nutrisi dari kolam serta limbah kotoran ikan, sedangkan ikan akan mendapatkan media hidup di air yang bersih setelah dibersihkan oleh tanaman (Megawati et al., 2020). Pemanfaatan ini terjadi karena melalui sistem resirkulasi air kolam yang disalurkan ke media tanaman, yang secara mutualistis juga menyaring air tersebut sehingga saat kembali ke kolam menjadi bersih dari amonia dan mempunyai kondisi yang lebih layak untuk budidaya ikan (Zulfiadi dan Suraiya Nazlia, 2014). Selada, kangkung air, pakcoy, dan lain-lain merupakan tanaman yang sering sekali digunakan pada sistem akuaponik (Megawati et al., 2020).

Pada sistem akuaponik ini ikan yang umum digunakan ialah ikan lele sangkuriang, karena memiliki organ *aboracent cell* yang membantu pernafasan sehingga bisa bertahan hidup dan berkembang biak dengan kondisi air yang relatif rendah oksigen (4 mg/L), sehingga banyak dibudidayakan pada sistem. Budidaya ikan lele sangkuriang perlu memperhatikan faktor lain seperti suhu dan pH. Suhu air yang optimum dalam pemeliharaan ikan lele sangkuriang secara intensif adalah 25-30°C, serta pH yang baik adalah 6-8. Namun pH yang kurang

dari 5 sangat buruk bagi ikan lele sangkuriang, karena bisa mengakibatkan terjadinya penggumpalan lendir pada insang ikan lele, dan pH di atas 8 dapat mengakibatkan ikan lele sangkuriang berkurang nafsu makan (Qalit & Rahman, 2017). Mendapatkan hasil yang optimal, bobot ikan dan pola waktu pemberian pakan sangat perlu diperhatikan karena merupakan kunci sukses budidaya ikan lele sangkuriang. Pakan ikan yang diberikan perhari berkisar 3-5% dari bobot ikan, dengan frekuensi pemberian pakan sebanyak 3 kali sehari yaitu pagi hari pada pukul 07.00 WIB, siang hari pada pukul 12.00 WIB, dan sore hari pada pukul 17.00 WIB (Skad dan Nandika, 2020). Pemberian pakan diberikan sejak berumur 2-3 minggu atau semenjak benih ditebar dengan panjang 5-6 cm (0,25 g/ekor). Setelah di pelihara selama 30 hari, bobot ikan menjadi 7,02 g/ekor (Zidni et al., 2019).

Pemberian pakan ikan secara manual atau hand-feeding, dimana pakan tersebut langsung dilempar dalam jumlah yang banyak. Saat pakan ini terendam dalam air beberapa nutrisi bisa hilang hingga 98% dalam waktu satu jam. Sehingga pakan yang di makan oleh ikan sudah berkurang nutrisinya. Oleh karena itu pada sistem akuaponik ini membutuhkan alat yang dapat memudahkan pembudidaya ikan lele sangkuriang yang meliputi penanganan permasalahan mengukur suhu air, kadar pH, dan pemberian pakan ikan berdasarkan golongan umur ikan lele otomatis dengan memanfaatkan Teknologi Internet of Things (IoT) (Megawati et al., 2020).

Warjono et al., (2022) telah membuat suatu rancangan sistem pemberian pakan dan pergantian air akuarium secara otomatis dengan jarak jauh menggunakan perintah melalui aplikasi telegam. Pemberian pakan otomatis ini menggunakan Node MCU ESP8266 untuk mengendalikan masukan dan keluarannya. Motor servo yang berfungsi untuk penggerak wadah pakan ikan yang dikendalikan oleh relay dan diatur secara jarak jauh oleh aplikasi telegam. Pada penelitian ini, perlu adanya pengembangan serta tambahan fitur seperti mengontrol pH, suhu, dan mengetahui jumlah berat pakan.

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan diatas maka pada penelitian ini akan dirancang alat bantu sederhana yang berjudul "Rancang Bangun Alat Monitoring Suhu dan pH Air Serta Pengontrolan Pemberian Pakan Ikan Lele Otomatis Berbasis IoT Pada Sistem Budidaya Akuaponik". Adapun tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat alat pengontrolan pemberian pakan ikan lele otomatis berbasis IoT pada sistem budidaya akuaponik, menyelidiki karakteristik dari sistem monitoring pada suhu, pH air kolam, dan pengontrolan pemberian pakan ikan lele otomatis (akurasi dan presisi), dan menyelidiki kinerja (waktu dan ketepatan set point) pada pengontrolan pemberian pakan ikan lele otomatis berbasis IoT pada sistem budidaya akuaponik.

II. Metode

1. Bahan dan Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu gunting, cutter, obeng, thermohygrometer (HTC-2), pH meter (ATC pH-009), bor listrik (kova DP-2010), gergaji pipa, multi meter, solder. Bahan yang digunakan ini adalah bak fiber (120×80×40cm), bibit ikan lele, pakan ikan lele (Hi-Pro-Vite 781), pompa air (armada SP103), flanel, rockwool, bibit kangkung, netpot, selang PE (8×1mm), dan selang air spiral 18mm. Bahan sensor yang digunakan adalah sensor pH air (4502C), sensor suhu (DS18B20), Real Time Clock (DS3231), sensor Loadcell (HX711 5kg), Light Emitting Diode diffused (5mm), Arduino (ESP32), motor servo (MG996R), Liquid Crystal Display (1602), stop kontak, box panel X5 (14,5×9,5×5cm), kabel jumper.

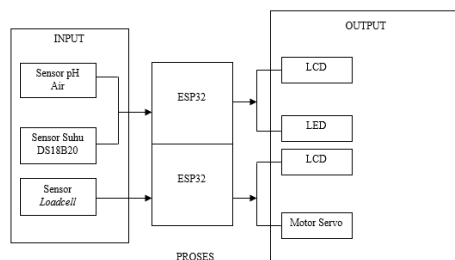
2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang membuat sebuah sistem pemberian pakan otomatis dan implementasi sistem IoT monitoring suhu dan pH air pada sistem akuaponik DFT.

3. Pelaksanaan Penelitian

1. Rancangan percobaan

Rancangan penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang membuat sebuah sistem pemberian pakan otomatis dan implementasi sistem IoT monitoring suhu dan pH air pada sistem akuaponik DFT.



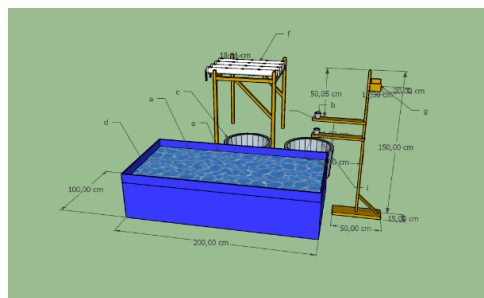
Gambar 1 Digram Blok Rangkaian

2. Instalasi Akuaponik

Pipa paralon (3") dipotong menggunakan gergaji dengan panjang masing-masing 100 cm sebanyak enam buah. Pipa yang telah dipotong, dilubangi menggunakan mesin bor dengan diameter 5 cm dan jarak antar lubang 15 cm sehingga terdapat lima lubang. Pipa yang telah dilubangi disusun secara horizontal di meja instalasi. Setiap ujung pipa ditutup menggunakan dop (3"). Ujung dop pipa instalasi dilubangi ($\frac{3}{4}$ ") dan disambung dengan pipa ($\frac{3}{4}$ ") sebagai saluran air keluar. Selain itu, lubang berdiameter 8 mm juga dibuat pada ujung pipa instalasi untuk memasukkannya selang PE yang panjangnya 10 cm sebagai saluran air masuk.

Bak fiber berukuran 120×80×40cm terhubung ke ember filtrasi melalui pipa PVC ($\frac{3}{4}$ "), sementara ember filtrasi terhubung ke pipa tempat penanaman yang telah dirakit sebelumnya menggunakan pipa PVC ($\frac{3}{4}$ "). Setiap lubang pipa tempat penanaman dilengkapi dengan netpot dan rockwool sebagai media tanam, dimana bibit kangkung yang telah disemai ditempatkan didalam rockwool tersebut. Pompa air (armada SP103) digunakan untuk mengalirkan air dari bak fiber ke ember filtrasi melalui selang air spiral 18mm. Selanjutnya, air dialirkan dari ember filtrasi ke pipa penanaman menggunakan selang air spiral 18mm. Air yang masuk ke dalam pipa penanaman kemudian dikeluarkan kembali ke bak fiber.

Sensor loadcell (HX711 5kg) dilengkapi dengan motor servo (MG996R) untuk mengatur buka-tutupnya wadah pakan ikan, sensor pH (4502C) dan sensor suhu (DS18B20) untuk memantau kualitas air kolam, serta Arduino ESP32 menjadi mikrokontroler yang diletakkan di dalam sebuah box pannel. Rangkaian sistem otomatis ini kemudian dipasang pada kerangka kayu yang telah disiapkan. Rangkaian ini diletakkan di sebelah bak fiber untuk memastikan bahwa pakan ikan akan keluar langsung ke bak fiber. Rancang bangun sistem akuaponik DFT digunakan sebagai modul simulasi dari sistem otomatis yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Keterangan:

- a. Sensor pH
- b. Wadah pakan ikan
- c. Filtrasi
- d. Bak fiber
- e. Sensor DS18B20
- f. Instalasi
- g. Box pannel
- h. Sensor Loadcell
- i. Motor Servo

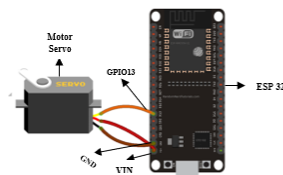
Gambar 2 Desain Rancang Bangun Sistem Akuaponik DFT

3. Instalasi Sensor

a. Rancangan Perangkat Keras (Hardware)

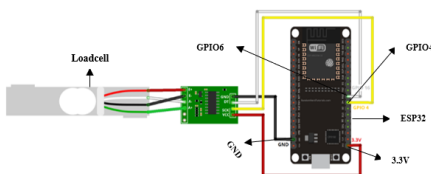
Pada rangkaian ini, kabel yang berwarna coklat pada motor servo dihubungkan dengan pin GND pada arduino ESP32, kabel yang berwarna merah dihubungkan dengan pin VIN pada arduino ESP32, dan kabel berwarna

orange dihubungkan dengan pin GPIO13 pada arduino ESP32. Untuk lebih jelas hubungan rangkaiannya dapat dilihat pada **Gambar 3** berikut:



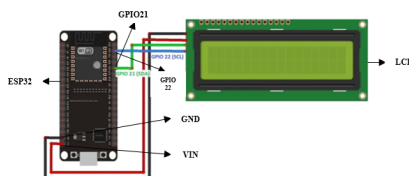
Gambar 3 Rangkaian Motor Servo

Pada rangkaian sensor *loadcell*, kabel yang berwarna hitam dihubungkan dengan pin GND pada arduino ESP32, kabel yang berwarna putih dihubungkan dengan pin GPIO16 pada arduino ESP32, kabel yang berwarna kuning dihubungkan dengan pin GPIO4 pada arduino ESP32, dan kabel yang berwarna merah dihubungkan pada pin 3.3V pada arduino ESP32. Untuk lebih jelas hubungan rangkaiannya dapat dilihat pada **Gambar 4** berikut:



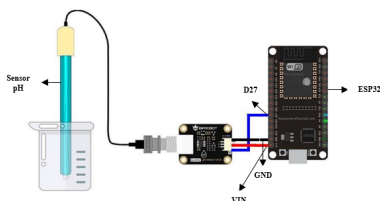
Gambar 4 Rangkaian *Loadcell*

Pada rangkaian LCD, kabel yang berwarna hitam dihubungkan dengan pin GND pada arduino ESP32, kabel yang berwarna merah dihubungkan dengan pin VIN pada arduino ESP32, kabel yang berwarna hijau dihubungkan dengan pin GPIO 21 pada arduino ESP32, dan kabel yang berwarna biru dihubungkan dengan pin GPIO 22 pada arduino ESP32. Untuk lebih jelas hubungan rangkaiannya dapat dilihat pada **Gambar 5** berikut:



Gambar 5 Rangkaian LCD

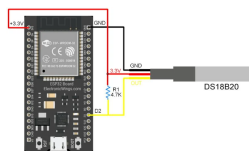
Pada rangkaian sensor pH air (4502C), kabel yang berwarna hitam dihubungkan dengan pin GND pada arduino ESP32, kabel yang berwarna merah dihubungkan dengan pin VIN pada arduino ESP32, kabel berwarna biru dihubungkan dengan pin D27 pada arduino ESP32. Untuk lebih jelas hubungan rangkaiannya dapat dilihat pada **Gambar 6** berikut:



Gambar 6 Rangkaian pH Air

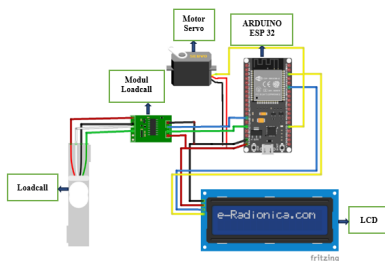
Pada rangkaian sensor suhu (DS18B20), kabel yang berwarna hitam dihubungkan dengan pin GND pada arduino ESP32, kabel yang berwarna merah dihubungkan dengan pin 3.3V pada arduino ESP32, kabel berwarna kuning dihubungkan dengan pin D2 pada arduino ESP32, kemudian ditambahkan resistor diantara

kabel warna merah dan kabel warna kuning. Untuk lebih jelas hubungannya dapat dilihat pada **Gambar 7** berikut:

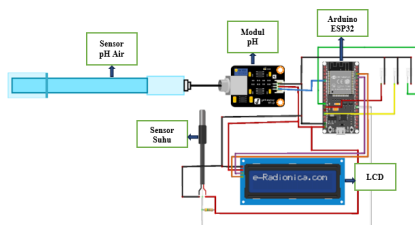


Gambar 7 Rangkaian Suhu (DS18B20)

Rangkaian keseluruhan alat yang didesain menggunakan aplikasi *fritzing* dapat dilihat pada **Gambar 8** dan **9**.



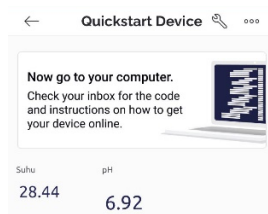
Gambar 8 Desain Rangkaian Sistem Pemberian Pakan



Gambar 9 Desain Rangkaian Sistem Monitoring Suhu dan pH Air

b. Rancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Rancangan *software* pada penelitian ini dimulai dengan membuka aplikasi Blynk yang sudah terinstal di ponsel. Pilih "Sign Up" untuk membuat akun baru. Masukkan alamat email dan buat kata sandi untuk akun Anda, lalu klik "Sign Up". Setelah berhasil masuk, klik ikon "+" atau "New Project" untuk membuat proyek baru. Berikan nama proyek sesuai keinginan. Pilih perangkat hardware yang ESP32. Pilih jenis koneksi WiFi. Klik "Create" untuk membuat proyek. Setelah proyek dibuat, akan menerima Auth Token melalui email atau bisa juga dilihat di halaman proyek. Salin Auth Token tersebut karena akan digunakan dalam kode di perangkat hardware. Klik ikon "+" di halaman proyek untuk menambahkan widget. Pilih widget *gauge display*. Buka Arduino IDE atau software lainnya yang sesuai untuk perangkat hardware. Masukkan kode proyek dan jangan lupa untuk memasukkan Auth Token yang telah dapatkan. Upload kode tersebut ke perangkat hardware. Pastikan perangkat hardware terhubung ke internet atau koneksi yang sesuai dengan pengaturan di proyek Blynk. Buka aplikasi Blynk di ponsel dan jalankan proyek dengan menekan tombol "Play". Tampilan di aplikasi *blynk* dapat dilihat pada **Gambar 10**



Gambar 10 Tampilan di aplikasi Blynk

4. Implementasi (Implementation)

Pada implementasi merupakan tahapan untuk menerapkan keseluruhan desain dan rancangan yang telah dibuat pada tahap-tahap sebelumnya. Rangkaian sistem otomatis yang akan dirakitkan pada instalasi DFT meliputi modul Arduino ESP32, sensor suhu (DS18B20), sensor pH air (4502C), motor servo (MG996R), dan sensor loadcell (HX711 5kg). Tahap perakitan sistem dengan instalasi akuaponik dilakukan melalui tahap desain dan tahap perencanaan. Tahap desain dilakukan dalam bentuk gambar tiga dimensi menggunakan aplikasi SketchUp 2019. Tahap ini dilakukan untuk melihat model tiga dimensi dari instalasi DFT yang dilengkapi sistem kontrol otomatis. Tahap perencanaan yang dilakukan adalah perencanaan tata letak komponen alat-alat yang digunakan dalam mengontrol pakan ikan, monitoring suhu air kolam dan pH air kolam. Tujuan perencanaan tata letak ini adalah menghindari error yang terjadi pada alat saat sistem bekerja sehingga kontrol pakan ikan, monitoring suhu air kolam dan pH air kolam berjalan dengan semestinya.

5. Pengujian dan Kalibrasi Sensor

Pada sistem kontrol, sebelum dilakukannya tahap pengujian sensor akan dilakukan proses kalibrasi pada sensor. Sensor yang akan dikalibrasi adalah sensor pH air dan sensor loadcell. Tujuan dilakukan proses kalibrasi sensor pH air dan sensor loadcell pada Arduino ESP32 untuk memastikan bahwa sensor mampu memberikan hasil pembacaan yang akurat dan konsisten.

Pengujian sistem ditujukan untuk memastikan komponen sensor-sensor yang terhubung pada mikrokontroler bekerja dengan baik sehingga dapat menjaga keakuratannya. Pengujian juga digunakan dalam melakukan simulasi terhadap kinerja sistem kontrol otomatis yang akan diimplementasikan ke akuaponik. Pengujian komponen dari perangkat sistem kontrol otomatis dilakukan untuk meminimalkan error pada saat sistem bekerja. Dalam menentukan nilai error, dapat dilihat pada Persamaan 1-3.

Selisih	$= x_i - x $	Pers. 1
Persentase error	$= \text{Selisih} / x \times 100\%$	Pers. 2
Tingkat akurasi sensor	$= 100\% - \text{persentase error}$	Pers. 3

Keterangan:

x = Nilai pada sensor (pH, suhu, dan *loadcell*)

x_i = Nilai pada alat ukur (termometer, pH, dan timbangan digital)

6. Bobot Ikan (Jani dan Annisa, 2019)

Monitoring pada jumlah berat pakan ikan, diamati untuk mengetahui jumlah berat pakan. Sebelum melakukan pemberian pakan pada ikan lele, sebaiknya dilakukan penghitungan bobot ikan lele terlebih dahulu untuk mengetahui berat jumlah pakan yang baik. Ikan lele dihitung seminggu sekali, dengan cara mengambil 5 ekor ikan lele untuk ditimbang dan di rata-ratakan dengan menggunakan persamaan 4. Setelah rata-rata bobot ikan lele tersebut diketahui, maka rata-rata tersebut dibagi 3 seperti pada persamaan 5. Pakan ikan diberikan dengan jadwal 3 kali sehari yaitu pada pagi hari pukul 07.00, siang hari pukul 12.00, dan sore hari 17.00

$$TP = 5\% \times (\sum B \times mb) \quad \text{Pers. 4}$$

Diketahui:

TP = Total pakan (g/hari)

$\sum B$ = Banyaknya benih ikan dalam kolam (ekor)

mb = Berat benih ikan per ekor (g/ekor)

Jumlah pakan dihitung menggunakan persamaan 5:

$$tp = \frac{\sum TP}{n} \quad \text{Pers. 5}$$

Keterangan:

tp = Jumlah pakan (g/hari)

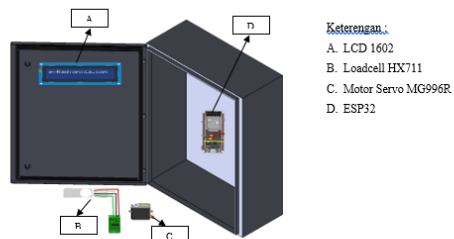
$\sum TP$ = Total pakan (g/hari)

n = Interval pemberian pakan (kali)

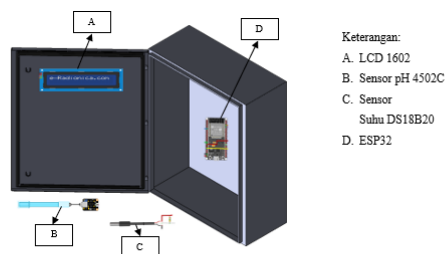
III. Hasil Dan Pembahasan

1. Implementasi Perangkat Keras

Perangkat keras pada sistem kontrol otomatis pemberian pakan ikan serta monitoring suhu dan pH air kolam ini setelah berhasil pada tahap pengujian akan di implementasikan pada instalasi akuaponik DFT yang terletak pada Greenhouse. Implementasi perangkat keras pada prototipe instalasi akuaponik DFT dapat dilihat pada Gambar 11 dan 12.



Gambar 11 Hardware Sistem Kontrol Pakan Ikan



Gambar 12 Hardware Sistem Kontrol Monitoring Suhu dan pH

2. Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak pada sistem kontrol otomatis pemberian pakan ikan serta kontroling suhu dan pH air terbatas pada sistem akuaponik di green house terkait pada pemrograman mikrokontroler. Implementasi perangkat lunak ini merupakan serangkaian intruksi yang diterapkan untuk mnegatur jalannya sistem dari perangkat keras. Mikrokontroler yang digunakan pada sistem kontrol diprogram menggunakan aplikasi Arduino IDE. Program tersebut terdiri dari atas inisialisasi sensor terhadap pembacaan sensor berbasis arduino, penghubungan ESP32 dengan Wi-Fi, penghubungan aplikasi Blynk terhadap mikrokontroler, pemrograman untuk pengontrolan load cell, serta pemrograman set-timer melalui modul RTC untuk pengontrolan pemberian pakan ikan otomatis.

3. Pengujian Sensor pH Meter

Pengujian sensor pH dilakukan untuk mendapatkan keakurasian pembacaan nilai sensor pH air dengan membandingkan hasil pengukuran menggunakan pH meter digital. Sebelum dilakukan pengujian, terlebih dahulu sensor akan dikalibrasi. Pengujian sensor dilakukan menggunakan pH buffer powder dengan pH 4,01, pH 6,86, dan pH 9,18. Tiap-tiap indikator pH buffer powder akan dilakukan pembacaan sebanyak 5 kali sehingga menghasilkan data sebanyak 15 data.

Untuk mengetahui error pada perbandingan pengukuran antara sensor pH dan pH digital dengan cara melakukan perhitungan menggunakan persamaan (1) dan (2). Data hasil pengujian sensor dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Akurasi Sensor pH Air (4502C)

Data Ke-	pH			Error (%)	Akurasi (%)
	pH Meter Digital	Sensor pH	Selisih		
1.	4,07	4,03	0,04	1,0	99,0
2.	4,06	4,08	0,02	0,5	99,5
3.	4,07	4,00	0,07	1,8	98,3
4.	4,06	3,97	0,09	2,3	97,7
5.	4,06	4,00	0,06	1,5	98,5
6.	6,88	6,87	0,01	0,1	99,9
7.	6,88	6,87	0,01	0,1	99,9
8.	6,87	6,85	0,02	0,3	99,7
9.	6,86	6,79	0,07	1,0	99,0
10	6,88	6,85	0,03	0,4	99,6
11.	9,39	9,32	0,07	0,8	99,2
12.	9,40	9,35	0,05	0,5	99,5
13.	9,44	9,42	0,02	0,2	99,8
14.	9,46	9,44	0,02	0,2	99,8
15.	9,48	9,44	0,04	0,4	99,6
Rata-rata				0,7	99,3

Tabel 1 merupakan hasil percobaan dengan rata-rata persentase error dari pengujian sensor pH dengan pH meter memiliki nilai sebesar 0,7% yang telah diuji dengan menggunakan indikator larutan yang berbeda. Sensor pH memiliki tingkat akurasi sensor sebesar 99,3% yang dihitung menggunakan persamaan (1). Hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor pH pada sistem kontrol dapat bekerja dengan baik (Qalit & Rahman, 2017).

4. Pengujian Sensor Suhu Air DS18B20

Pengujian pada sensor DS18B20 dilakukan menggunakan oven dengan membandingkan akurasi terhadap pengukuran suhu air antara sensor dan HTC-2 termometer higrometer. Pengujian melibatkan pengukuran terhadap suhu yang berbeda-beda, yaitu pada suhu 30°C, 40°C, dan 50°C. Tiap-tiap pengukuran suhu dilakukan sebanyak 5 kali sehingga menghasilkan data sebanyak 15 data. Pengukuran suhu menggunakan sensor DS18B20 dan HTC-2 dapat dilihat pada Gambar 13. Untuk mengetahui error pada perbandingan pengukuran sensor dan HTC-2 dengan cara melakukan perhitungan menggunakan persamaan (1) dan (2). Data hasil pengujian antara sensor DS18B20 dan HTC-2 dapat dilihat pada **Tabel 2**



Gambar 13 Pengujian Sensor DS18B20 dan HTC-2

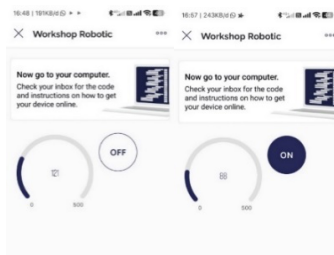
Dilihat pada **Tabel 2**, rata-rata presentase error pada sensor DS18B20 yang dilakukan menunjukkan hasil nilai rata-rata error sebesar 0,9%. Untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dapat dihitung menggunakan persamaan (3), sehingga sensor DS18B20 memiliki nilai tingkat akurasi sebesar 99,5%. Berdasarkan nilai rata-rata presentase error dan tingkat akurasi tersebut membuktikan bahwa sensor DS18B20 mampu bekerja dengan baik pada alat sistem kontrol (Megawati et al., 2020).

Tabel 2 Akurasi Sensor Suhu Air (DS18B20)

Hari Ke-	Suhu (°C)		Error (%)	Akurasi (%)	
	Thermometer	Sensor Suhu			
1.	30,6	30,6	0,00	0,0	99,0
2.	30,5	30,6	0,10	0,3	99,5
3.	30,2	30,4	0,20	0,7	98,3
4.	30,2	30,5	0,30	1,0	97,7
5.	30,4	30,4	0,00	0,0	98,5
6.	40,5	40,7	0,20	0,5	99,9
7.	40,2	40,8	0,60	1,5	99,9
8.	40,1	40,5	0,40	1,0	99,7
9.	40,6	40,6	0,00	0,0	99,0
10.	40,3	40,6	0,30	0,7	99,6
11.	50,2	50,2	0,00	0,0	99,2
12.	50,3	50,7	0,40	0,8	99,5
13.	50,7	50,8	0,10	0,2	99,8
14.	50,6	50,8	0,20	0,4	99,8
15.	50,8	50,8	0,00	0,0	99,6
Rata-rata			0,5		99,5

5. Pengujian Pemberian Pakan

Pada pengujian modul *loadcall* akan dilakukan pemrograman pada arduino agar dapat menerima data berat dari *loadcall*. Setelah arduino dan *loadcall* terhubung sebelum dapat digunakan *loadcall* harus dikalibrasi terlebih dahulu agar nilai berat yang terukur oleh sensor sama dengan berat yang diukur oleh timbangan digital. Sensor akan dikalibrasi awal yaitu dengan memberikan beban yang sudah diketahui beratnya dan diatur pada program kurang lebih dari berat yang diberikan. Perbandingan dengan timbangan digital untuk mengetahui seberapa besar selisih berat dari keduanya. Pada pengujian ini dilakukan perbandingan pemberian pakan dengan sample 30 hari, dalam 1 hari terjadi 3 kali pemberian pakan yaitu pukul 07.00-08.00, 12.00-13.00, dan pukul 17.00-18.00. Pemberian pakan dilakukan 3 kali agar memenuhi kebutuhan ikan dalam satu hari yaitu 5% dari berat keseluruhan ikan dalam kolam, seperti menurut Arief dkk bahwa pemberian pakan ikan lele dilakukan dengan frekuensi 3 kali sehari dan pakan ditimbang 5% dari biomassa atau berat total ikan dalam satu kolam (Arief, Fitriani, & Subekti, 2014). Adapun menurut Nugraha dan Nia bahwa pemberian pakan juga bisa dilakukan dengan frekuensi 2 kali sehari yaitu pagi dan sore hari, dengan memberikan pakan ikan sebanyak 3% dari total berat badan ikan (Lingga & Kurniawan, 2013).

**Gambar 14** Tampilan *Loadcall* di Blynk

Pengujian sensor *loadcall* dilakukan untuk melihat keakuratan sensor tersebut. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan massa pada sensor *loadcall* dengan massa pada timbangan digital dengan menggunakan variasi massa beban. Untuk mengetahui error pada perbandingan antara massa pada timbangan digital dan sensor *loadcall* dengan cara melakukan perhitungan menggunakan persamaan (1) dan (2). Data hasil pengujian sensor dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Berdasarkan pada **Tabel 3**, pengujian sensor loadcell diatas selama 30 hari, dapat diketahui bahwa tingkat kesalahan dapat dinilai rata-rata sebesar 1,6%. Sehingga tingkat akurasi sensor pada alat ini sebesar 98,5% yang dihitung menggunakan persamaan (1). Perbedaan tersebut tidak menjadi masalah karena nilai error yang kecil sehingga alat bekerja dengan baik (Jani & Annisa, 2019)

Tabel 3 Akurasi Sensor Loadcell (HX711)

Minggu Ke-	Bobot (g)			Error (%)	Akurasi (%)
	Timbangan Digital	Loadcell	Selisih		
1.	31	31	0,0	0,0	100
	31	30	1,0	3,3	100
	31	30	1,0	3,3	96,7
	31	32	1,0	3,1	96,7
	31	32	1,0	3,1	96,9
2.	40	41	1,0	2,4	96,9
	40	40	0,0	0,0	97,6
	40	40	0,0	0,0	100
	40	42	2,0	4,8	100
	40	40	0,0	0,0	95,2
3.	46	46	0,0	0,0	100
	46	45	1,0	2,2	100
	46	46	0,0	0,0	97,8
	46	46	0,0	0,0	100
	46	47	1,0	2,1	100
4.	69,67	69	0,7	1,0	97,9
	69,67	72	2,3	3,2	99,0
	69,67	70	0,3	0,5	96,8
	69,67	69	0,7	1,0	99,5
	69,67	71	1,3	1,9	99,0
Rata-rata				1,6	98,5

6. Pengujian Keseluruhan Sistem Kontrol Otomatis

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa alat monitoring suhu dan pH air serta pengontrolan pemberian pakan ikan lele otomatis berbasis iot pada sistem budidaya akuaponik mampu bekerja dengan baik sesuai dengan perintah yang telah di input. Pengujian sistem dibagi menjadi dua, yaitu pengujian sistem tanpa kontrol dan pengujian sistem dengan kontrol otomatis. Tiap-tiap pengujian sistem dilakukan selama tiga puluh hari. Data pengamatan dari pengujian sistem dilakukan selama 10 jam, dimulai dari jam 08.00-17.00 dengan pengambilan data setiap satu jam sekali. Pada pengujian sistem tanpa kontrol hanya memonitoring suhu air, pH air, dan pemberian pakan tanpa kontrol terhadap loadcell. Sedangkan pada pengujian sistem kontrol otomatis yaitu dengan melakukan kontrol terhadap loadcell serta memonitoring DS18B20 dan sensor pH Meter. Pengujian sistem kontrol melibatkan beberapa komponen, seperti pompa celup untuk mengalirkan air kolam ke pipa instalasi, dan motor servo yang diletakkan dibawah wadah pakan ikan yang berfungsi untuk membuka tutup keluarnya pakan ikan.

Sistem kontrol otomatis akan bekerja pada saat sensor membaca pH sesuai dengan set-point yang telah di program pada ESP32. Lampu indikator merah menyala dengan kontrol otomatis terjadi pada saat sensor membaca pH diatas 8,0. Lampu indikator hijau menyala dengan kontrol otomatis terjadi pada saat sensor membaca pH dibawah 6,0. Pada suhu air, lampu indikator putih akan menyala jika suhu terlalu rendah (dibawah 25°C) atau terlalu tinggi (didas 30oC). Pada pakan ikan, akan mengeluarkan pakan secara otomatis pada waktu yang telah ditentukan. Pakan ikan yang keluar akan di timbang melalui loadcell sesuai dengan berat yang ditentukan, serta motor servo akan otomatis membuka dan menutup kembali jika pakan ikan sudah keluar sesuai dengan berat yang telah ditentukan. Pengamatan dilakukan dengan mengamati hasil pembacaan data dari sensor pada sistem kontrol yang ditampilkan pada aplikasi Blynk. Selama tiga puluh hari pengamatan, data yang dihasilkan tiap harinya memiliki nilai yang berbeda-beda. Hal ini dapat disebabkan karena adanya perbedaan faktor diantaranya dari bobot ikan yang bertambah, dari cuaca yang tidak menentu sama pada hari pengamatan yang dilakukan. Data pengamatan dapat dilihat pada **Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6**.

Nilai pH tertinggi di dalam air kolam berdasarkan data pada **Tabel 4** mencapai 8.01 pada waktu pukul 07.00 hari ke tiga. pH air kolam yang tinggi disebabkan karena temperatur tempat air berada mempengaruhi kelarutan karbon dioksida. Ketika air mendapat banyak intensitas panas dari cahaya matahari, maka suhu permukaannya akan naik. Ketika suhu permukaan air naik, maka kelarutan karbon dioksida akan menurun sehingga pH akan naik dan air bersifat basa (Nasarudin, 2009). Nilai pH terendah mencapai 7,06 pada sensor pH dan 7.00 pada pH meter digital pada pukul 12.00 pada hari pertama. pH air kolam rendah disebabkan karena kotoran dan sisa makanan ikan yang menumpuk di dasar kolam membuat pH rendah dan asam jadi tinggi, saat hujan, semua naik ke atas (Nasarudin, 2019).

Nilai hasil monitoring pH meter dan sensro pH air kolam pada pengujian sistem tanpa kontrol maupun dengan kontrol masih menunjukkan pembacaan nilai yang belum stabil sehingga setiap pengulangan pembacaan data yang diambil sensor masih berubah-ubah. Akan tetapi, perbedaan tersebut tidak menunjukkan rentang angka

yang begitu besar. Pembacaan sensor yang tidak stabil dapat disebabkan oleh proses kalibrasi yang tidak tepat, faktor internal pada sensor, dan juga faktor lingkungan. Pada proses kalibrasi sensor pH meter dan sensor pH pada tahap pengujian sensor sudah tepat. Ketidakstabilan yang ditemukan pada pH meter dan sensor pH dapat diatasi dengan melakukan kalibrasi ulang untuk memperoleh hasil yang akurat pada pengukuran pH meter dan sensor pH (Shobirin et al., 2022).

Tabel 4 Hasil Pengujian Sistem Kontrol pH air

Hari Ke-	Nilai pH Air				Error (%)	Akurasi (%)	Lampu LED	
	Waktu	Sensor pH 4502C	pH Meter Digital	Selisih			On	Off
1.	07.00	7,13	7,10	0,03	0,4	99,6		✓
	12.00	7,06	7,00	0,06	0,8	99,2		✓
	17.00	7,1	7,10	0,00	0,0	100		✓
2.	07.00	7,53	7,55	0,02	0,3	99,7		✓
	12.00	7,53	7,54	0,01	0,4	99,6		✓
	17.00	7,54	7,54	0,00	0,5	99,5		✓
3.	07.00	8,01	8,01	0,00	0,0	100		✓
	12.00	7,96	7,97	0,01	0,1	99,9		✓
	17.00	7,90	7,90	0,00	0,0	100		✓
4.	07.00	7,77	7,80	0,03	0,4	99,6		✓
	12.00	7,76	7,80	0,04	0,5	99,5		✓
	17.00	7,72	7,70	0,02	0,3	99,7		✓
5.	07.00	7,40	7,40	0,00	0,0	100		✓
	12.00	7,41	7,40	0,01	0,1	99,9		✓
	17.00	7,44	7,40	0,04	0,5	99,5		✓

Tabel 5 Hasil Pengujian Sistem Kontrol Suhu Air

Hari Ke-	Nilai Suhu Air (°C)				Error (%)	Akurasi (%)	Lampu LED	
	Waktu	Sensor Suhu	Thermometer	Selisih			On	Off
1.	07.00	25,00	26,10	1,10	4,4	95,6		✓
	12.00	30,44	30,30	0,14	0,5	99,5	✓	
	17.00	28,38	28,40	0,02	0,1	99,9		✓
2.	07.00	25,94	25,10	0,84	3,2	96,8		✓
	12.00	26,50	27,40	0,02	0,1	99,9		✓
	17.00	28,62	28,60	0,20	0,8	99,2		✓
3.	07.00	25,00	25,60	0,60	2,4	97,6		✓
	12.00	26,50	26,90	0,40	1,5	98,5		✓
	17.00	29,00	29,00	0,00	0,0	100		✓
4.	07.00	25,00	24,90	0,10	0,4	99,6		✓
	12.00	28,62	28,50	0,12	0,4	99,6		✓
	17.00	28,50	28,40	0,10	0,4	99,6		✓
5.	07.00	25,37	26,10	0,73	2,9	97,1		✓
	12.00	29,44	29,40	0,04	0,1	99,9		✓
	17.00	29,44	29,30	0,14	0,5	99,5		✓

Nilai suhu di dalam air kolam ikan berdasarkan data pada **Tabel 5** yang menggunakan sensor suhu (DS18B20) mencapai 30,44°C sedangkan yang menggunakan thermometer mencapai 30,30°C pada hari pertama pukul 12.00. Suhu udara yang tinggi disebabkan karena terperangkapnya udara panas di dalam air kolam ikan yang tidak tersirkulasi dengan baik sehingga menyebabkan nilai suhu tidak terkulasi dengan baik. Suhu tinggi tersebut juga dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan suhu larutan amoniak di dalam pipa. Pipa instalasi yang terpapar sinar matahari mampu menyimpan panas sehingga akan berpengaruh pada kondisi suhu air yang terdapat di dalam pipa. Hal ini dibuktikan dengan perbedaan yang ditunjukkan melalui pengujian dengan menggunakan thermometer (Suhardiyanto et al., 2007).

Berdasarkan data pengamatan pada **Tabel 6** bahwa selisih waktu pemberian pakan yang menggunakan sistem kontrol otomatis tidak memiliki selisih waktu (0 menit). Sehingga bisa dikatakan pada pengujian sensor *loadcell* ini bekerja sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan.

Tabel 6 Hasil Pengujian Waktu Pemberian Pakan Menggunakan Loadcell

Hari Ke-	Waktu Yang Diatur	Aktual	Selisih Waktu	Sesuai	Tidak Sesuai
1.	07.00	07.00	0 menit	✓	
	12.00	12.00	0 menit	✓	
	17.00	17.00	0 menit	✓	
	07.00	07.00	0 menit	✓	
	12.00	12.00	0 menit	✓	
	17.00	17.00	0 menit	✓	
2.	07.00	07.00	0 menit	✓	
	12.00	12.00	0 menit	✓	
	17.00	17.00	0 menit	✓	
	07.00	07.00	0 menit	✓	
	12.00	12.00	0 menit	✓	
	17.00	17.00	0 menit	✓	

IV. Kesimpulan

Berdasarkan uji coba dan evaluasi yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan yaitu, Sistem berhasil mengontrol alat pakan otomatis menggunakan ESP32 ini dan dapat dikontrol dari jarak jauh dengan koneksi internet. Sensor pH dapat memberikan peringatan apabila kondisi pH air lebih asam atau lebih basa dari pada kondisi yang diinginkan. Sensor suhu dapat memberikan peringatan apabila suhu air terlalu panas atau terlalu dingin sehingga kondisi kolam dapat terus terpantau dengan baik. Pengujian pada penelitian ini diperoleh data dari pengujian sensor pH air kolam didapatkan presentase error 0,7%, suhu air kolam presentase error 0,5%, dan untuk sensor *loadcell* presentase error 1,6%, dapat dilihat dari presentase masing-masing eror yang kecil pada pengujian masing-masing sensor yang menunjukkan sensor tersebut berfungsi dengan semestinya.

Daftar Pustaka

- Jani, M. A., & Annisa, R. (2019). Alat pemberi makan ikan otomatis berbasis internet of things. *Jurnal Teknik Informatika*, 45(2), 1–7.
- Megawati, D., Masykuroh, K., & Kurnianto, D. (2020). Rancang bangun sistem monitoring pH dan suhu air pada akuaponik berbasis internet of thing. *Telekomunikasi Elektronika Komputasi Dan Kontrol*, 6(2), 124–137.
- Putra, A. M., & Pulungan, A. B. (2020). Alat pemberian pakan ikan otomatis. *Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional*, 6(2). 110-113
- Qalit, A., & Rahman, A. (2017). Rancang bangun prototipe pemantauan kadar pH dan kontrol suhu serta pemberian pakan otomatis pada budidaya ikan lele sangkuriang berbasis IoT. *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*, 2(3), 8–15.
- Warjono, S., Kurnia Sandhi, E., & Riqulloh, F. D. (2022). Akuarium dengan pemberi pakan otomatis dan pergantian air via aplikasi telegam. *Jurnal Teknik Pertanian*, 18(1), 79–81.
- Zidni, I., Iskandar, Rizal, A., & Andriani, Y. (2019). Efektivitas sistem akuaponik dengan jenis tanaman yang berbeda terhadap kualitas air media budidaya ikan. *Jurnal Agroekoteknologi*, 9(1), 81–94
- Zulfiadi dan Suraiya Nazlia, Pengaruh tanaman berbeda pada sistem akuaponik terhadap tingkat kelangsungan hidup dan pertumbuhan benih ikan lele (*Clarias sp*), *Acta Aquat*, 7(1), 3-5