

PERANCANGAN SISTEM *MONITORING* DAN KONTROL KUALITAS AIR SERTA PEMBERIAN PAKAN OTOMATIS PADA BUDIDAYA LELE BIOFLOK BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Gde Dendy Denhero¹, I Putu Elba Duta Nugraha², Lie Jasa²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus UNUD, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali

dendydenhero59@gmail.com¹, elba.nugraha@unud.ac.id², liejasa@unud.ac.id²

ABSTRAK

Budidaya dengan sistem bioflok mempunyai beberapa kekurangan dan kelebihan. Teknologi budidaya lele bioflok adalah teknik untuk membuat kadar karbon dan nitrogen dalam air menjadi seimbang guna meningkatkan kualitas air kolam. Namun, pembudidaya harus melakukan pengamatan pada air kolam budidaya lebih sering dan teliti demi mencegah kenaikan kadar nitrogen. Maka, mengacu pada hal tersebut, dirancanglah suatu sistem *monitoring* dan kontrol kualitas air serta pemberian pakan otomatis pada budidaya lele bioflok. Penelitian dilakukan dengan menerapkan metode eksperimen, yang mana sistem ini dibagi menjadi tiga subsistem yaitu *monitoring* kualitas air, penggantian air otomatis, dan pemberian pakan otomatis. Hasil yang didapat dari melakukan penelitian ini yaitu berupa data uji coba alat yang kemudian akan dikomparasikan dengan data dari program yang telah dibuat, serta data unjuk kerja dari subsistem penggantian air otomatis dan subsistem pemberian pakan otomatis yang dilakukan selama 5 hari berturut-turut. Kesimpulan dari penelitian ini adalah rancangan sistem *monitoring* dan kontrol kualitas air serta pemberian pakan otomatis pada budidaya lele bioflok berbasis *Internet of Things* berhasil dibuat. Pada subsistem penggantian air otomatis, rata-rata kesalahan relatif yaitu sebesar 2,75%. Pada subsistem pemberian pakan otomatis, rata-rata selisih waktu pemberian pakan yaitu sebanyak 14,5 detik dan rata-rata kesalahan relatif yaitu sebesar 3,3%.

Kata kunci: lele, bioflok, *monitoring*, otomatis, penggantian air, pakan, *IoT*

ABSTRACT

Cultivation with a biofloc system has several advantages and disadvantages. Biofloc catfish cultivation technology is a technique to balance carbon and nitrogen levels in water to improve pond water quality. However, cultivators must make observations in the cultivation pond water more often and carefully in order to prevent the increase in nitrogen levels. So, referring to this, a monitoring and control system for water quality and automatic feeding on biofloc catfish cultivation was designed. The research was conducted by applying the experimental method, in which the system is divided into three subsystems, namely water quality monitoring, automatic water replacement, and automatic feeding. The results obtained from conducting this research are in the form of tool trial data which will then be compared with data from the program that has been made, as well as performance data from the automatic water replacement subsystem and automatic feeding subsystem which were carried out for 5 consecutive days. The conclusion of this research is that the design of a water quality monitoring and control system and automatic feeding on biofloc catfish cultivation based on the Internet of Things has been successfully made. In the automatic water replacement subsystem, the average relative error is 2.75%. In the automatic feeding subsystem, the average difference in feeding time is 14.5 seconds and the average relative error is 3.3%.

Key Words : *catfish, bioflok, monitoring, automatic, water replacement, feed, IoT*

1. PENDAHULUAN

Salah satu ikan yang dikenal oleh orang Indonesia sebagai ikan konsumsi adalah lele. Kandungan gizi lele masih bisa bersaing dengan ikan-ikan seperti tuna dan salmon, namun harga ikan lele jauh lebih murah. Ikan lele memiliki daging yang gurih dan lezat. Pada daging lele berbobot 100gr di dalamnya terkandung asam lemak omega-9, omega-6, dan omega-3. Protein yang terolong tinggi yakni 17,56 terkandung pada daging lele per 0,1 kg nya. Hal ini mengindikasikan kebutuhan gizi masyarakat juga dapat terpenuhi dari ikan lele sebagai pengganti ikan lain.

Memilih profesi sebagai peternak lele dewasa ini dianggap memiliki masa depan yang kurang terjamin. Namun sepertinya pemikiran seperti itu tidak sepenuhnya benar. Pada tahun 2015-2019, produksi ikan lele budidaya mengalami pertumbuhan yang tinggi yaitu berkisar 15,84% per tahun [1]. Dengan harga yang terbilang stabil dari Rp18.000 – Rp24.000 di tingkat eceran, ikan lele masih sangat laku di pasaran. Mengacu pada data tersebut, *level* kenaikan produksi ikan lele yang tinggi belum berpengaruh besar pada harganya. Hal ini membuktikan jika minat masyarakat terhadap ikan lele masih tergolong tinggi. Oleh karena itu membudidayakan lele masih memiliki prospek yang menjanjikan.

Tingginya minat masyarakat akan ikan lele membuat Kementerian Kelautan dan Perikanan mencanangkan strategi untuk mengembangkan industri budidaya lele secara berkesinambungan untuk meningkatkan produksi agar kebutuhan akan ikan lele terbenuhi. Pada laman kkp.go.id (2018) [2], Direktur Jendral Perikanan Budidaya yaitu Slamet Soebjakto membeberkan setidaknya ada tiga strategi utama yang akan dilakukan untuk mengembangkan industri budidaya lele ini. Teknologi bioflok adalah salah satunya.

Teknologi budidaya lele bioflok adalah teknik menyeimbangkan kadar karbon dan nitrogen dalam sistem budidaya untuk meningkatkan kualitas air kolam [3]. Kadar nitrogen berlebih pada kolam budidaya dapat disebabkan oleh sisa-sisa pakan yang tidak dimanfaatkan oleh ikan, baik dari pakan yang tidak dimakan ikan maupun hasil ekskresi ikan baik urin maupun feses. Untuk mengurangi kadar nitrogen yang berlebih, teknologi budidaya bioflok memanfaatkan mikroorganisme heterotrof dan fitoplankton sebagai

pengurai sisa-sisa pakan pada kolam budidaya. Nutrisi yang ada pada hasil ekskresi dan sisa-sisa pakan ikan akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk meningkatkan populasi sehingga membentuk gumpalan yang disebut *floc*. Nantinya *floc* ini dapat dimanfaatkan oleh ikan lele sebagai pakan alternatif. Oleh karena itu teknologi budidaya lele bioflok dipilih oleh pemerintah karena lebih hemat dalam penggunaan air, pakan, serta penggunaan lahan yang efisien karena padat tebar yang tinggi dan tentunya ramah lingkungan.

Selain kelebihan yang ditawarkan, teknologi budidaya lele bioflok juga memiliki beberapa kekurangan. Karena kurangnya penggantian air kolam pada teknologi budidaya lele bioflok menyebabkan pembudidaya harus melakukan pengamatan pada air kolam budidaya lebih sering dan teliti demi mencegah kenaikan kadar nitrogen. Selain itu, *floc* yang terlalu pekat juga berbahaya bagi ikan lele karena hal ini menyebabkan kadar oksigen terlarut menjadi rendah. Kenaikan kadar nitrogen dan *floc* berlebih dapat menjadi masalah yang serius. Ikan lele bisa mati massal dan pembudidaya bisa gagal panen jika masalah ini tidak ditangani dengan cepat dan tepat.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang suatu sistem *monitoring* dan kontrol kualitas air serta pemberian pakan otomatis pada budidaya lele bioflok. Sistem ini berisi sensor-sensor untuk memantau kualitas air seperti pH, suhu, dan volume *floc*. Selain itu juga terdapat sistem penggantian air otomatis untuk mengontrol kualitas air, serta pemberi pakan otomatis agar ikan dapat diberi makan tepat waktu. Sistem ini juga berbasis *Internet of Things* dengan ESP32 sehingga pengamatan dan perawatan pada kolam budidaya dapat dilakukan tanpa harus terjun langsung ke lapangan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lele

Ikan lele merupakan salah satu dari sekian jenis ikan air tawar yang mampu bertahan hidup dalam kepadatan tebar yang tinggi [3]. Tingkat konversi pakan menjadi bobot tubuh pada ikan lele tergolong baik. Ikan lele merupakan jenis ikan yang habitatnya di air tawar. Pada gambar 1, dapat dilihat gambar ikan lele.



Gambar 1. Ikan lele (*Clarias sp.*) [4]

2.2 Teknologi Bioflok

Bioflok adalah kumpulan dari berbagai makhluk hidup berukuran mikro yang menjadi satu dalam suatu gumpalan. Teknologi bioflok adalah teknik penyeimbangan kadar karbon dan nitrogen dengan bantuan mikroorganisme untuk meningkatkan kualitas air kolam [3]. Pada gambar 2 dapat dilihat bagaimana budidaya lele bioflok.



Gambar 2. Budidaya teknologi bioflok [5]

2.3 Internet of Things (IoT)

Internet of Things atau disingkat menjadi IoT merupakan suatu teknologi yang dapat digunakan oleh *user* untuk mengoptimalkan serta mengelola perangkat elektronik yang tersambung dengan jaringan internet sehingga dapat saling mengirim maupun menerima informasi guna meminimalisir interaksi manusia [6].

2.4 FireBeetle ESP32 Microcontroller

FireBeetle ESP32 IoT *Microcontroller* merupakan mikrokontroler berdaya rendah yang dibuat untuk berbagai *project* berbasis IoT. MCU, Wi-Fi, dan Bluetooth dapat berfungsi pada mikrokontroler ini.

2.5 Arduino Nano V3 CH340

Arduino Nano V3 CH340 yang diproduksi oleh Robotdyn adalah mikrokontroler dengan *chip* ATmega328 yang memiliki konfigurasi hampir sama dengan Arduino Uno. Arduino Nano V3 CH340 memiliki ukuran yang lebih kecil dan tambahan pin A6, A7 serta dapat diprogram dengan MicroUSB.

2.6 Sensor Suhu Waterproof DS18B20

Sensor Suhu *Waterproof* DS18B20 adalah sensor suhu yang dapat mengukur suhu dari benda cair karena memiliki fitur yang tahan terhadap cairan. Rentang suhu yang dapat diukur yaitu berkisar -55°C

hingga 125°C serta memiliki ketelitian $0,5^{\circ}\text{C}$.

2.7 Sensor pH Analog V2

Sensor pH Analog V2 ini diproduksi untuk mengukur derajat keasaman atau pH dari suatu cairan. Sensor ini terdiri dari dua *part* yaitu *board* dan *probe*. Sensor pH Analog V2 memiliki *response time* kurang dari 2 menit dengan ketelitian pengukuran yaitu 0,1 pada suhu 25°C .

2.8 Sensor TDS Analog

TDS (*Total Dissolved Solids*) menunjukkan berapa mg padatan yang terlarut dalam satu liter air. Jika nilai TDS-nya tinggi, semakin banyak padatan terlarut yang terlarut dalam air, dan semakin kurang bersih airnya. Pada penelitian ini, sensor TDS berfungsi untuk mengukur total padatan terlarut yang digunakan sebagai acuan volume *floc* pada kolam budidaya.

2.9 Sensor Ultrasonik SRF05

Sensor ultrasonik SRF05 merupakan versi terbaru dari SRF04, berfungsi untuk mengukur jarak menggunakan gelombang ultrasonik. Sensor SRF05 memiliki 2 *transducer* yaitu *transmitter* dan *receiver*. Dengan jangkauan jarak yang dapat dideteksi yaitu 3 cm - 400 cm, gelombang frekuensi yang dihasilkan yaitu sebesar 40 KHz,.

2.10 Sensor Load Cell dan HX711

Sensor *load cell* adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur massa atau berat dari suatu benda. Sensor ini harus digunakan satu paket dengan modul HX711, yaitu modul penguat sinyal sekaligus *analog to digital converter* (ADC). Modul ini bertugas mengkondisikan dan mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital.

2.11 Modul RTC DS3231

Modul RTC (*Real Time Clock*) dengan tipe DS3231 adalah modul yang mampu menyimpan waktu dan tanggal. Disertai dengan IC DS3231, modul ini memakai jalur data paralel yang mampu menyimpan data-data detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari dalam seminggu, dan tahun.

2.12 Modul relay

Relay adalah suatu benda yang memiliki kegunaan sbagai saklar otomatis yang digerakan dengan arus listrik sesuai

dengan logika yang diterima. Pengoperasian *relay* ada 2 jenis yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan *open* dan kondisi awal sebelum diaktifkan *close*.

2.13 Solenoid Valve

Solenoid *valve* adalah katup yang mampu bekerja jika teralirkan arus listrik baik AC maupun DC melalui gulungan atau biasa disebut solenoida. Dalam sistem fluida biasanya menggunakan solenoid. Dengan desain yang berbagai macam mulai dari 2 saluran, 3 saluran, 4 saluran, dan sebagainya, solenoid banyak fungsinya.

2.14 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah aktuator berputar yang beroperasi secara *loop* tertutup, sehingga posisi sudut dari *output* motor bisa dikendalikan. Kontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo diatur oleh *loop* tertutup tersebut [7].

2.15 Liquid Crystal Display I2C 20x4

Liquid Crystal Display (LCD) dengan komunikasi I2C berukuran 20x4 merupakan suatu komponen elektronika yang memiliki kemampuan untuk menampilkan berbagai macam karakter- karakter maupun grafik Komunikasi I2C atau biasa disebut *Inter Integrated Circuit* yakni sebuah protokol untuk komunikasi serial antar *Circuits*.

2.16 Modul Step Down LM2596

Modul *Step Down* LM2596 merupakan suatu modul elektronika yang memiliki fitur menurunkan tegangan berarus DC. Tegangan *input*-nya berkisar 3V - 40V. Tegangan *input* dan *output* harus berselisih minimal 1,5V serta arus maksimalnya yakni 3A [8].

2.17 Software Arduino IDE

Arduino IDE adalah sebuah perangkat lunak *processing* memakai bahasa program C++ yang fungsinya untuk membuat program kemudian dimasukan ke dalam perangkat Arduino. Sistem operasi Windows, LINUX, maupun MacOS dapat meng-*instal* Software Arduino IDE [9].

2.18 Software Blynk

Software Blynk adalah sebuah perangkat lunak yang memungkinkan penggunaanya untuk meng-*create* sebuah antar muka yang mampu mengendalikan serta me-*monitoring* sebuah alat melalui

telepon pintar bersistem operasi iOS maupun android. Antar muka proyek-proyek sederhana berbasis IoT seperti pemantauan suhu atau menyalakan lampu sangat cocok memakai Blynk [10].

3. METODOLOGI PENELITIAN

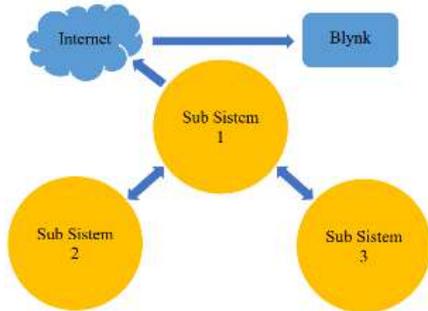
Penelitian ini dilaksanakan di Desa Siangan dan Desa Beng, Gianyar yang dilaksanakan mulai bulan Januari hingga bulan November 2021. Pada gambar 3, diagram alir tahapan metode penelitian dapat dilihat.



Gambar 3. Flowchart tahapan metode penelitian

3.1 Pemodelan Sistem

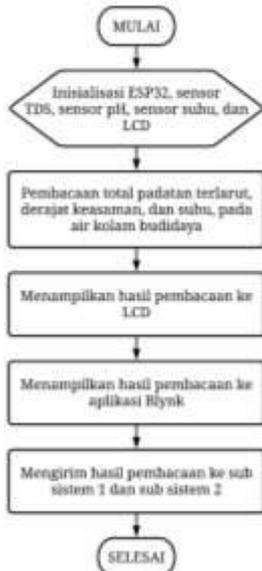
Sistem *monitoring* dan kontrol kualitas air serta pemberian pakan otomatis pada budidaya lele bioflok berbasis *Internet of Things* tersusun dari tiga subsistem. Subsistem 1 (*master*) yaitu *monitoring* kualitas air, subsistem 2 (*slave*) yaitu pengurusan otomatis, dan subsistem 3 (*slave*) yaitu pemberian pakan otomatis. Pada gambar 4, Diagram blok sistem dapat dilihat.



Gambar 4. Diagram blok Sistem

3.2 Diagram Alir Subsystem 1

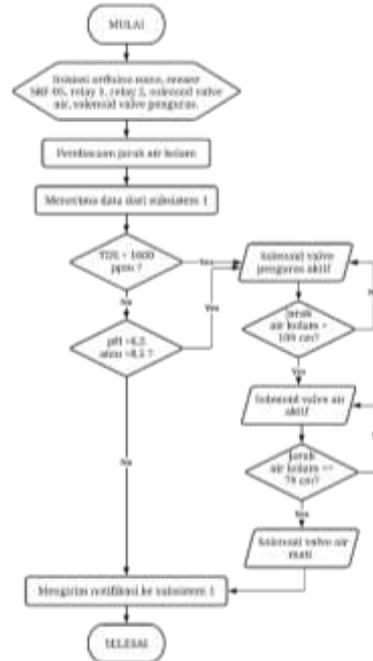
Diagram alir (*flowchart*) subsystem 1 menggambarkan proses dari *monitoring* kualitas air kolam budidaya lele bioflok. Pada gambar 5, diagram alir subsystem 1 dapat dilihat.



Gambar 5. Diagram alir program subsystem 1 *monitoring* kualitas air

3.3 Diagram Alir Subsystem 2

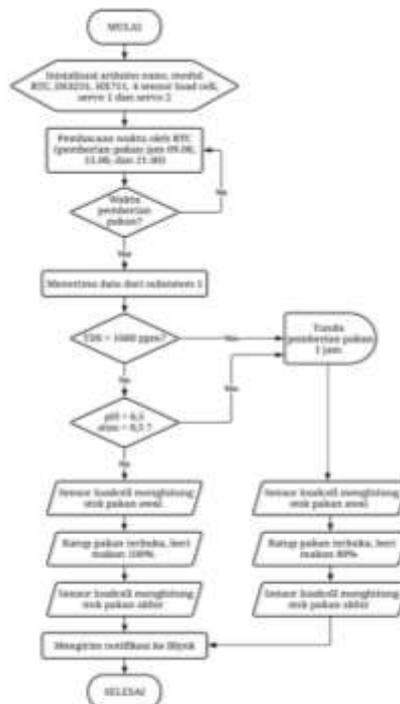
Diagram alir (*flowchart*) subsystem 2 menggambarkan proses dari kontrol kualitas air dengan metode pengurusan air otomatis pada kolam budidaya lele bioflok. Pada gambar 6, diagram alir subsystem 2 dapat dilihat pada



Gambar 6. Diagram alir program subsystem 2 pengurusan otomatis

3.4 Diagram Alir Subsystem 3

Diagram alir (*flowchart*) subsystem 3 menggambarkan proses dari pemberian pakan otomatis pada kolam budidaya lele bioflok. Pada gambar 7, diagram alir subsystem 2 dapat dilihat pada



Gambar 7. Diagram alir program subsystem 3 pemberian pakan otomatis

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

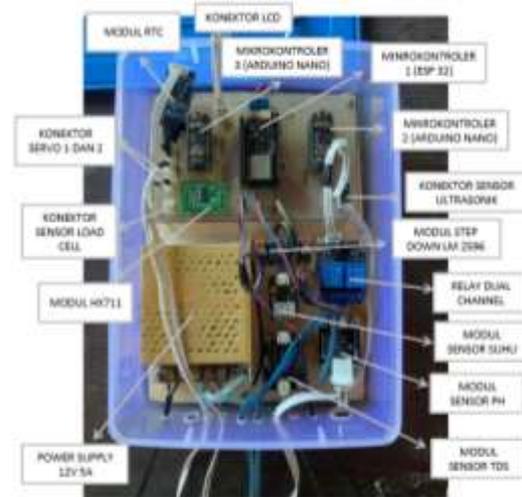
4.1 Realisasi Hardware

Wiring diagram Sistem Monitoring dan Kontrol Kualitas Air Serta Pemberian Pakan Otomatis pada Budidaya Lele Bioflok Berbasis *Internet of Things* dibuat menggunakan aplikasi Fritzing. Selain itu, sistem ini juga memakai mikrokontroler *shield* yang jalurnya dibuat menggunakan aplikasi Eagle 9.6 lalu dicetak pada PCB fiber polos secara manual. Realisasi dari hasil rancangan keseluruhan sistem ini dapat dilihat pada gambar 8 dan realisasi rangkaianannya dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 8. Realisasi alat

No	Kondisi Cairan	Hasil Pembacaan pH Cairan
1		 pH = 1,53
2		 pH = 7,65
3		 pH = 10,26



Gambar 9. Realisasi rangkaian

4.2 Pengujian Hasil Rancangan

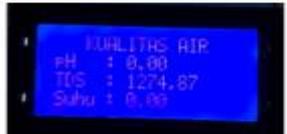
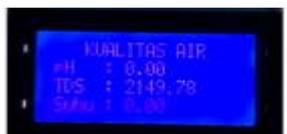
4.2.1 Pengujian Subsistem 1

a. Pengujian Sensor pH Analog V2

Pada Tabel 1, dapat dilihat hasil pengujian Sensor pH Analog V2.

Tabel 1. Hasil pengujian Sensor pH Analog V2

Mengacu pada hasil pengujian pada tabel 1, pH cairan asam bernilai 1,53, pH

No	Kondisi Cairan	Hasil Pembacaan TDS Cairan
1	 Air Putih	 TDS = 287,47
2	 Air Putih + Kopi 2 Sdm	 TDS = 1274,87
3	 Air Putih + Kopi 4 Sdm	 TDS = 2149,78

cairan netral bernilai 7,65, dan pH cairan basa bernilai 10,26. Berarti sensor pH Analog V2 dapat membaca pH dengan baik dan sesuai kondisi cairan yang diuji.

a. Pengujian Sensor TDS Analog

Pada tabel 2, dapat dilihat hasil pengujian Sensor *Total Dissolved Solids* analog.

Tabel 2. Hasil pengujian Sensor *Total Dissolved Solids* analog

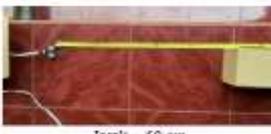
Mengacu pada hasil pengujian pada tabel 2, air putih memiliki nilai TDS paling rendah yaitu 287,47 ppm, selanjutnya yaitu air putih yang ditambah dengan dua sendok kopi bubuk dengan nilai TDS 1024,87 ppm, dan yang tertinggi yaitu air putih yang ditambah dengan empat sendok kopi bubuk dengan nilai TDS 2149,78 ppm. Hasil ini sudah sesuai, karena semakin banyak kopi bubuk yang ditambahkan ke dalam air maka total padatan yang terlarut dalam air tersebut akan bertambah. Berarti sensor *Total Dissolved Solids* Analog dapat membaca tingkat total padatan terlarut suatu cairan dengan baik dan sesuai kondisi cairan yang diuji.

b. Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pada tabel 3, dapat dilihat hasil pengujian Sensor Suhu Waterproof DS18B20.

Tabel 3. Hasil pengujian Sensor Suhu *Waterproof* DS18B20

No	Kondisi Cairan	Hasil Pembacaan Suhu Cairan
1	 Air Dingin	 Suhu = 15,25
2	 Air Bata	 Suhu = 25,50
3	 Air Panas	 Suhu = 47,44

No	Jarak Sensor SRF05 dengan Objek	Pembacaan Sensor SRF05
1	 Jarak = 20 cm	 Rata-Rata Jarak = 21 cm
2	 Jarak = 50 cm	 Rata-Rata Jarak = 52 cm
3	 Jarak = 100 cm	 Rata-Rata Jarak = 103 cm

Mengacu pada hasil pengujian pada tabel 3, air dingin memiliki suhu yang paling rendah yaitu 15,25^oC, selanjutnya yaitu air biasa dengan suhu 25,5^oC, dan yang tertinggi yaitu air panas dengan suhu 47,44^oC. Berarti sensor Suhu *Waterproof* DS18B20 dapat membaca suhu dengan baik dan sesuai kondisi cairan yang diuji.

c. Pengujian LCD I2C 20x4

Pada gambar 10, dapat dilihat hasil pengujian LCD I2C 20x4.



Gambar 10. LCD I2C 20x4

4.2.2 Pengujian Subsistem 2

a. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pada table 4, dapat dilihat hasil pengujian sensor Ultrasonik SRF05.

Tabel 4. Hasil pengujian sensor Ultrasonik SRF05

Mengacu pada hasil pengujian pada tabel 4, hasil pembacaan sensor Ultrasonik SRF05 pada jarak 20 cm memiliki selisih sebesar 1 cm, pada jarak 50 cm memiliki selisih sebesar 2 cm, dan pada jarak 100 cm memiliki selisih sebesar 3 cm. Dari data tersebut, dapat dilihat bahwa semakin jauh jarak yang dibaca oleh sensor Ultrasonik SRF05, selisih antara jarak sebenarnya dengan hasil pembacaan sensor semakin besar. Artinya tingkat keakuratan sensor Ultrasonik SRF05 akan semakin berkurang seiring dengan bertambahnya jarak antara sensor dan objek.

b. Pengujian Pengurasan Air

Pada tabel 5 dan 6, dapat dilihat hasil pengujian pengurasan air.

Tabel 5. Hasil pengujian pengurasan air otomatis

Mengacu pada hasil pengujian pada tabel 5, pada pengujian pertama, kedua, dan ketiga saat pH dibawah 6,5, pH diatas 8,5, dan TDS di atas 1600 ppm, saluran pembuangan mengeluarkan air kotor yang menandakan bahwa *valve* kuras telah terbuka dan air kolam yang berada di bagian dasar akan terkuras.

Tabel 6. Hasil pengujian menutup *valve* kuras

No	Kondisi Tinggi Air	Serial Monitor	Faive Kuras
1	 Tinggi air yang terkuras = 30 cm	 Distance = 109	 CLOSE

Mengacu pada hasil pengujian pada tabel 6, saat tinggi air yang terkuras sudah 30 cm, nilai variabel *distance* yang terbaca pada serial monitor yaitu 109 menyebabkan *valve* kuras tertutup. Hal ini membuktikan bahwa pengurusan air otomatis telah bekerja dengan baik sesuai dengan program yang telah dibuat.

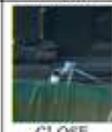
c. Pengujian Pengisian Air

Pada tabel 7 dan 8 dapat dilihat hasil pengujian pengisian air. Tabel 7. Hasil pengujian membuka *valve* air

No	Kondisi Tinggi Air	Serial Monitor	Faive Air
1	 Tinggi air yang terkuras = 30 cm	 Distance = 109	 OPEN

Mengacu pada hasil pengujian pada tabel 7, saat tinggi air yang terkuras sudah 30 cm, nilai variabel *distance* yang terbaca pada serial monitor yaitu 109 cm menyebabkan *valve* air terbuka dan mengisi kolam dengan air bersih.

Tabel 8. Hasil pengujian menutup *valve* air

No	Kondisi Tinggi Air	Serial Monitor	Faive Air
1	 Tinggi air = 80 cm	 Distance = 79	 CLOSE

Mengacu pada hasil pengujian pada tabel 8, saat tinggi air kembali normal di 80 cm, nilai variabel *distance* yang terbaca pada serial monitor yaitu 79 menyebabkan

No	Kondisi Wadah Pakan Otomatis	Pembacaan Sensor Load Cell
1	Berat Pelet = 0,2 kg = 200 g	<pre> @SERIAL Load_cell output nilai 212,12 Load_cell output nilai 212,10 Load_cell output nilai 212,89 Load_cell output nilai 212,08 Load_cell output nilai 212,87 Load_cell output nilai 212,50 Load_cell output nilai 212,85 Rata-Rata Pembacaan = 212,32 g </pre>
2	Berat Pelet = 2 kg = 2000 g	<pre> @SERIAL Load_cell output nilai 2021,97 Load_cell output nilai 2021,18 Load_cell output nilai 2021,19 Load_cell output nilai 2021,51 Load_cell output nilai 2022,28 Load_cell output nilai 2022,89 Load_cell output nilai 2021,19 Rata-Rata Pembacaan = 2021,52 g </pre>
3	Berat Pelet = 4 kg = 4000 g	<pre> @SERIAL Load_cell output nilai 4037,84 Load_cell output nilai 4036,79 Load_cell output nilai 4037,84 Load_cell output nilai 4037,28 Load_cell output nilai 4038,39 Load_cell output nilai 4037,88 Load_cell output nilai 4036,87 Load_cell output nilai 4037,38 Rata-Rata Pembacaan = 4037,35 g </pre>

valve air tertutup. Hal ini membuktikan bahwa pengisian air otomatis telah bekerja dengan baik sesuai dengan program yang telah dibuat.

4.2.3 Pengujian Subsistem 3

a. Pengujian Sensor Load Cell

Pada table 9, dapat dilihat hasil pengujian sensor Load Cell dan HX711.

Tabel 9. Hasil pengujian sensor *Load Cell* dan HX711

Mengacu pada hasil pengujian pada tabel 9, pada percobaan pertama, hasil pembacaan sensor *load cell* dengan berat pelet sebenarnya memiliki selisih sebesar 12,56 g, pada percobaan kedua memiliki selisih sebesar 21,35 g, dan pada percobaan ketiga memiliki selisih sebesar 37,93 g. Dari data tersebut, dapat dilihat bahwa semakin berat beban yang

No	Kondisi Air	Serial Monitor	Faive Kuras
1	 pH = 6,25 TDS = 1349,86		 OPEN
2	 pH = 10,39 TDS = 874,91		 OPEN
3	 pH = 7,75 TDS = 1649,83		 OPEN

ditimbang oleh sensor *load cell* maka selisih antara berat sebenarnya dengan hasil pembacaan semakin besar. Berarti, kepresisian sensor *load cell* ini akan berkurang seiring bertambahnya beban.

b. Pengujian modul RTC DS3231

Pada tabel 10, dapat dilihat hasil pengujian modul Real Time Clock DS3231.

Tabel 10. Hasil pengujian modul *Real Time Clock* DS3231

No	Waktu Real Time	Waktu Modul RTC
1	 22.44 Kamis, 14 October	 COM1 Kamis, 14/10/2021 22:44:02

Mengacu pada hasil pengujian pada tabel 10, waktu yang ditunjukkan pada *smartphone* (waktu *real time*) sama dengan waktu yang ditunjukkan oleh modul RTC.

Artinya modul RTC DS3231 telah berfungsi dengan baik.

c. Pengujian Pemberian Pakan Otomatis pada Kondisi Air Baik

Pada tabel 11, dapat dilihat hasil pengujian pemberian pakan otomatis pada kondisi air baik.

Tabel 11. Hasil pengujian pemberian pakan otomatis pada kondisi air baik

No	Waktu	Serial Monitor	Wadah Pakan	
			Saat Makan	Selesai Makan
1	Pukul 10.00	Stok pakan awal : 4708 g Kasi makan 80% : 960 g Stok pakan akhir : 3727 g		
2	Pukul 16.00	Stok pakan awal : 3727 g Kasi makan 80% : 960 g Stok pakan akhir : 2735 g		
3	Pukul 22.00	Stok pakan awal : 2735 g Kasi makan 80% : 960 g Stok pakan akhir : 1787 g		

d. Pengujian Pemberian Pakan Otomatis pada Kondisi Air Buruk

Pada tabel 12 dan 13, dapat dilihat hasil pengujian pemberian pakan otomatis pada kondisi air buruk.

Tabel 12 Hasil pengujian pemberian pakan otomatis pada kondisi air buruk sebelum ditunda

No	Waktu	Kondisi Air	Serial Monitor	Wadah Pakan
1	Pukul 9.00	pH : 6,31 TDS : 1024,90	Tunda 1 jam	CLOSE
2	Pukul 15.00	pH : 10,57 TDS : 1024,90	Tunda 1 jam	CLOSE
3	Pukul 21.00	pH : 7,95 TDS : 1924,81	Tunda 1 jam	CLOSE

Tabel 13 Hasil pengujian pemberian pakan otomatis pada kondisi air buruk setelah ditunda

No	Waktu	Serial Monitor	Wadah Pakan	
			Saat Makan	Selesai Makan
1	Pukul 9.00	Stok pakan awal : 4587 g Kasi makan 100% : 1200 g Stok pakan akhir : 3352 g		
2	Pukul 15.00	Stok pakan awal : 3352 g Kasi makan 100% : 1200 g Stok pakan akhir : 2140 g		
3	Pukul 21.00	Stok pakan awal : 2140 g Kasi makan 100% : 1200 g Stok pakan akhir : 958 g		

4.2.4 Pengujian Pengiriman Data dari ESP32 ke Aplikasi Blynk pada Smartphone

a. Penyusunan Widget di Blynk

Mengacu pada susunan widget pada aplikasi Blynk, ada 5 buah widget yang digunakan. Pada tabel 14 dapat dilihat penjelasan dan fungsi widget tersebut.

Tabel 14. Penjelasan dan fungsi widget yang digunakan pada aplikasi Blynk

No	Widget	Penjelasan dan Fungsi
1		Nama : LCD Label : - Pin : V3 Widget ini masuk ke dalam jenis widget display. Memiliki format 16x2, widget ini berfungsi untuk menampilkan berbagai karakter sama seperti LCD pada umumnya.
2		Nama : Gauge Label : PH Pin : V0 (0 – 14) Widget ini masuk ke dalam jenis widget display. Berfungsi untuk menampilkan derajat keasaman air kolam yang didapat dari hasil pembacaan sensor pH.
3		Nama : Gauge Label : Total Dissolved Solids Pin : V1 (0 – 9999) Widget ini masuk ke dalam jenis widget display. Berfungsi untuk menampilkan tingkat padatan terlarut air kolam yang didapat dari hasil pembacaan sensor Total Dissolved Solids.
4		Nama : Gauge Label : Temperature Pin : V2 (0 – 70) Widget ini masuk ke dalam jenis widget display. Berfungsi untuk menampilkan suhu air kolam yang didapat dari hasil pembacaan sensor suhu waterproof DS18B20.
5		Nama : Numeric Input Label : Biomassa Ikan Lele Pin : V4 (0 – 1000) Widget ini masuk ke dalam jenis widget interface. Berfungsi untuk memasukkan biomassa ikan lele ke sistem yang digunakan untuk menghitung pemberian pakan.

b. Pengujian Pengiriman Data Monitoring Kualitas Air

Pada tabel 15, 16 dan 17, dapat dilihat hasil pengujian pengiriman data monitoring kualitas air.

Tabel 15. Hasil pengujian pengiriman data pH

No	Hasil Pembacaan pH Cairan	Tampilan pada Blynk
1	 pH = 1,53	 pH = 1,53
2	 pH = 7,65	 pH = 7,65
3	 pH = 10,26	 pH = 10,26

Tabel 16. Hasil pengujian pengiriman data total padatan terlarut

No	Hasil Pembacaan TDS Cairan	Tampilan pada Blynk
1	 TDS = 287,47	 TDS = 287,47
2	 TDS = 1274,87	 TDS = 1274,87
3	 TDS = 2149,78	 TDS = 2149,78

Tabel 17. Hasil pengujian pengiriman data suhu

No	Hasil Pembacaan Suhu Cairan	Tampilan pada Blynk
1	 Suhu = 23,23	 Suhu = 23,23
2	 Suhu = 23,50	 Suhu = 23,50
3	 Suhu = 27,44	 Suhu = 27,44

c. Pengujian Pengiriman Data Kontrol Kualitas Air otomatis

Pada tabel 18, dapat dilihat hasil pengujian pengiriman data kontrol kualitas air otomatis.

Tabel 18. Hasil pengujian pengiriman data kontrol kualitas air otomatis

No	Blynk	Subsistem 1	Subsistem 3
1		 Massa Lele Baru = 87,00	 Massa Lele Baru = 87,00

d. Pengujian Pengiriman Data Pemberian Pakan Otomatis

Pada tabel 19 dan 20, dapat dilihat hasil pengujian pengiriman data pemberian pakan otomatis.

Tabel 19. Proses memasukan total biomassa ikan lele ke Sistem

No	Tampilan pada LCD	Tampilan pada Blynk
1		
2		

Tabel 20. Pengiriman data proses pemberian pakan otomatis

No	Tampilan pada LCD	Tampilan pada Blynk
1		
2		

4.2.5 Unjuk Kerja Alat

a. Hasil Unjuk Kerja Subsistem Penggantian Air Otomatis

Pada tabel 21 dan 22, dapat dilihat hasil unjuk kerja subsistem penggantian air otomatis.

Tabel 21. Hasil unjuk kerja dari pengurasan air otomatis

No	Periode Kuras	Sebelum Kuras	Sesudah Kuras	Total Air Terkuras	Kesalahan Relatif
1	Pertama	81,2 cm	49,5 cm	30,7 cm	2,3%
2	Kedua	80,4 cm	49,2 cm	30,2 cm	0,6%
3	Ketiga	80,7 cm	51,5 cm	29,2 cm	2,6%
4	Keempat	81,5 cm	52,8 cm	28,7 cm	4,3%
5	Kelima	82,2 cm	51,2 cm	31,0 cm	3,3%

Mengacu pada data hasil unjuk kerja pada tabel 21, rata-rata kesalahan relatif pengurasan air otomatis yaitu 2,6%.

Tabel 22. Hasil unjuk kerja dari pengisian air otomatis

No	Periode Pengisian	Sebelum Pengisian	Sesudah Pengisian	Total Air Terisi	Kesalahan Relatif
1	Pertama	49,5 cm	80,4 cm	30,9 cm	3,0%
2	Kedua	49,2 cm	80,7 cm	31,5 cm	5,0%
3	Ketiga	51,5 cm	81,5 cm	30,0 cm	0,0%
4	Keempat	52,8 cm	82,2 cm	29,4 cm	2,0%
5	Kelima	51,2 cm	82,5 cm	31,3 cm	4,3%

Mengacu pada data hasil unjuk kerja pada tabel 22, rata-rata kesalahan relatif pengisian air otomatis yaitu 2,9%.

b. Hasil Unjuk Kerja Subsistem Pemberian Pakan Otomatis

Pada tabel 23, 24, dan 25, dapat dilihat hasil unjuk kerja pemberian pakan otomatis pada jam 9.00, 15.00, dan 21.00.

Tabel 23. Hasil unjuk kerja pemberian pakan otomatis jam 9.00

No	Hari Ke	Waktu Pemberian Pakan		Jumlah Pemberian Pakan	
		Waktu di Lapangan	Selisih	Berat Pakan	Kesalahan Relatif
1	Pertama	09:00:13	00:00:13	1235 gram	2,9%
2	Kedua	09:00:11	00:00:11	1250 gram	4,2%
3	Ketiga	09:00:14	00:00:14	1247 gram	3,9%
4	Keempat	09:00:09	00:00:09	1229 gram	2,4%
5	Kelima	09:00:16	00:00:16	1220 gram	1,7%

Mengacu pada data hasil unjuk kerja pada tabel 23, pemberian pakan otomatis pada jam 9.00 memiliki rata-rata selisih waktu pemberian pakan yaitu 12,6 detik dan rata-rata kesalahan relatif jumlah pemberian pakan yaitu 3,0%.

Tabel 24. Hasil unjuk kerja pemberian pakan otomatis jam 15.00

No	Hari Ke	Waktu Pemberian Pakan		Jumlah Pemberian Pakan	
		Waktu di Lapangan	Selisih	Berat Pakan	Kesalahan Relatif
1	Pertama	15:00:14	00:00:14	1240	3,3%
2	Kedua	15:00:10	00:00:10	1231	2,6%
3	Ketiga	15:00:15	00:00:15	1276	6,3%
4	Keempat	15:00:17	00:00:17	1259	4,9%
5	Kelima	15:00:24	00:00:24	1223	1,9%

Mengacu pada data hasil unjuk kerja pada tabel 24, pemberian pakan otomatis pada jam 15.00 memiliki rata-rata selisih waktu pemberian pakan yaitu 16 detik dan rata-rata kesalahan relatif jumlah pemberian pakan yaitu 3,8%.

Tabel 25. Hasil unjuk kerja pemberian pakan otomatis jam 21.00

No	Hari Ke	Waktu Pemberian Pakan		Jumlah Pemberian Pakan	
		Waktu di Lapangan	Selisih	Berat Pakan	Kesalahan Relatif
1	Pertama	21:00:12	00:00:12	1234	2,8%
2	Kedua	21:00:13	00:00:13	1227	2,2%
3	Ketiga	21:00:10	00:00:10	1254	4,5%
4	Keempat	21:00:18	00:00:18	1252	4,3%
5	Kelima	22:00:21	00:00:21	976	1,7%

Mengacu pada data hasil unjuk kerja pada tabel 25, pemberian pakan otomatis pada jam 21.00 memiliki rata-rata selisih waktu pemberian pakan yaitu 14,8 detik dan rata-rata kesalahan relatif jumlah pemberian pakan yaitu 3,1%.

5. KESIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Rancangan sistem *monitoring* kualitas air pada kolam budidaya lele bioflok berhasil direalisasikan dan beroperasi sesuai dengan program yang dirancang.
2. Rancangan sistem penggantian air otomatis untuk mengontrol kualitas air pada kolam budidaya lele bioflok berhasil direalisasikan dan beroperasi sesuai dengan program yang dirancang.
3. Rancangan sistem pemberian pakan otomatis pada budidaya lele bioflok berhasil direalisasikan dan

beroperasi sesuai dengan program yang dirancang.

4. Rancangan sistem pengiriman data kualitas air, penggantian air otomatis, dan pemberian pakan otomatis pada budidaya lele bioflok agar dapat ditampilkan secara *online* pada *smartphone* berhasil direalisasikan dan beroperasi sesuai dengan program yang dirancang.
5. Hasil unjuk kerja alat dari subsistem penggantian air dan pemberian pakan otomatis yaitu subsistem penggantian air otomatis memiliki rata-rata kesalahan relatif yaitu 2,75%. Sementara subsistem pemberian pakan otomatis memiliki rata-rata selisih waktu pemberian pakan yaitu 14,5 detik dan rata-rata kesalahan relatif yaitu 3,3%.

Identification (Rfid). INDEPT. 2(8): 56-63.

- [7] Arifin, Jauhari; Zulita, Leni; Hermawansyah. 2016. Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Infotama*. 12(1): 89-98.
- [8] Latifa, Ulinnuha; Saputro, Joko Slamet. 2018. Perancangan Robot Arm Gripper Berbasis Arduino Uno Menggunakan Antarmuka Labview. *Barometer*. 3(2): 138-141.
- [9] Arafat. 2016. Sistem Pengaman Pintu Rumah Berbasis Internet of Things (IoT) dengan ESP8266. *Technologia*. 7(4): 263-265.
- [10] Junaidi, Apri. 2015. Internet of Things, Sejarah, Teknologi dan Penerapannya: Review. 1(3): 62-66.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2020. *Laporan Kinerja Kementerian Kelautan dan Perikanan Tahun 2019*. Jakarta
- [2] Direktorat Jendral Perikanan Budidaya. 2018. *Tangkap Peluang Ekspor, KKP dorong ke arah Industri Budidaya Lele Berkelanjutan*.
<https://kkp.go.id/djpb/artikel/6475-tangkap-peluang-ekspor-kkp-dorong-ke-arah-industri-budidaya-lele-berkelanjutan?a=X26L659>. Diakses tanggal 10 Februari 2021
- [3] Apriyani, Ita. 2017. *Budidaya Ikan Lele Sistem Bioflok*. Yogyakarta: Penerbit Deepublish.
- [4] Santoso, Budi. 1994. *Petunjuk Praktis Budidaya Lele Dumbo (Clarias gariepinus) dan Lokal*. Kanisius. Yogyakarta.
- [5] Sumitro; Afandi, Arfan; Hidayat, Kurniawan Wahyu; Pratiwi, Rifqah. 2017. Evaluasi Beberapa Desain Pipa Mikropori Sebagai Sistem Aerasi Dalam Budidaya Ikan Lele (*Clarias gariepinus*) Intensif Berbasis Teknologi Bioflok. *Journal of Aquaculture and Fish Health*. 9(2): 144-121.
- [6] Hamdani, Riyan; Puspita, Heni; Wildan, Dedy. 2019. Pembuatan Sistem Pengamanan Kendaraan Bermotor Berbasis *Radio Frequency*