

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

5.1 Tujuan Pengujian dan Analisa Alat

Setelah proses perakitan *Hardware* dan *Software* selesai dilakukan, tahap berikutnya adalah pengujian dan analisis sistem. Pengujian dilakukan untuk memastikan setiap komponen serta fungsi yang telah dirancang dapat bekerja dengan baik. Data yang diperoleh dari setiap pengujian digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kinerja sistem dan memastikan bahwa seluruh fitur pada *Smart Aquaculture System* dapat beroperasi sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

Smart Aquaculture System pada tugas akhir ini diuji untuk memastikan seluruh fungsi monitoring, pengendalian, dan pemberian pakan dapat berjalan sesuai dengan perancangan. Pengujian yang dilakukan meliputi monitoring suhu pada aplikasi Blynk, pengendalian suhu air, ketepatan jadwal pemberian pakan, ketepatan durasi motor, mode *manual feed*, berat pakan, perubahan suhu air, serta pengujian keseluruhan sistem.

5.2 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengujian pada *Smart Aquaculture System* adalah sebagai berikut:

1. Aplikasi Blynk.
2. *Stopwatch* untuk mengukur ketepatan durasi motor.
3. Timbangan digital untuk mengukur berat pakan yang dikeluarkan.

5.3 Pengujian Alat

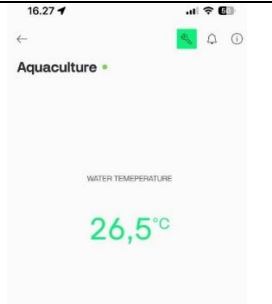
Pengujian alat dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fungsi pada *Smart Aquaculture System* dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian meliputi proses pembacaan suhu air menggunakan sensor DS18B20, pengendalian suhu air melalui *heater*, komunikasi data dengan aplikasi Blynk, serta pengoperasian motor stepper pada sistem pemberian pakan otomatis dan *manual feeding*.

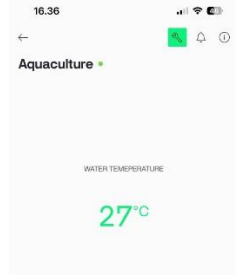
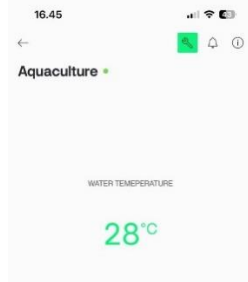
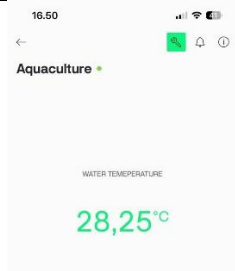
Data suhu yang diperoleh dari sensor DS18B20 diproses ESP32 sebagai dasar pengendalian suhu air sesuai *setpoint* yang telah ditentukan. Nilai suhu kemudian dikirimkan ke aplikasi Blynk untuk ditampilkan secara *real-time*. Selain itu, sistem juga mengendalikan motor stepper berdasarkan jadwal yang telah ditetapkan melalui modul RTC maupun berdasarkan perintah *Manual feed* dari aplikasi Blynk. Seluruh hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui kesesuaian fungsi setiap komponen terhadap perancangan sistem. Hasil dari setiap pengujian disajikan dalam bentuk tabel untuk mempermudah proses analisis dan evaluasi kinerja sistem.

5.3.1 Pengujian Monitoring Suhu pada Blynk

Pengujian monitoring suhu pada aplikasi Blynk dilakukan untuk mengetahui kesesuaian nilai suhu yang ditampilkan pada LCD dengan nilai suhu yang diterima dan ditampilkan pada aplikasi Blynk. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali pada kondisi suhu yang berbeda. Nilai suhu yang ditampilkan pada kedua media kemudian dibandingkan untuk mengetahui apakah data yang dikirim oleh ESP32 dapat diterima dengan baik oleh aplikasi Blynk. Hasil pengujian monitoring suhu pada aplikasi Blynk ditunjukkan pada Tabel 5-1.

Tabel 5 - 1 Pengujian Monitoring Suhu pada Blynk

No	Suhu di LCD (°C)	Suhu di Blynk (°C)	Status
1			Sesuai

2			Sesuai
3			Sesuai
4			Sesuai
5			Tidak Sesuai

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada empat percobaan pertama nilai suhu yang ditampilkan pada LCD sama dengan nilai yang ditampilkan pada aplikasi Blynk. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses pengiriman data dari ESP32 ke aplikasi Blynk berjalan dengan baik sehingga informasi suhu dapat dipantau secara langsung melalui aplikasi.

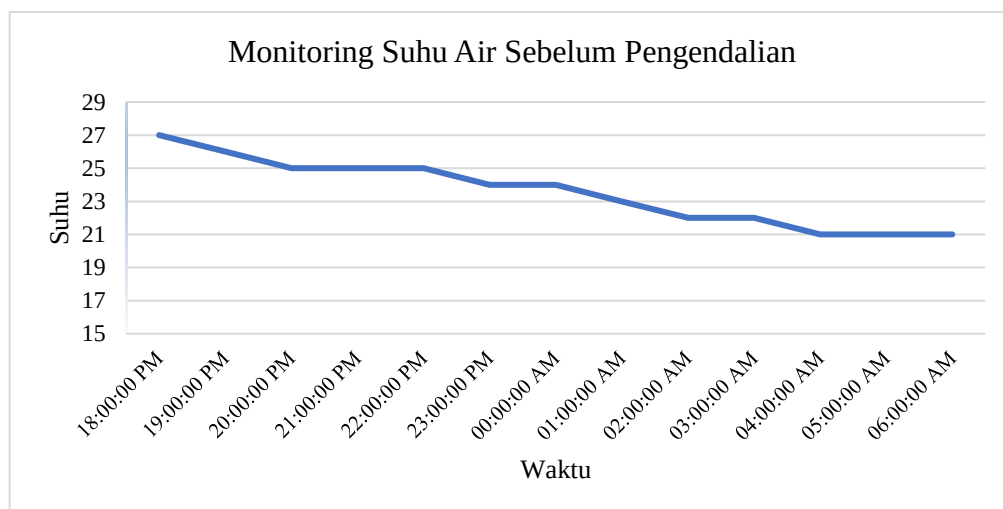
Perbedaan pembacaan ditemukan pada percobaan kelima. LCD menampilkan suhu sebesar 28,5°C, sedangkan aplikasi Blynk menampilkan suhu sebesar 28,25°C. Selisih sebesar 0,25°C tersebut tidak memengaruhi proses

monitoring suhu karena nilainya masih relatif kecil. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh jeda pembaruan data pada aplikasi Blynk. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa fitur monitoring suhu pada aplikasi Blynk telah bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang.

5.3.2 Pengujian Pengendalian Suhu Air

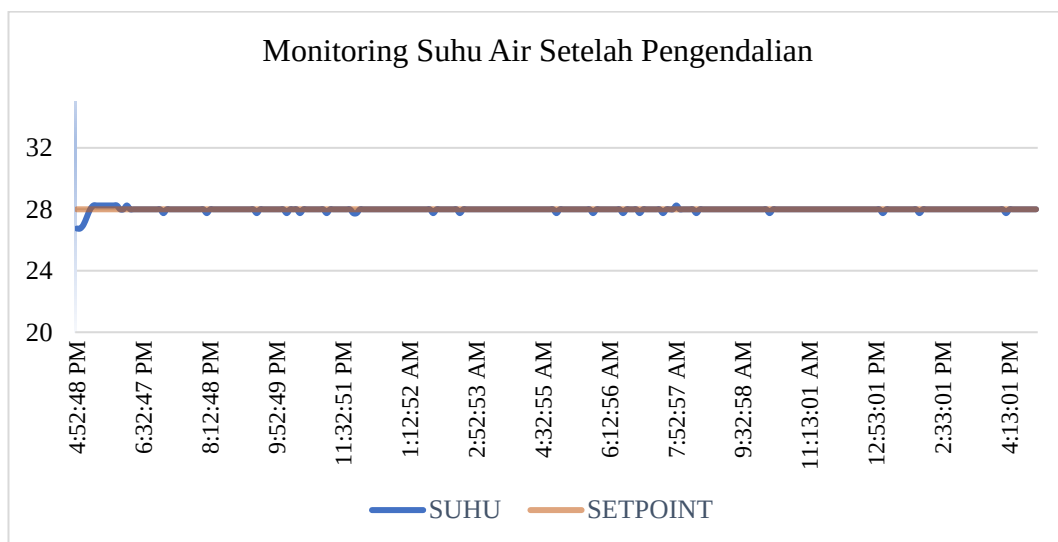
Pada pengujian ini digunakan *heater* dengan daya 100 Watt karena volume air yang digunakan sebesar 100 liter. Pemilihan daya *heater* mengacu pada rekomendasi kebutuhan daya *heater* akuarium sebesar 1 Watt untuk setiap satu liter air. Dengan demikian, *heater* 100 Watt telah sesuai dengan kebutuhan pemanasan untuk volume air yang digunakan pada penelitian ini.

Pengujian dilaksanakan di wilayah Tembalang, Kota Semarang, dengan fokus untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam menghangatkan dan mempertahankan suhu air sesuai kebutuhan ikan mas koki, yaitu 28°C. Sebelum sistem dioperasikan, dilakukan monitoring suhu air untuk mengetahui perubahan suhu akibat kondisi lingkungan. Data suhu diperoleh menggunakan sensor DS18B20 selama 12 jam. Hasil monitoring menunjukkan bahwa suhu air mengalami penurunan secara bertahap pada malam hari, dari 27°C pada pukul 18.00 WIB menjadi 21°C pada pukul 04.00 sampai 06.00 WIB. Grafik hasil monitoring suhu air sebelum pengendalian ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Monitoring Suhu Air Sebelum Pengendalian

Hasil monitoring sebelum pengendalian menunjukkan bahwa suhu air terus menurun pada malam hari. Berdasarkan kondisi tersebut, sistem pengendalian suhu dirancang untuk menjaga suhu air tetap berada pada sekitar setpoint 28°C. Data suhu diperoleh menggunakan sensor DS18B20 dan dikirim ke Google Spreadsheet setiap 5 menit selama 24 jam. Data hasil pengujian kemudian digunakan sebagai dasar analisis kinerja sistem. Selama proses pengujian diperoleh sebanyak 289 data dengan suhu rata-rata sebesar 27,98°C. Grafik hasil monitoring suhu air setelah pengendalian ditunjukkan pada Gambar 5.2.



Gambar 5. 2 Grafik Suhu Setelah Pengendalian

Berdasarkan Gambar 5.2 suhu air pada awal pengujian berada pada kisaran 26,75°C, kemudian meningkat secara bertahap menuju *setpoint* 28°C akibat proses pemanasan oleh *heater*. Setelah mencapai nilai *setpoint*, suhu sesekali mengalami kenaikan hingga 28,25°C sebelum kembali turun 28°C. Setelah mencapai nilai *setpoint*, suhu mengalami sedikit kenaikan hingga 28,25°C sebelum kembali berada di sekitar 28°C. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan suhu air tetap berada di sekitar nilai *setpoint*. Nilai rata-rata suhu selama pengujian dihitung menggunakan Persamaan berikut. Nilai rata-rata suhu dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut.

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}$$

Keterangan:

$\bar{T}$ = suhu rata-rata (°C)

Σ = simbol penjumlahan seluruh data suhu

T_i = suhu hasil pengukuran ke-i (°C)

n = Jumlah data pengujian

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh total akumulasi suhu sebesar 8085,50 dari 282 data pengukuran. Nilai rata-rata suhu kemudian dihitung menggunakan Persamaan sebagai berikut.

$$\bar{T} = \frac{8085,50}{289}$$

$$\bar{T} = 27,98^{\circ}\text{C}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa suhu rata-rata selama pengujian sebesar 27,98°C. Nilai tersebut hanya berbeda 0,02°C terhadap *setpoint* 28°C, sehingga menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan suhu air tetap berada di dekat nilai *setpoint*. Hasil analisis monitoring suhu berdasarkan data pengujian yang dikirim ke Google Spreadsheet setiap 5 menit disajikan pada Tabel 5-2.

Tabel 5 - 2 Hasil Analisis Monitoring Suhu

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	<i>Setpoint</i>	28	°C
2	Jumlah data	289	Data
3	Suhu rata-rata	27,98	°C
4	Suhu minimum	26,75	°C
5	Suhu maksimum	28,25	°C
7	<i>Overshoot</i> maksimum	0,25	°C

5.3.3 Pengujian Ketepatan Jadwal Pemberian Pakan

menjalankan proses pemberian pakan sesuai waktu yang telah ditentukan. Jadwal pemberian pakan diatur melalui modul RTC DS3231 pada pukul 07.00 WIB, 12.00 WIB, dan 17.00 WIB. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pada

setiap jadwal sehingga diperoleh sembilan kali pengujian. Pada setiap pengujian diamati kondisi motor stepper sebagai penggerak *extruder screw* untuk memastikan pakan dikeluarkan sesuai jadwal yang telah diprogram. Hasil pengujian ketepatan jadwal pemberian pakan disajikan pada Tabel 5-3.

Tabel 5 - 3 Pengujian Ketepatan Jadwal pemberian Pakan

Percobaan Ke-	Jadwal Pakan (WIB)	Waktu Aktual (WIB)	Status Motor	Keterangan
1	07.00	07.00	ON	Berhasil
1	12.00	12.00	ON	Berhasil
1	17.00	17.00	ON	Berhasil
2	07.00	07.00	ON	Berhasil
2	12.00	-	OFF	Gagal (Pemadaman listrik PLN)
2	17.00	17.00	ON	Berhasil
3	07.00	07.00	ON	Berhasil
3	12.00	12.00	ON	Berhasil
3	17.00	17.00	ON	Berhasil

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam menjalankan jadwal pemberian pakan, digunakan persamaan berikut.

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah Pengujian Berhasil}}{\text{Jumlah Seluruh Pengujian}} \times 100 \%$$

Perhitungan persentase keberhasilan diperoleh sebagai berikut.

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \frac{8}{9} \times 100 = 88,89 \%$$

Berdasarkan Tabel 5-3, hasil pengujian menunjukkan bahwa delapan dari sembilan percobaan pemberian pakan berhasil dijalankan sesuai jadwal yang telah ditentukan, yaitu pukul 07.00 WIB, 12.00 WIB, dan 17.00 WIB. Pada percobaan yang berhasil, motor stepper aktif sehingga mekanisme *extruder screw* dapat menyalurkan pakan sesuai pengaturan sistem. Satu percobaan pada jadwal pukul 12.00 WIB mengalami kegagalan karena terjadi pemadaman listrik dari PLN yang

menyebabkan sistem kehilangan catu daya sehingga motor stepper tidak dapat beroperasi.

Hasil perhitungan menunjukkan persentase keberhasilan sebesar 88,89%. Kegagalan tersebut dipengaruhi oleh faktor eksternal berupa terputusnya pasokan listrik, bukan disebabkan oleh kesalahan pada modul RTC DS3231 maupun program yang digunakan. Selain kondisi tersebut, modul RTC DS3231 mampu menjalankan fungsi penjadwalan sesuai waktu yang telah diprogram sehingga sistem dapat memberikan pakan secara otomatis selama pasokan listrik tersedia.

5.3.4 Pengujian Ketepatan Motor

Pengujian ketepatan putaran motor stepper dilakukan untuk mengetahui kemampuan motor stepper NEMA17 dalam menghasilkan jumlah putaran yang sesuai dengan perintah yang diberikan oleh mikrokontroler ESP32. Pada penelitian ini, motor stepper dikendalikan menggunakan driver TB6600 dengan konfigurasi $1/8$ *microstep*. Dengan konfigurasi tersebut, satu putaran penuh motor memerlukan 1600 pulsa, yang diperoleh dari perhitungan jumlah langkah motor sebesar 200 langkah per putaran dikalikan dengan faktor *microstep* $1/8$.

Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi perintah putaran sebanyak 1 hingga 5 putaran. Jumlah pulsa yang diberikan disesuaikan dengan jumlah putaran yang diinginkan, yaitu 1600 pulsa untuk 1 putaran, 3200 pulsa untuk 2 putaran, 4800 pulsa untuk 3 putaran, 6400 pulsa untuk 4 putaran, dan 8000 pulsa untuk 5 putaran. Selanjutnya, jumlah putaran aktual diamati secara langsung untuk mengetahui kesesuaian antara putaran yang diperintahkan dengan putaran yang dihasilkan oleh motor stepper. Tabel 5-4 menunjukkan hasil pengujian ketepatan putaran motor stepper.

Tabel 5 - 4 Pengujian Ketepatan Motor

No	Jumlah Pulsa	Putaran Aktual	Kesesuaian	Status
1	1600	1 Putaran	Sesuai	Berhasil
2	3200	2 Putaran	Sesuai	Berhasil
3	4800	3 Putaran	Sesuai	Berhasil
4	6400	4 Putaran	Sesuai	Berhasil

No	Jumlah Pulsa	Putaran Aktual	Kesesuaian	Status
5	8000	5 Putaran	Sesuai	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.4, motor stepper mampu menghasilkan jumlah putaran yang sesuai dengan perintah yang diberikan pada setiap variasi pengujian. Seluruh pengujian, mulai dari 1 hingga 5 putaran, menunjukkan bahwa putaran aktual yang dihasilkan sama dengan putaran yang diperintahkan sehingga tidak ditemukan kehilangan langkah (*step loss*) maupun penyimpangan posisi akhir motor.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa komunikasi antara ESP32, driver TB6600, dan motor stepper NEMA17 berjalan dengan baik sehingga jumlah pulsa yang dikirim dapat diterjemahkan menjadi putaran motor sesuai dengan perintah program. Ketepatan putaran ini menjadi faktor penting dalam sistem pemberian pakan otomatis karena mekanisme *extruder screw* digerakkan secara langsung oleh motor stepper.

5.3.5 Pengujian Berat Pakan

Pengujian Pengujian berat pakan dilakukan untuk mengetahui konsistensi jumlah pakan yang dikeluarkan oleh mekanisme *extruder screw* pada setiap mode pemberian pakan. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali pada setiap mode pemberian pakan. Pakan yang digunakan pada pengujian berupa pelet apung berdiameter 2 mm, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Pakan Ikan

Pakan yang keluar pada setiap percobaan kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital untuk mengetahui konsistensi berat pakan yang dihasilkan, kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Hasil pengujian berat pakan ditunjukkan pada Tabel 5-5.

Tabel 5 - 5 Pengujian Berat Pakan

No	Mode Pemberian Pakan	Berat Pakan (Gram)
1	Porsi 1 Percobaan ke-1	24 gram
2	Porsi 1 Percobaan ke-2	23 gram
3	Porsi 1 Percobaan ke-3	22 gram
4	Porsi 1 Percobaan ke-4	23gram
5	Porsi 1 Percobaan ke-5	23 gram
Rata-Rata (Sedikit)		23 gram
6	Porsi 2 Percobaan Ke-1	46 gram
7	Porsi 2 Percobaan Ke-2	46 gram
8	Porsi 2 Percobaan Ke-3	45 gram
9	Porsi 2 Percobaan Ke-4	46 gram
10	Porsi 2 Percobaan Ke-5	46 gram
Rata Rata (Sedang)		45,8 gram
11	Porsi 3 Percobaan Ke-1	67 gram
12	Porsi 3 Percobaan Ke-2	69 gram
13	Porsi 3 Percobaan Ke-3	68 gram
14	Porsi 3 Percobaan Ke-4	68 gram
15	Porsi 3 Percobaan Ke-5	68 gram
Rata-Rata (Banyak)		68 gram

Nilai rata-rata berat pakan dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = rata-rata berat pakan (gram)

$\sum x$ = jumlah seluruh hasil pengukuran (gram)

n = jumlah percobaan

Perhitungan rata-rata untuk setiap mode diperoleh sebagai berikut.

Porsi 1

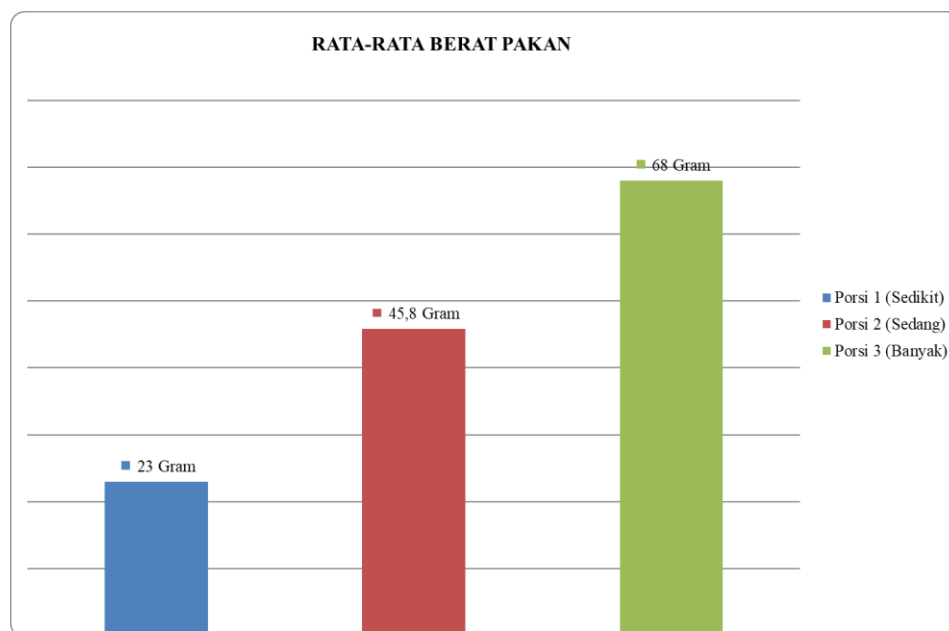
$$\bar{x} = \frac{24+23+22+23+23}{5} = \frac{115}{5} = 23 \text{ gr}$$

Porsi 2

$$\bar{x} = \frac{46+46+45+46+46}{5} = \frac{229}{5} = 45,8 \text{ gr}$$

Porsi 3

$$\bar{x} = \frac{67+69+68+68+68}{5} = \frac{340}{5} = 68 \text{ gr}$$



Gambar 5. 4 Grafik Rata-Rata Berat Pakan

Berdasarkan Gambar 5.4 Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata berat pakan pada Porsi 1 sebesar 23 gram, Porsi 2 sebesar 45,8 gram, dan Porsi 3 sebesar 68 gram.

Peningkatan rata-rata berat pakan pada setiap mode menunjukkan bahwa durasi putaran motor stepper berbanding lurus dengan jumlah pakan yang dikeluarkan. Semakin lama motor stepper berputar, semakin banyak pakan yang

disalurkan. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa mekanisme penyaluran pakan mampu bekerja secara konsisten sehingga jumlah pakan yang keluar mengikuti durasi putaran motor yang telah diprogram.

5.3.6 Pengujian Mode *Manual feeding*

Pengujian mode *manual feed* dilakukan untuk mengetahui fungsi tombol *Manual feed* pada aplikasi Blynk dalam mengendalikan proses pemberian pakan secara manual. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali dengan menekan tombol *Manual feed* pada aplikasi. Setiap percobaan diamati untuk memastikan motor stepper dapat merespons perintah yang diterima dan *extruder screw* mampu menyalurkan pakan dengan baik. Tampilan tombol *Manual feed* pada aplikasi Blynk ditunjukkan pada Gambar 5.5.



Gambar 5. 5 Button *Manual feed*

Tombol *Manual feed* berfungsi untuk menjalankan motor stepper secara manual tanpa menunggu jadwal pemberian pakan dari modul RTC DS3231. Ketika tombol ditekan, aplikasi Blynk mengirimkan perintah ke ESP32 melalui jaringan *Wi-Fi*. Perintah tersebut diproses oleh ESP32 untuk mengaktifkan motor stepper sehingga *extruder screw* berputar.

Tabel 5 - 6 Pengujian Mode *Manual feed*

No	Percobaan	Kondisi Button	Respons Motor Stepper	Pakan Keluar	Status
1	1	Ditekan	Aktif	Ya	Berhasil
2	2	Ditekan	Aktif	Ya	Berhasil

No	Percobaan	Kondisi Button	Respons Motor Stepper	Pakan Keluar	Status
3	3	Ditekan	Aktif	Ya	Berhasil
4	4	Ditekan	Aktif	Ya	Berhasil
5	5	Ditekan	Aktif	Ya	Berhasil

Hasil pengujian yang ditunjukkan Tabel 5-6 menunjukkan bahwa seluruh percobaan berhasil dijalankan sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Setiap kali tombol *Manual feed* pada aplikasi Blynk ditekan, motor stepper merespons perintah dengan berputar dan *extruder screw* berhasil menyalurkan pakan. Selama proses pengujian tidak ditemukan kendala pada komunikasi antara aplikasi Blynk dan ESP32. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fitur *manual feed* dapat digunakan dengan baik sebagai alternatif pemberian pakan di luar jadwal otomatis yang telah ditentukan.

5.3.7 Pengujian Seluruh Sistem

Pengujian seluruh sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja alat setelah seluruh perangkat keras dan perangkat lunak diintegrasikan. Pengujian meliputi koneksi ESP32 dengan aplikasi Blynk, pembacaan suhu oleh sensor DS18B20, pengendalian *heater*, penjadwalan pemberian pakan, fungsi *manual feeding*, serta pengoperasian sistem secara keseluruhan untuk memastikan setiap fungsi bekerja sesuai dengan rancangan. Hasil pengujian seluruh sistem ditunjukkan pada Tabel 5-7.

Tabel 5 - 7 Pengujian Seluruh Sistem

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	ESP32 terhubung ke Wi-Fi dan Blynk	ESP32 berhasil terhubung ke Wi-Fi dan Blynk	ESP32 berhasil terhubung ke Wi-Fi dan Blynk	Sesuai
2	Sensor membaca suhu air	Nilai suhu tampil pada LCD dan Blynk	Nilai suhu tampil pada LCD dan Blynk	Sesuai

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
3	Suhu di bawah <i>setpoint</i>	<i>Heater</i> ON	<i>Heater</i> ON	Sesuai
4	Suhu mencapai <i>setpoint</i>	<i>Heater</i> OFF	<i>Heater</i> OFF	Sesuai
5	RTC mencapai jadwal pemberian pakan	Motor stepper berputar	Motor stepper berputar	Sesuai
6	Mode Pakan di <i>setting</i> Porsi 1	Pakan keluar sesuai pengaturan	Pakan keluar sesuai pengaturan	Sesuai
7	Mode Pakan di <i>setting</i> Porsi 2	Pakan keluar sesuai pengaturan	Pakan keluar sesuai pengaturan	Sesuai
8	Mode Pakan di <i>setting</i> Porsi 3	Pakan keluar sesuai pengaturan	Pakan keluar sesuai pengaturan	Sesuai
9	Tombol <i>Button</i> pada Blynk ditekan	Motor stepper aktif	Motor stepper aktif	Sesuai
10	Seluruh sistem dioperasikan bersamaan	Semua fungsi bekerja normal	Semua fungsi bekerja normal	Sesuai

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem dapat bekerja sesuai dengan perancangan. ESP32 berhasil terhubung dengan jaringan Wi-Fi dan aplikasi Blynk, sensor DS18B20 mampu menampilkan data suhu pada LCD dan Blynk, pengendalian suhu menggunakan *heater* berjalan sesuai *setpoint*, serta sistem pemberian pakan otomatis dan *Manual feed* dapat beroperasi dengan baik. Seluruh komponen juga mampu bekerja tanpa mengalami gangguan selama pengujian.