

## **BAB V**

### **PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Tujuan Pengujian**

Pengujian dilakukan untuk menilai kinerja sistem monitoring kandang DOC berbasis ESP32 yang telah dibuat pada Bab 4. Parameter yang diuji meliputi fungsi tampilan LCD 20×4, pembacaan waktu dari RTC DS3231, pembacaan suhu dan kelembapan dari sensor DHT, serta sistem timbangan berbasis modul HX711 dan 4 load cell. Selain uji fungsi dasar, pengujian juga difokuskan pada karakteristik kualitas data timbangan, karena sistem akan digunakan pada kondisi nyata di kandang yang dinamis (DOC bergerak, getaran, serta perubahan suhu akibat pemanas). Oleh karena itu, pengujian timbangan dievaluasi melalui parameter akurasi, repeatability, stabilitas, drift, pengaruh posisi beban, performa pada kondisi DOC bergerak, serta pengaruh suhu terhadap pembacaan load cell.

#### **5.2 Skenario dan Kondisi Pengujian**

Skenario pengujian dibagi menjadi tiga kelompok utama:

1. uji fungsional sistem untuk memastikan setiap blok bekerja sesuai rancangan,
2. uji karakteristik timbangan pada kondisi relatif terkendali (akurasi, repeatability, stabilitas, drift, dan pengaruh posisi), serta
3. uji kondisi nyata kelayakan kandang penelitian ini.

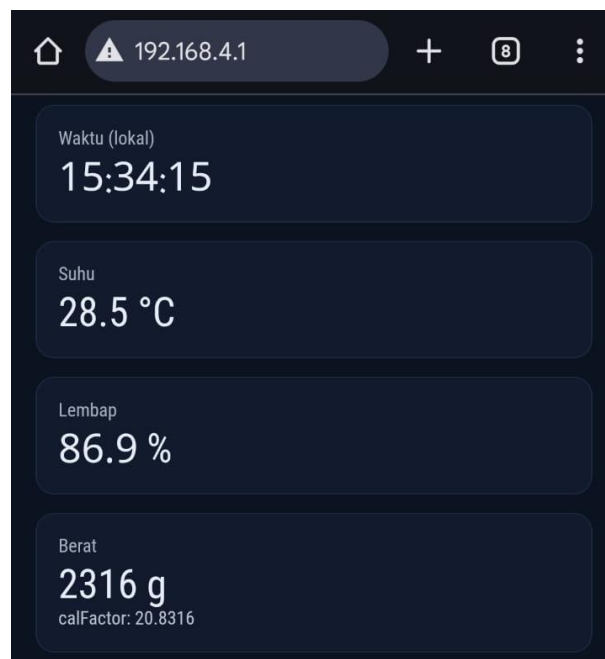
#### **5.3 Pengujian Fungsional Sistem**

Pengujian fungsional sistem ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menampilkan data hasil monitoring secara real-time pada dua media keluaran, yaitu LCD dan WebServer. Parameter yang diuji meliputi waktu, suhu dan kelembapan, serta massa, yang masing-masing diperoleh dari sensor RTC DS3231, DHT22, dan HX711 yang terhubung dengan Load Cell. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap sensor dapat berfungsi dengan baik serta

data yang dihasilkan dapat ditampilkan secara akurat dan konsisten pada kedua media monitoring tersebut.



Gambar 5. 1 Tampilan Monitoring dari LCD



Gambar 5. 2 Tampilan Monitoring dari WebServer

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu menampilkan informasi waktu yang diperoleh dari modul RTC DS3231 dengan baik. Data waktu yang ditampilkan pada LCD dan WebServer menunjukkan kesesuaian dengan waktu aktual, yang menandakan bahwa modul RTC berfungsi secara stabil dan sinkron dengan sistem mikrokontroler. Keberadaan RTC ini sangat penting untuk memastikan pencatatan waktu yang presisi, terutama pada sistem monitoring yang membutuhkan informasi berbasis waktu.

Selanjutnya, pengujian sensor DHT22 menunjukkan bahwa sistem dapat membaca dan menampilkan data suhu serta kelembapan lingkungan dengan baik. Nilai suhu dan kelembapan yang ditampilkan pada LCD dan WebServer dapat diperbarui secara berkala sesuai dengan interval pembacaan yang telah ditentukan. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengambilan data dari sensor, pengolahan data oleh mikrokontroler, serta pengiriman data ke WebServer berjalan dengan baik tanpa adanya gangguan yang signifikan.

Pengujian massa dilakukan menggunakan sensor HX711 yang terhubung dengan Load Cell. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca perubahan massa dan menampilkannya dalam satuan gram (g) secara real-time. Data massa yang ditampilkan pada LCD dan WebServer menunjukkan respons yang sesuai terhadap perubahan beban yang diberikan pada Load Cell, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses kalibrasi dan pembacaan data dari sensor HX711 telah berjalan dengan baik.

Secara keseluruhan, hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa sistem monitoring yang dirancang telah mampu menjalankan seluruh fungsi utamanya. Sistem berhasil mengintegrasikan beberapa sensor dan menampilkan data hasil monitoring secara akurat baik pada LCD maupun WebServer. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem telah berfungsi sesuai dengan perancangan dan dapat digunakan sebagai media monitoring parameter waktu, suhu, kelembapan, dan massa secara efektif.

## **5.4 Pengujian Sistem Timbangan (HX711 + 4 Load Cell)**

### **5.3.1 Uji Kalibrasi dan Akurasi**

Uji akurasi dilakukan menggunakan beban referensi 0 g, 100 g, 200 g, 500 g, 1000 g, dan 2000 g. Tiap beban diukur sebanyak 5 kali, kemudian dihitung nilai rata-rata (mean), error (selisih mean terhadap referensi), dan error persen.

Tabel 5. 1 Uji Kalibrasi dan Akurasi

| Beban Referensi (g) | Terbaca 1 | Terbaca 2 | Terbaca 3 | Terbaca 4 | Terbaca 5 |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0                   | 0         | 1         | 0         | 0         | 1         |
| 100                 | 100       | 101       | 100       | 101       | 101       |
| 200                 | 201       | 201       | 201       | 201       | 200       |
| 500                 | 499       | 500       | 502       | 500       | 500       |
| 1000                | 1000      | 998       | 999       | 1000      | 1000      |
| 2000                | 1999      | 2000      | 1998      | 1999      | 2000      |

Ringkasan performa menunjukkan nilai MAE sebesar 0,8 g, RMSE sebesar 1,033 g, dan MAPE sebesar 0,242%. Error persen cenderung lebih besar pada beban kecil karena pengaruh noise relatif lebih dominan, sedangkan pada beban besar error persen tetap kecil. Sistem timbangan memiliki akurasi sangat baik (MAPE 0,242%) pada rentang pengujian dan layak digunakan untuk monitoring berat di kandang.

### 5.3.2 Uji *Repeatability* (Pengulangan)

Uji *repeatability* dilakukan menggunakan beban 500 g dengan prosedur angkat-taruh sebanyak 10 kali. Pengujian ini bertujuan menilai konsistensi pembacaan pada kondisi prosedur yang sama.

Tabel 5. 2 Uji *Repeatability* (Pengulangan)

| Percobaan | Beban Uji (g) | Terbaca (g) |
|-----------|---------------|-------------|
| 1         | 500           | 501         |
| 2         | 500           | 498         |
| 3         | 500           | 496         |

| Percobaan | Beban Uji (g) | Terbaca (g) |
|-----------|---------------|-------------|
| 4         | 500           | 499         |
| 5         | 500           | 499         |
| 6         | 500           | 501         |
| 7         | 500           | 501         |
| 8         | 500           | 498         |
| 9         | 500           | 501         |
| 10        | 500           | 499         |

Hasil statistik menunjukkan mean 499,3 g, simpangan baku (SD) 1,703 g, nilai minimum 496 g, nilai maksimum 501 g, dan range 5 g. Variasi tersebut dapat dipengaruhi posisi peletakan beban, waktu menunggu stabil, dan kondisi mekanik platform. *Repeatability* tergolong baik dengan variasi pembacaan relatif kecil (range 5 g) pada beban 500 g.

### 5.3.3 Uji Stabilitas (Fluktuasi Saat Diam)

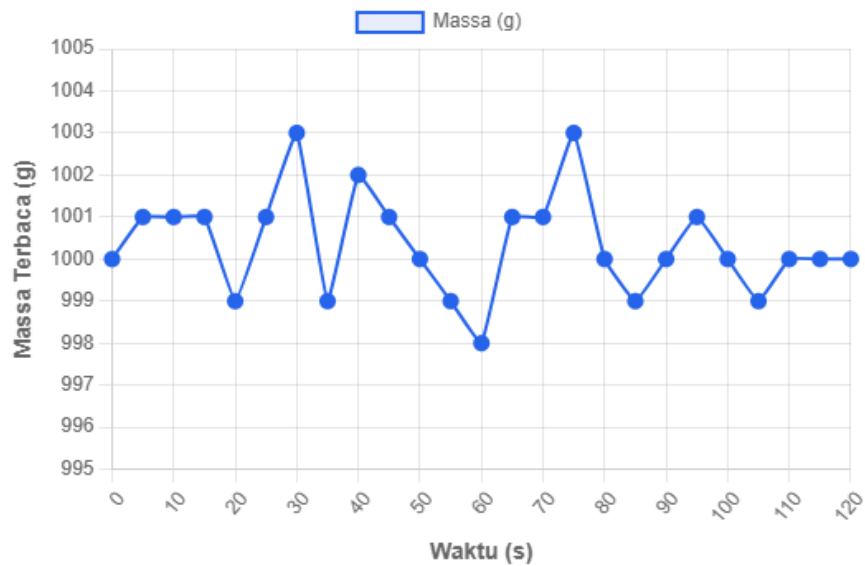
Uji stabilitas dilakukan pada beban sekitar 1000 g selama 2 menit (0–120 detik). Parameter yang dianalisis meliputi mean, simpangan baku, nilai minimum–maksimum, serta peak-to-peak (P2P).

Tabel 5. 3 Uji Stabilitas (Fluktuasi Saat Diam)

| Waktu (s) | Terbaca (g) |
|-----------|-------------|
| 0         | 1000        |
| 5         | 1001        |
| 10        | 1001        |
| 15        | 1001        |
| 20        | 999         |
| 25        | 1001        |
| 30        | 1003        |

| Waktu (s) | Terbaca (g) |
|-----------|-------------|
| 35        | 999         |
| 40        | 1002        |
| 45        | 1001        |
| 50        | 1000        |
| 55        | 999         |
| 60        | 998         |
| 65        | 1001        |
| 70        | 1001        |
| 75        | 1003        |
| 80        | 1000        |
| 85        | 999         |
| 90        | 1000        |
| 95        | 1001        |
| 100       | 1000        |
| 105       | 999         |
| 110       | 1000        |
| 115       | 1000        |
| 120       | 1000        |

Berdasarkan hasil pengujian pada kondisi sistem dalam keadaan diam (tanpa perubahan beban), diperoleh nilai rata-rata (mean) pembacaan berat sebesar 1000,36 g dengan simpangan baku (standard deviation) sebesar 1,221 g. Nilai minimum pembacaan yang tercatat adalah 998 g, sedangkan nilai maksimum mencapai 1003 g, sehingga selisih antara nilai maksimum dan minimum atau peak-to-peak (P2P) sebesar 5 g.



Gambar 5. 3 Grafik Uji Stabilitas

#### 5.3.4 Uji Pengaruh Posisi Beban (*Corner Test*)

Uji pengaruh posisi beban dilakukan dengan meletakkan beban 500 g pada beberapa posisi (tengah, depan, belakang, kiri, dan kanan). Pengujian ini bertujuan menilai sensitivitas pembacaan terhadap distribusi beban pada platform 4 titik.

Tabel 5. 4 Uji Pengaruh Posisi Beban (*Corner Test*)

| Posisi       | Terbaca (g)  | Error vs Tengah (g) | Error Mutlak(%) |
|--------------|--------------|---------------------|-----------------|
| Tengah       | 500          | 0                   | 0               |
| Depan        | 503          | 3                   | 0.6             |
| Belakang     | 497          | -3                  | 0.6             |
| Kiri         | 505          | 5                   | 1               |
| Kanan        | 496          | -4                  | 0.8             |
| <b>Rata2</b> | <b>500,2</b> | <b>0,2</b>          | <b>0,6</b>      |

Hasil pengujian posisi beban menunjukkan nilai rata-rata pembacaan berat sebesar 500,2 g dengan error rata-rata terhadap posisi tengah sebesar 0,2 g. Error mutlak rata-rata yang diperoleh adalah 0,6%, yang menunjukkan bahwa sistem load cell memiliki tingkat akurasi dan kestabilan yang baik terhadap perubahan posisi beban.

### 5.5 Pengujian Kondisi Nyata di Kandang (DOC Bergerak)

Pengujian kondisi nyata dilakukan dengan DOC di dalam kandang untuk melihat karakteristik pembacaan pada beban dinamis. Data dirangkum menjadi nilai minimum, maksimum, dan rata-rata selama periode pengamatan.

Tabel 5. 5 Pengujian Kondisi Nyata di Kandang (DOC Bergerak)

| Jumlah DOC | Min (g) | Max (g) | Rata-rata (g) | Simpangan baku | Catatan                                     |
|------------|---------|---------|---------------|----------------|---------------------------------------------|
| 1          | 36      | 52      | 43,88         | 5,43           | 1 DOC aktif; sesekali bergerak cepat        |
| 2          | 82      | 106     | 91,38         | 7,05           | 2 DOC bergerak bergantian; fluktuasi sedang |
| 3          | 120     | 153     | 135,48        | 9,36           | 3 DOC ramai; fluktuasi lebih besar          |

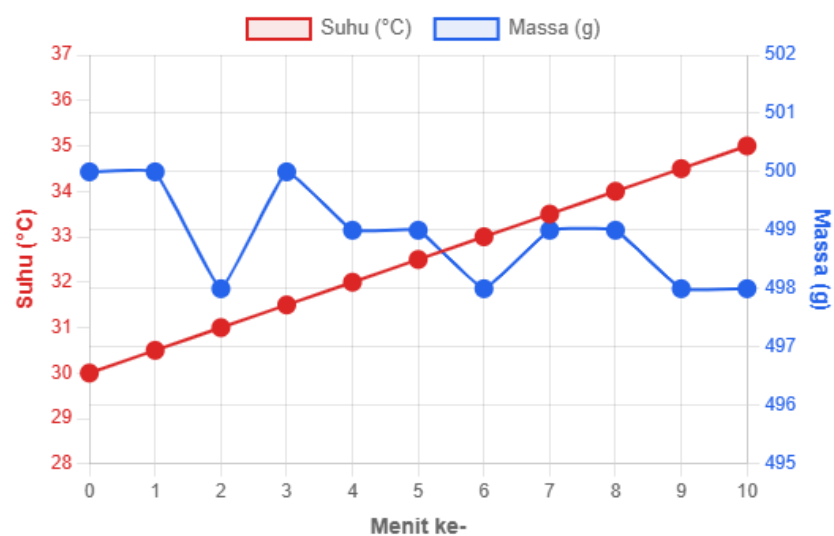
Hasil analisis menunjukkan bahwa simpangan baku berat meningkat seiring bertambahnya jumlah DOC. Pada pengujian 1 DOC diperoleh simpangan baku sebesar 5,43 g, meningkat menjadi 7,05 g pada 2 DOC dan 9,36 g pada 3 DOC. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak DOC, fluktuasi pembacaan berat semakin besar akibat peningkatan aktivitas dan interaksi antar DOC.

### 5.6 Pengaruh Suhu Terhadap Load Cell

Pengujian ini bertujuan menilai apakah perubahan suhu lingkungan dapat memengaruhi pembacaan timbangan. Uji dilakukan dengan menaikkan suhu dari sekitar 30°C menjadi 35°C sambil memantau perubahan berat pada beban tetap.

Tabel 5. 6 Pengaruh Suhu Terhadap Load Cell

| Menit ke- | Suhu (°C) | Terbaca (g) |
|-----------|-----------|-------------|
| 0         | 30        | 500         |
| 1         | 30.5      | 500         |
| 2         | 31        | 498         |
| 3         | 31.5      | 500         |
| 4         | 32        | 499         |
| 5         | 32.5      | 499         |
| 6         | 33        | 498         |
| 7         | 33.5      | 499         |
| 8         | 34        | 499         |
| 9         | 34.5      | 498         |
| 10        | 35        | 498         |



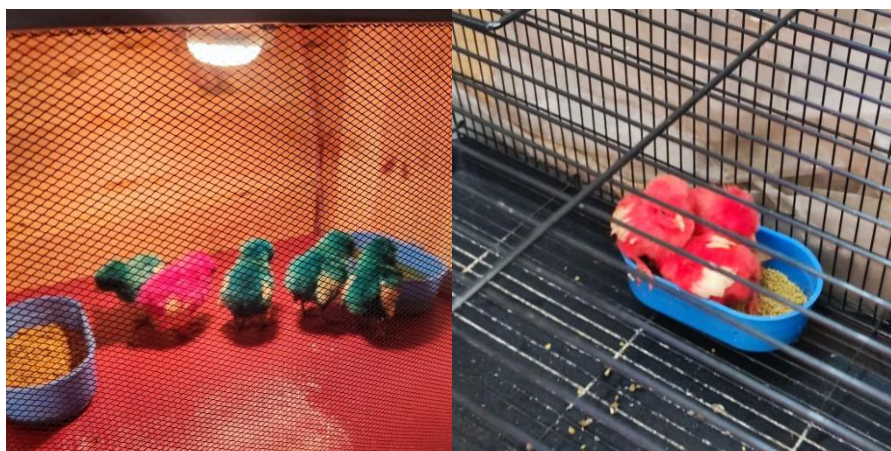
Gambar 5. 4 Grafik Uji Pengaruh Suhu Terhadap Load Cell

Hasil menunjukkan  $\Delta T$  sebesar  $+5^{\circ}\text{C}$  dengan perubahan berat  $\Delta W$  sebesar  $-2\text{ g}$  ( $500\text{ g}$  menjadi  $498\text{ g}$ ). Nilai kemiringan sekitar  $-0,4\text{ g}/^{\circ}\text{C}$  dan korelasi suhu–berat  $r \approx -0,653$  (hubungan negatif sedang). Hasil ini mengindikasikan adanya pengaruh termal pada sistem load cell/HX711.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem timbangan memiliki akurasi dan repeatability yang baik pada kondisi statis, namun menghadapi tantangan pada kondisi dinamis dan termal. Corner test menunjukkan masih ada deviasi akibat distribusi beban, sehingga penyetelan mekanik platform 4 titik menjadi faktor penting untuk kestabilan data. Pada kondisi DOC bergerak, fluktuasi merupakan fenomena wajar karena perubahan gaya dinamis; metode pemrosesan data seperti moving average/median/hold diperlukan agar nilai yang ditampilkan representatif. Selain itu, drift dan pengaruh suhu menunjukkan bahwa faktor waktu dan temperatur perlu dimitigasi melalui warm-up alat, penataan mekanik bebas gesekan, kestabilan catu daya, serta penempatan HX711 jauh dari sumber panas.

### 5.7 Pengujian Kelayakan Kandang

Pengujian kelayakan kandang dilakukan untuk membandingkan performa kandang tugas akhir dengan kandang biasa. Perbandingan dilakukan dengan mengendalikan faktor pemberian pakan dan minum pada jam yang sama, sehingga perbedaan hasil pengujian lebih merepresentasikan perbedaan fasilitas kandang. Pada kandang tugas akhir digunakan lampu pijar sebagai pemanas (*brooding*), sedangkan pada kandang biasa tidak digunakan pemanas. Indikator kelayakan yang diamati adalah pertumbuhan berat harian DOC dan tingkat kelangsungan hidup (*survival*).



Gambar 5. 5 DOC di Kandang Tugas Akhir (kiri) dan Kandang Biasa (kanan)

### 5.6.1 Metode Pengujian

Metode pengujian yang digunakan adalah komparatif dua kelompok, yaitu kandang penelitian (dengan pemanas lampu pijar) dan kandang konvensional (tanpa pemanas). Masing-masing kelompok berisi 5 DOC. Pakan dan minum diberikan pada jam yang sama untuk kedua kelompok. Berat DOC diamati setiap pagi dari hari-1 sampai hari-7. Apabila DOC mati, pencatatan pada hari berikutnya dihentikan dan status dicatat sebagai mati. Adapun skema pengujian yang dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 5. 7 Data Skema Pengujian

| Parameter       | Data                                                      |
|-----------------|-----------------------------------------------------------|
| Periode Tanggal | 4 – 11 November 2025                                      |
| Jumlah DOC      | 5 pada Kandang Penelitian dan 5 pada Kandang Konvensional |
| Pakan           | 500g dedak setiap pagi                                    |
| Minum           | 500ml + vitachick 1g setiap pagi                          |
| Penimbangan     | Dilakukan 1× setiap pagi                                  |

Adapun masing individu DOC sebelum masuk kandang peneliti dan konvensional diukur massa nya dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 5. 8 Daftar Berat Awal Masing-masing DOC

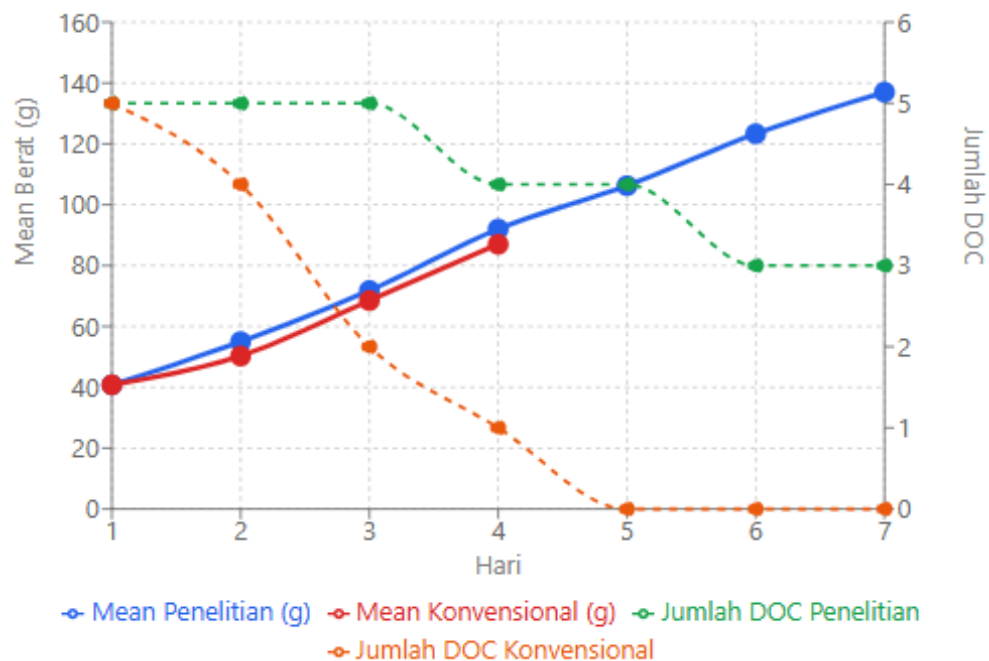
| Kandang Penelitian |           | Kandang Konvensional |           |
|--------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Daftar DOC         | Massa (g) | Daftar DOC           | Massa (g) |
| 1                  | 40        | 1                    | 42        |
| 2                  | 40        | 2                    | 41        |
| 3                  | 39        | 3                    | 42        |
| 4                  | 42        | 4                    | 40        |
| 5                  | 43        | 5                    | 39        |

### 5.6.2 Pengujian Perbandingan Kandang Penelitian dan Konvensional

Tabel 5. 9 Rata-rata Berat DOC Per-hari

| Hari | Kandang Penelitian |            | Kandang Konvensional |            |
|------|--------------------|------------|----------------------|------------|
|      | Mean (g)           | Jumlah DOC | Mean (g)             | Jumlah DOC |
| 1    | 40.8               | 5          | 40.8                 | 5          |
| 2    | 55.0               | 5          | 50.25                | 4          |
| 3    | 71.8               | 5          | 68.5                 | 2          |
| 4    | 92.0               | 4          | 87.0                 | 1          |
| 5    | 106.25             | 4          | -                    | 0          |
| 6    | 123.33             | 3          | -                    | 0          |
| 7    | 137.0              | 3          | -                    | 0          |

Berdasarkan tabel di atas, rata-rata berat DOC pada kandang penelitian meningkat dari 40,8 g (hari-1) menjadi 137,0 g (hari-7) untuk DOC yang bertahan hidup. Pada kandang konvensional, rata-rata berat hanya dapat diamati sampai hari-4 karena seluruh DOC tidak bertahan hingga hari-7.



Gambar 5. 6 Grafik Jumlah DOC dan Mean Berat

Tabel 5. 10 *Survival Rate*

| Kelompok            | Jumlah Awal | Hidup Hari-7 | Mati | Survival Rate |
|---------------------|-------------|--------------|------|---------------|
| Kandang Tugas Akhir | 5           | 3            | 2    | 60%           |
| Kandang Biasa       | 5           | 0            | 5    | 0%            |

Hasil menunjukkan kandang penelitian memiliki survival rate 60% (3 dari 5 DOC hidup sampai hari-7), sedangkan pada kandang konvensional survival rate 0% karena seluruh DOC mati sebelum mencapai hari-7.

### 5.6.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian perbandingan antara kandang penelitian dan kandang konvensional, terlihat perbedaan yang signifikan baik dari sisi pertumbuhan berat harian DOC maupun tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*). Pengujian ini dilakukan dengan mengendalikan faktor pakan dan minum yang diberikan pada jam serta jumlah yang sama, sehingga perbedaan hasil yang diperoleh dapat lebih merepresentasikan pengaruh kondisi lingkungan kandang.

Dari aspek pertumbuhan berat badan, DOC yang dipelihara pada kandang penelitian menunjukkan pola kenaikan berat yang konsisten sejak hari pertama hingga hari ketujuh pengamatan. Rata-rata berat DOC meningkat dari 40,8 g pada hari pertama menjadi 137,0 g pada hari ketujuh untuk DOC yang bertahan hidup. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa kondisi kandang penelitian mampu mendukung proses metabolisme dan pertumbuhan DOC secara optimal selama fase awal pemeliharaan (*brooding*).

Sebaliknya, pada kandang konvensional, meskipun pada hari-hari awal masih terlihat adanya peningkatan rata-rata berat DOC, seluruh DOC tidak mampu bertahan hingga akhir periode pengujian. Data menunjukkan bahwa pengamatan berat pada kandang konvensional hanya dapat dilakukan hingga hari keempat, karena setelah itu tidak terdapat DOC yang hidup. Hal ini menyebabkan tidak

tersedianya data pertumbuhan lanjutan hingga hari ketujuh pada kandang konvensional.

Perbedaan yang mencolok juga terlihat pada survival rate. Kandang penelitian memiliki tingkat kelangsungan hidup sebesar 60%, di mana 3 dari 5 DOC mampu bertahan hingga hari ketujuh. Sebaliknya, kandang konvensional memiliki survival rate 0%, karena seluruh DOC mati sebelum periode pengamatan berakhir. Hasil ini menunjukkan bahwa kandang penelitian memiliki tingkat kelayakan yang lebih baik dalam mendukung kehidupan DOC dibandingkan kandang konvensional.