

# LAPORAN TUGAS AKHIR

## Deteksi Umur Telur Ayam Pada Sistem Pengeraman Otomatis



Penyusun:

Muhammad Panji Nugroho (19524058)

Habib Muhammad Abbas (19524073)

**Program Studi Teknik Elektro**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Universitas Islam Indonesia**

**Yogyakarta**

**2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

### Deteksi Umur Telur Ayam Pada Sistem Pengeraman Otomatis

Penyusun:

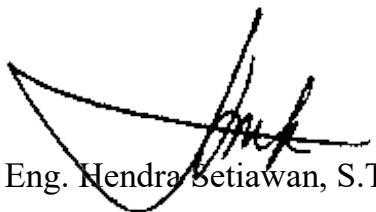
Muhammad Panji Nugroho (19524058)


Habib Muhammad Abbas (19524073)

Yogyakarta, 20 Juni 2023

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

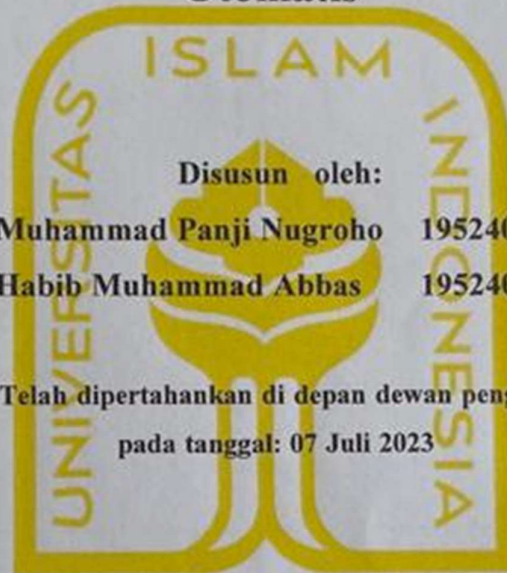
  
Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.  
025200526

  
Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Eng.,  
Ph.D.  
045240101

**Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta  
2023**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**Deteksi Umur Telur Ayam Pada Sistem Pengeraman Otomatis**



Disusun oleh:

Muhammad Panji Nugroho 19524058

Habib Muhammad Abbas 19524073

Telah dipertahankan di depan dewan penguji  
pada tanggal: 07 Juli 2023

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji

: Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.

Anggota Penguji 1

: Elvira Sukma Wahyuni, S.Pd., M.Eng.

Anggota Penguji 2

: Budi Haryono

Tugas akhir ini telah disahkan sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal: 21 Juli 2023

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Dr. Aida Retna Wati, S.T., M.Eng.

035240102

## PERNYATAAN

Dengan ini kami menyatakan bahwa:

1. Tugas Akhir ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi lainnya, dan sepanjang pengetahuan kami juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Tugas Akhir yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak, yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal ini, penggunaan informasi dan materi Tugas Akhir terkait paten maka akan didiskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut di atas.

Yogyakarta, 14-Juli-2023



Muhammad Panji Nugroho (19524058)


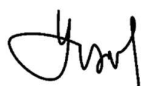


Habib Muhammad Abbas (19524073)

## HALAMAN VERIFIKASI TA201 & TA202

### Deteksi Umur Telur Ayam Pada Sistem Pengeraman Otomatis

VERIFIKASI TA201	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bab 1: Pendahuluan</li><li>• Bab 2: Usulan Solusi</li><li>• Bab 3: Implementasi Desain</li></ul>	
<p>Dosen Pembimbing 1</p>  <p>Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T. 025200526 05 Juni 2023</p>	<p>Dosen Pembimbing 2</p>  <p>Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Eng., Ph.D. 045240101 05 Juni 2023</p>

VERIFIKASI TA202	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bab 4: Hasil dan Analisis</li><li>• Bab 5: Kesimpulan dan Saran</li></ul>	
<p>Dosen Pembimbing 1</p>  <p>Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T. 025200526</p>	<p>Dosen Pembimbing 2</p>  <p>Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Eng., Ph.D. 045240101</p>

# DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>2</b>
<b>HALAMAN VERIFIKASI TA201 &amp; TA202</b>	<b>5</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>6</b>
<b>RINGKASAN TUGAS AKHIR</b>	<b>9</b>
<b>BAB 1: Pendahuluan</b>	<b>10</b>
1.1 Latar Belakang	10
1.2 Rumusan Masalah	11
1.3 Tujuan	11
1.4 Batasan Masalah	11
1.5 Batasan Realistis Engineering	11
<b>BAB 2: Usulan Solusi</b>	<b>13</b>
2.1 Observasi	13
2.2 Spesifikasi Sistem	14
2.3 Usulan-usulan Desain Sistem	14
2.4 Analisis dan Penentuan Usulan Solusi/Desain Terbaik	31
<b>BAB 3: Implementasi Desain</b>	<b>33</b>
3.1 Hasil Rancangan Sistem	33
3.1.1. Hasil Rancangan Elektronik	33
3.1.2. Hasil Rancangan Wadah	34
3.1.3. Hasil Rancangan Software	35
3.1.4. Model Prediksi	39
3.2 Desain Eksperimen	43
3.2.1 Indikator/Parameter yang Diukur	44
3.2.2 Alat dan Bahan	44
3.2.3 Langkah Pengambilan Data	45
<b>BAB 4: Hasil dan Analisis</b>	<b>47</b>
4.1 Analisis Hasil	47
4.1.1 Hasil Pengujian Indikator	47
4.1.2 Pemenuhan Spesifikasi Sistem	52
4.1.3 Pengalaman Pengguna	53
4.1.4 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya	53
4.2 Dampak Implementasi Sistem	54
<b>BAB 5: Kesimpulan dan Saran</b>	<b>55</b>
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>56</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>57</b>

## DAFTAR GAMBAR

Grafik1.1. Konsumsi Daging Ayam di Indonesia	10
Gambar 2.1. Diagram proses <i>candling</i>	15
Gambar 2.2. Ilustrasi rancangan usulan 1 secara umum. (a) cara kerja sistem. (b) gambaran kerja sistem. (c) desain elektronis user interface sistem.	18
Gambar 2.3. Ilustrasi desain 3D usulan 1. (a) Desain bagian luar. (b) Desain bagian dalam. (c) Desain penempatan komponen bagian bawah. (d) Desain penempatan komponen bagian atas.	19
Gambar 2.4. Ilustrasi rancangan usulan 2 secara umum. (a) cara kerja sistem. (b) gambaran kerja sistem. (c) desain elektronik user interface sistem.	23
Gambar 2.5. Ilustrasi desain 3D usulan 2. (a) Desain bagian luar. (b) Desain bagian dalam. (c) Desain penempatan komponen bagian bawah. (d) Desain penempatan komponen bagian atas.	24
Gambar 2.6. Ilustrasi rancangan usulan 3 secara umum. (a) cara kerja sistem. (b) gambaran kerja sistem. (c) desain elektronik user interface sistem.	28
Gambar 2.7. Ilustrasi desain 3D usulan 3. (a) Desain bagian luar. (b) Desain bagian dalam. (c) Desain penempatan komponen bagian bawah. (d) Desain penempatan komponen bagian atas	29
Gambar 3.1. Rangkaian elektronik	33
Gambar 3.2. Desain wadah	34
Gambar 3.3. <i>Flowchart</i> program masukan pengguna	35
Gambar 3.4. <i>Flowchart</i> program antarmuka pengguna	36
Gambar 3.5. <i>Flowchart</i> program pengecekan telur	37
Gambar 3.6. <i>Flowchart</i> program menampilkan riwayat	38
Gambar 3.7. Flowchart meminta konfirmasi untuk mematikan daya	39
Gambar 3.8. Hasil arsitektur ANN yang dibuat	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Pilihan solusi yang ada untuk memenuhi kebutuhan sistem	16
Tabel 2.2. Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras desain 1	17
Tabel 2.3. Analisis kriteria desain 1	20
Tabel 2.4 Rencana anggaran pengembangan sistem desain 1.	21
Tabel 2.5. Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras desain 2	22
Tabel 2.6. Analisis kriteria desain 2	25
Tabel 2.7. Rencana anggaran pengembangan sistem desain 2	26
Tabel 2.8. Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras desain 3.	27
Tabel 2.9. Analisis kriteria desain 3	30
Tabel 2.10. Rencana anggaran pengembangan sistem desain 3	31
Tabel 3. 1. Contoh hasil <i>dissimilarity</i>	41
Tabel 3. 2. Contoh hasil <i>correlation</i>	41
Tabel 3. 3. Contoh hasil <i>homogeneity</i>	41
Tabel 3. 4. Contoh hasil perhitungan <i>contrast</i>	42
Tabel 3. 5. Contoh hasil perhitungan <i>ASM</i>	42
Tabel 3.6. contoh hasil perhitungan <i>energy</i>	42
Tabel 4.1. Ukuran dimensi alat jadi	48
Tabel 4.2. tabel fungsi tombol	50
Tabel 4.3. Pembagian kategori data foto telur	51
Tabel 4.4. hasil pengesanan prediksi	51
Tabel 4.5. Hasil presisi model	52
Tabel 4.6 Perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem	52
Tabel 4.7. Pengalaman Pengguna	53
Tabel 4.8. Kesesuaian antara usulan dan realisasi <i>timeline</i> pengerjaan Tugas Akhir 2	53
Tabel 4.9 Kesesuaian RAB Tugas Akhir antara usulan dan realisasi	54
Tabel 4.10. Perbandingan sistem yang dibuat dengan sistem yang ada	54



## RINGKASAN TUGAS AKHIR

Pada tahun 2021 sekitar 1,9 juta ton daging ayam telah dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Untuk memenuhi kebutuhan daging ayam tersebut, maka diperlukan suplai benih ayam yang memadai. Padahal secara alami peluang menetasnya telur ayam hanya 50 – 60% dan dengan menggunakan bantuan alat pengeraman otomatis, peluang menetas dapat meningkat mencapai 87,5%. Namun masih terdapat masalah yaitu sulitnya membedakan telur fertil dan infertil. Jika telur infertil terus bercampur dengan telur fertil di dalam inkubator, maka telur tersebut akan memakan tempat dan menyia-nyiaakan energi. Sehingga sangat penting untuk memisahkan telur fertil dan infertil. Selama ini, pengecekan telur dilakukan dengan metode *candling* yang manual dan melelahkan. Oleh sebab itu pada tugas akhir ini dikembangkan alat pendeteksi umur telur ayam pada sistem pengeraman otomatis.

Metode untuk membedakan telur fertil dengan telur infertil dapat dilakukan dengan mengamati embrio yang ada di dalam telur. Telah dilakukan berbagai penelitian mengenai metode pengamatan embrio telur ini. salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah *image processing* yang dipadukan dengan *Deep Learning* dan *artificial Neural Network* sehingga komputer mampu melakukan proses *candling*. Pada dasarnya alat ini dibuat untuk meniru proses *candling* yang dilakukan oleh manusia. Alat ini bekerja dengan menyinari telur di tempat gelap untuk dapat melihat embrionya. Modul kamera *Raspberry Pi* digunakan untuk mengambil gambar telur sehingga *Raspberry pi* dapat membedakan telur fertil dan infertil. Pada alat ini digunakan metode *Feature Extraction* yaitu *Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)*. Dengan GLCM ini maka dapat diambil karakteristik gambar berupa dissimilarity, correlation, homogeneity, contrast, ASM, energi. Dengan teknik GLCM, dapat diketahui hubungan antara 2 piksel (*neighboring pixels*) berdasarkan intensitas keabuan yang berbeda (*grayscale intensity*), jarak dan sudut. Terdapat 4 sudut yang dapat diamati yaitu sudut 0°, 45°, 90°, 135°. Dengan menggunakan GLCM ini maka gambar dengan pola yang berbeda akan dapat dibedakan.

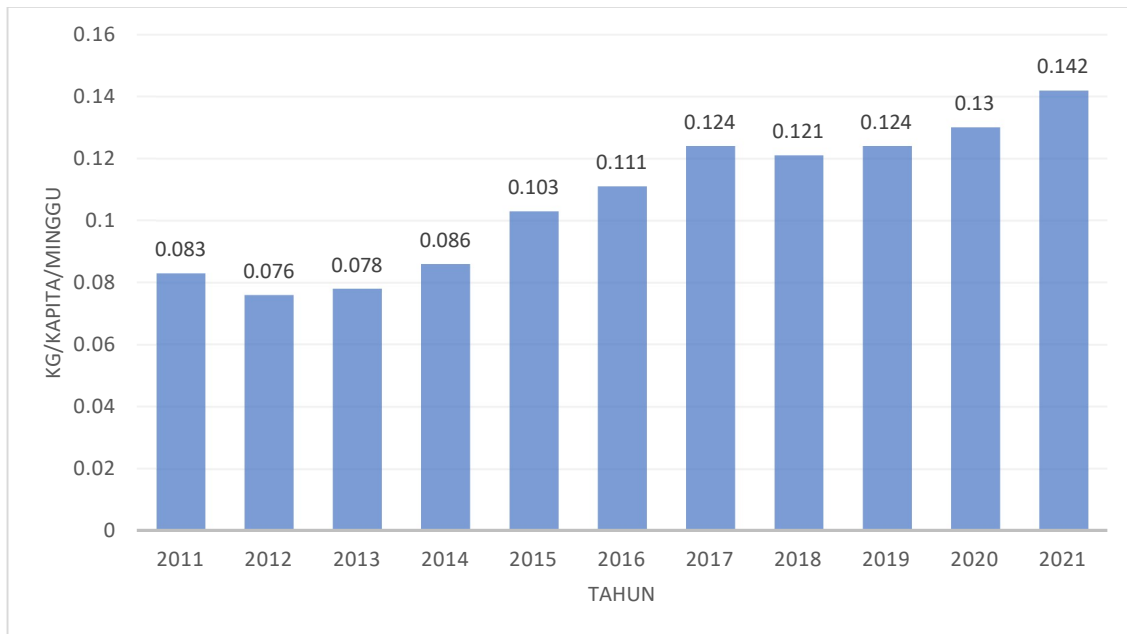
Dengan dikembangkannya alat ini, maka proses produksi benih ayam dengan menggunakan mesin pengeraman otomatis akan menjadi lebih efektif karena telur infertil akan dapat dipisahkan dengan lebih mudah. Yang mana hal tersebut akan dapat membantu memaksimalkan kinerja mesin pengeraman. Dengan kinerja mesin pengeraman yang meningkat, maka produksi benih ayam akan meningkat juga. Benih ayam yang nantinya dibesarkan dan menjadi sumber protein masyarakat Indonesia akan dapat diproduksi dengan stabil.

Hasil alat yang berhasil dibuat dapat memenuhi fungsi dasar yang ditentukan yaitu untuk memprediksi umur dan fertilitas telur ayam. Namun dari pengujian yang dilakukan didapati bahwa sistem ini memiliki akurasi dan presisi yang buruk. Dari akurasi yang ingin dicapai yaitu 80% hanya dapat dicapai 45% saja. Hal tersebut terjadi kegagalan kami dalam mengambil dataset. Yaitu embrio telur yang mati dan gagal menetas dan terdapat cahaya yang bocor ke kamera. Sehingga dataset yang digunakan menjadi kurang ideal. Untuk meningkatkan akurasi tersebut maka perlu didapatkan data set yang lebih ideal.

# BAB 1: Pendahuluan

## 1.1 Latar Belakang

Daging ayam merupakan salah satu sumber protein yang populer bagi masyarakat Indonesia. Sebagai sumber protein, ayam mengandung 22,92% protein pada dagingnya. Rata-rata manusia perlu mengonsumsi 56-66 gram protein setiap harinya [1]. Selain sebagai sumber gizi yang baik daging ayam juga banyak dijumpai di berbagai olahan masakan nusantara. Sehingga tidak heran jika minat konsumsi daging ayam sejak 10 tahun terakhir ini meningkat pesat.



Grafik1.1. Konsumsi Daging Ayam di Indonesia

Menurut laporan badan pusat statistika, pada tahun 2021 konsumsi rata-rata daging ayam meningkat dan mencapai 0,14 kilogram (Kg) per kapita per minggu pada tahun 2021. Angka tersebut meningkat sebesar 7,69% dari tahun sebelumnya sekaligus menjadi rekor tertinggi pada satu dekade terakhir [2]. Untuk mendapatkan produksi daging ayam yang berkualitas dengan harga yang terjangkau, maka suplai bibit ayam harus selalu dalam keadaan stabil. Oleh sebab itu proses penetasan telur ayam adalah hal yang sangat penting. Namun menetas telur ayam merupakan hal yang tidak mudah. Telur ayam yang dibiarkan menetas secara alami hanya memiliki peluang keberhasilan sebesar 50-60% [3]. Oleh sebab itu para peternak menggunakan alat pengeram otomatis yang dapat meningkatkan keberhasilan proses

penetasan telur. Dengan bantuan alat pengeraman otomatis ini, peluang keberhasilan penetasan telur meningkat sampai 87,5% [4].

Meskipun dengan bantuan alat pengeraman telur otomatis masih terdapat masalah yaitu sulitnya membedakan telur fertil yang dapat menetas dan telur infertil yang tidak dapat menetas. Selama ini untuk membedakan kedua jenis telur tersebut digunakan metode manual. Salah satunya adalah metode yang disebut *candling*. Metode *candling* ini dilakukan dengan cara mengamati telur di ruang minim cahaya dan di belakang telur dengan diberikan sumber cahaya berupa lampu atau senter [5]. Kekurangan pada metode ini yaitu diperlukan konsentrasi tinggi untuk melihat terdapatnya sebuah embrio pada tiap-tiap telur. Dengan metode manual dapat terjadi eror pengecekan telur fertil sebesar 21,4% [6]. Sehingga akan terdapat telur infertil di dalam alat penetas telur. Telur infertil tersebut dapat membusuk dan meledak yang akhirnya dapat pada mengontaminasi telur lain [7].

Selain itu dalam proses pengeraman terdapat masalah lain yang terjadi pada telur itu sendiri seperti telur gagal menetas yang menandakan matinya embrio, telur kosong pada hari ke-7, dan kelembaban yang terlalu tinggi menyebabkan embrio mati dengan telur dipenuhi air [8]. Dari beberapa masalah yang berkaitan dengan penetasan telur ayam, maka diperlukan sebuah alat yang dapat mengecek fertilitas telur yang sedang ditetaskan dengan cara lebih praktis, mudah, dan juga efisien.

## **1.2 Rumusan Masalah**

- Bagai mana cara membedakan telur fertil dan infertil
- Bagai mana cara mendapatkan data telur fertil dan infertil

## **1.3 Tujuan**

- Membuat alat yang dapat membedakan telur fertil dan infertil
- Membuat proses pengecekan fertilitas telur menjadi lebih praktis

## **1.4 Batasan Masalah**

1. Telur memiliki dimensi Panjang sekitar 37-65 mm dan lebar sekitar 31-46 mm.
2. Usia pengeraman telur minimal 3 hari dan maksimal 18 hari.

## **1.5 Batasan Realistis Engineering**

1. Alat dapat digunakan dengan mudah oleh orang awam.

2. Alat dapat digunakan meskipun kondisi lingkungan yang terang.
3. Alat dapat memberikan hasil pembacaan yang persisten meskipun digunakan dalam waktu yang lama.
4. Hasil pengecekan dapat diketahui secara *real time*

## BAB 2: Usulan Solusi

### 2.1 Observasi

Mendeteksi fertilitas telur merupakan hal yang sangat krusial bagi industri peternakan ayam. Metode manual yang masih sering dipakai saat ini sudah tidak dapat diandalkan lagi terutama pada industri penetasan telur skala besar. Sampai saat ini telah dilakukan pengembangan alat pendeteksi fertilitas telur dengan memanfaatkan teknologi modern yang ada saat ini.

Salah satu penelitian yang berjudul *“A study regarding the fertility discrimination of eggs by using ultrasound”* memanfaatkan ultrasonografi untuk mengamati perkembangan embrio pada telur ayam. Dengan metode ini dapat dicapai akurasi 96-100% untuk pengecekan fertilitas telur pada telur umur inkubasi 4 hari. Namun ditemukan bahwa gelombang ultrasonik tidak dapat menembus cangkang telur sehingga cangkang perlu dilubangi untuk memasukkan probe sehingga tidak cocok untuk digunakan untuk skala besar [9].

Pada penelitian selanjutnya yang berjudul *“Klasifikasi Citra Telur Fertil dan Infertil Dengan Analisis Tekstur Gray Level CoOccurrence Matrix Dan Support Vector Machine”* digunakan teknologi *computer vision* dengan metode *Support Vector Machine* (SVM) untuk mendeteksi fertilitas telur yang dengan umur inkubasi 6 hari. Hasilnya metode SVM ini dapat mencapai akurasi sebesar 93,2% dengan menggunakan kernel Polinomial [10]. Pada penelitian ini alat yang dibuat masih belum berupa sistem yang utuh. Proses pengambilan foto dan pemrosesan dilakukan secara terpisah.

Berikutnya penelitian yang berjudul *“Sistem Klasifikasi Telur Ayam Fertil dan Infertil Menggunakan Fitur Tekstur Dan Metode K-Nearest Neighbor Berbasis Raspberry”* dilakukan deteksi fertilitas telur dengan teknologi *computer vision* berbasis Raspberry pi. Pada penelitian ini digunakan metode *K-Nearest Neighbor* (KNN) untuk mengklasifikasi telur fertil dan telur infertil. Hasilnya metode KNN ini dapat membedakan telur fertil dan telur infertil dengan keakuratan 93,3% [5]. Namun alat yang dikembangkan di sini memiliki ukuran yang cukup besar meskipun hanya dapat memproses 1 telur dalam 1 waktu.

Selain mendeteksi fertilitas telur dengan akurat penelitian juga dilakukan untuk mendeteksi fertilitas telur dengan lebih cepat seperti yang dilakukan pada penelitian yang berjudul *“Non-destructive Fertility Detection of Multiple Chicken Eggs Using Image Processing and Convolutional Neural Network”*. Pada penelitian ini pendeteksian fertilitas telur dilakukan pada 48 secara bersamaan. Pada penelitian ini berhasil dilakukan pendeteksian

lokasi dan fertilitas telur dengan akurasi 100% untuk telur pada umur inkubasi 7-9 hari [11]. Kinerja dari alat yang dibuat sangat baik namun alat ini memerlukan tenaga komputasi yang cukup tinggi.

Pada tugas ini dilakukan penambahan fitur pada alat pendeteksi fertilitas telur yaitu dengan menambahkan kapasitas telur yang dapat dicek dalam satu waktu. Hal tersebut kami lakukan karena kamera saat ini telah memiliki kemampuan untuk mengambil gambar dengan resolusi tinggi dan detail yang baik. Kami mencoba untuk memaksimalkan ruang yang ada pada kamera sehingga alat dapat membantu mempercepat proses pengecekan fertilitas telur menjadi 2 telur sekaligus.

## 2.2 Spesifikasi Sistem

Untuk membuat sistem yang dapat mencapai tujuan yang diinginkan, maka perlu ditentukan terlebih dahulu spesifikasi sistem yang ingin dibuat. Dengan membuat spesifikasi sistem yang akan dibuat ini, maka pihak lain seperti *stakeholders* dari proyek ini akan dapat mengetahui gambaran alat yang akan dibuat serta dapat memastikan bahwa alat yang jadi nantinya akan sesuai dengan kebutuhan mereka. Berikut ini adalah desain sistem dari alat yang akan dibuat.

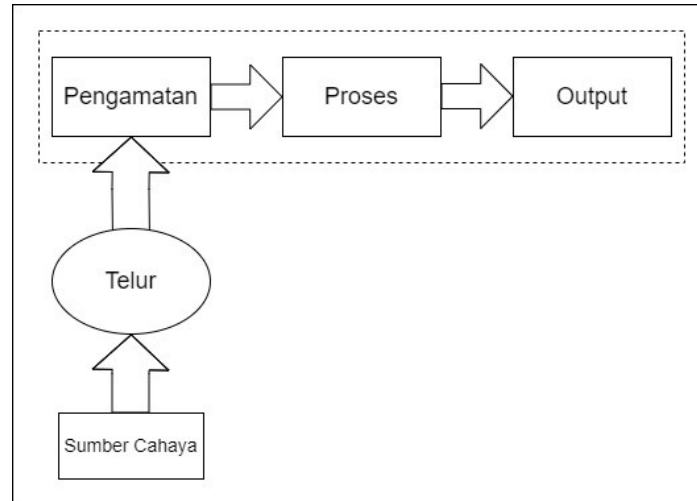
- Dimensi alat yang dibuat adalah panjang 25 cm, lebar 25 cm dan tinggi 35 cm.
- Sistem dilengkapi kamera 5MP dengan resolusi  $2592 \times 1944$  piksel
- Sistem yang dibuat dapat melakukan pengecekan 2 telur sekaligus dalam satu waktu
- Sistem dapat mendeteksi fertilitas dan umur telur ayam mulai dari 4 – 18 hari
- Sistem dapat mendeteksi fertilitas dengan akurasi diatas 80% untuk semua umur
- Umur yang dideteksi memiliki ketelitian per 3 hari. Yaitu hari ke 4 – 6, 7 – 9, 10 – 12, 13 – 15 dan 16 – 18
- Alat dapat digunakan tanpa terpengaruh kondisi pencahayaan di sekitarnya
- Sistem dapat bekerja pada sumber tegangan 220 Volt AC dengan frekuensi 50 Hz

## 2.3 Usulan-usulan Desain Sistem

Untuk dapat mengetahui fertilitas telur, selama ini digunakan metode manual yang disebut *candling*. Pada metode *candling* ini, telur diletakkan diatas sumber cahaya dan kemudian seseorang akan lihat dan mengamati embrio telur yang terlihat. Dari hasil pengamatan tersebut, kemudian dapat ditentukan bahwa telur tersebut fertil atau tidak. Dan untuk mengetahui umur telur tersebut, dapat dilakukan dengan melihat ukuran embrio yang telah berada pada telur. Pada *capstone design* “Deteksi Umur Telur Ayam Pada Sistem

Pengeraman Otomatis” akan dibuat alat yang dapat melakukan proses *candling* pada telur secara otomatis.

Proses *candling* pada telur yang dilakukan secara manual dapat dipecah menjadi beberapa bagian seperti pada diagram berikut.



Gambar 2.1. Diagram proses *candling*

Dari Gambar 2.1 diatas terdapat diketahui bahwa terdapat 4 bagian utama pada proses *candling* telur yaitu sumber cahaya, pengamatan, proses dan *output*. Sumber cahaya pada proses *candling*, berperan untuk memberikan cahaya yang dapat menembus cangkang telur dan dapat membuat embrio di dalam telur dapat diamati. Pengamatan pada proses *candling* manual dilakukan oleh mata sang pengamat yang melakukan proses *candling* tersebut. Dari pengamatan kemudian akan dilakukan proses dengan membandingkan hasil pengamatan dengan pengetahuan yang dimiliki oleh sang pengamat untuk mengambil keputusan apakah telur yang diamati memenuhi kriteria fertil atau infertil. *Output* merupakan aksi yang dihasilkan oleh sang pengamat berdasarkan hasil keputusan yang diambil dari proses perbandingan yang dilakukan misalnya telur fertil akan disimpan dan telur infertil dibuang.

Dari bagian-bagian diagram diatas, maka dapat ditentukan kebutuhan untuk membangun sistem “Deteksi Umur Telur Ayam Pada Sistem Pengeraman Otomatis”.

Tabel 2.1. Pilihan solusi yang ada untuk memenuhi kebutuhan sistem

Kebutuhann	Solusi yang tersedia	Kelebihan	Kekurangan
Sumber cahaya	Lampu Incandescent	- Harga murah	- Menghasilkan panas - Cahaya tidak putih - Boros energi
	Lampu Fluorescent	- Harga murah	- Boros energi
	Lampu LED	- Hemat energi	- Harga lebih mahal
Pengamatan	Kamera webcam	- Memiliki antarmuka USB yang mendukung banyak perangkat	- Terlalu banyak Variasi dan pilihan - Memiliki casing dan aksesoris yang tidak diperlukan
	Modul kamera CSI	- Spesifikasi jelas - Tidak ada bagian yang terbuang	- Hanya mendukung antarmuka CSI
Proses	Mini PC berbasis <i>x86</i>	- Kemampuan komputasi tinggi	- Tidak memiliki GPIO - Tidak mendukung CSI - Daya cukup tinggi
	<i>Single Board Computer</i> berbasis <i>ARM</i>	- Mendukung antarmuka CSI, USB dan HDMI - Memiliki GPIO - Daya lebih kecil	- Kemampuan komputasi lebih terbatas
	<i>Cloud Computing</i>	- Dapat mengurangi biaya hardware	- Harus berlangganan ke pihak ketiga - Pengguna akan perlu biaya layanan tambahan
Output	Monitor HDMI	- Ukuran besar	- Perlu membuat user interface yang sesuai - Harga lebih mahal - Banyak ruang yang terbuang karena informasi tidak terlalu banyak
	<i>LCD</i> 16×2 piksel	- Harga murah	- Ukuran terlalu kecil - Informasi hanya berupa teks dan simbol
	<i>LCD OLED</i> 128×64 piksel	- Harga murah - Memiliki ukuran yang cukup	- Informasi hanya berupa teks dan simbol

Dari Tabel 2.1 diatas maka dapat diketahui solusi apa saja yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan sistem. Dari daftar diatas maka dapat mulai dilakukan pembuatan desain alat yang ingin dibuat.

- **Desain Sistem 1**

Pada desain pertama ini berfokus untuk membangun sistem yang dapat digunakan oleh pengguna untuk mengecek fertilitas dan umur telur ayam dengan praktis dan efektif. Selain itu

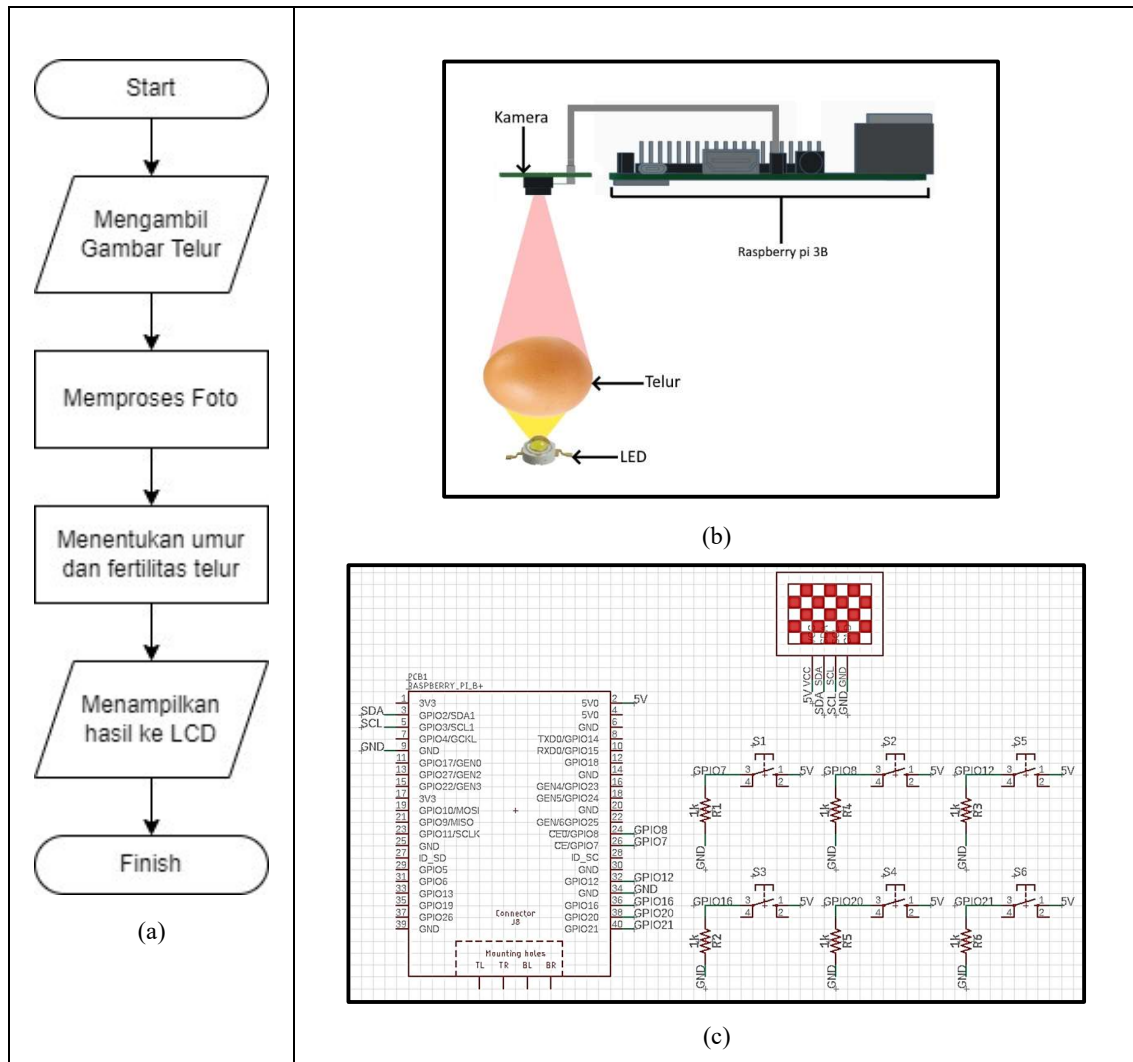


alat juga harus dapat digunakan dengan mudah oleh pengguna. Sehingga pada akhirnya dapat membantu meningkatkan keuntungan peternak ayam.

Tabel 2.2. Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras desain 1

No	Nama Alat	Keterangan
1	<i>Raspberry pi camera</i>	<i>Raspberry pi camera</i> dipilih karena modul kamera ini telah didukung oleh <i>Single Board Computer Raspberry pi</i> . Kamera ini memiliki resolusi 5 MP dan dapat mengambil gambar hingga $2592 \times 1944$ piksel
2	<i>Raspberry pi 3B</i>	<i>Raspberry pi 3</i> merupakan suatu <i>Single Board Computer</i> yang ditenagai oleh CPU 64 bit Broadcom BCM2837 Quad Core 1,2 GHz, RAM 1 GB dan sudah dilengkapi oleh port CSI yang dapat digunakan untuk modul kamera. Selain itu <i>Raspberry pi</i> ini juga memiliki pin GPIO yang dapat digunakan sebagai media untuk menjadi media input dan output sistem.
3	<i>LED</i>	<i>LED</i> digunakan sebagai sumber cahaya yang akan menerangi telur dan membuat embrio di dalamnya dapat diamati dari kamera. <i>LED</i> yang digunakan memiliki daya 1 Watt.
4	<i>LCD OLED 128×64 piksel</i>	<i>LCD OLED</i> merupakan sebuah perangkat display yang dapat menampilkan informasi dalam bentuk tulisan dan simbol. <i>LDC OLED</i> ini memiliki ukuran $128 \times 64$ piksel dengan 1 warna. <i>LCD OLED</i> ini berkomunikasi dengan protokol I <sup>2</sup> C yang tentunya juga didukung oleh <i>Raspberry pi</i> .
5	<i>Push buutton</i>	<i>Push button</i> merupakan perangkat input yang diaktifkan dengan cara menekannya. <i>Push button</i> ini akan terhubung ke pin GPIO <i>Raspberry pi</i> dan bekerja sebagai media input dari pengguna sehingga pengguna dapat berinteraksi dengan sistem.
6	<i>Power supply</i>	<i>Power supply</i> merupakan komponen yang memasok daya ke sistem. <i>Power supply</i> akan mengubah arus AC menjadi arus DC dan juga melakukan step down tegangan dari 220 Volt menjadi 5 Volt yang dapat digunakan oleh sistem.

Hasil desain sistem 1 berdasarkan Tabel 2.2 akan menghasilkan alat yang dapat melakukan pengecekan fertilitas dan umur telur ayam dengan otomatis. Seluruh proses analisis juga dilakukan pada alat itu sendiri dan tidak memerlukan sistem tambahan untuk dapat bekerja.

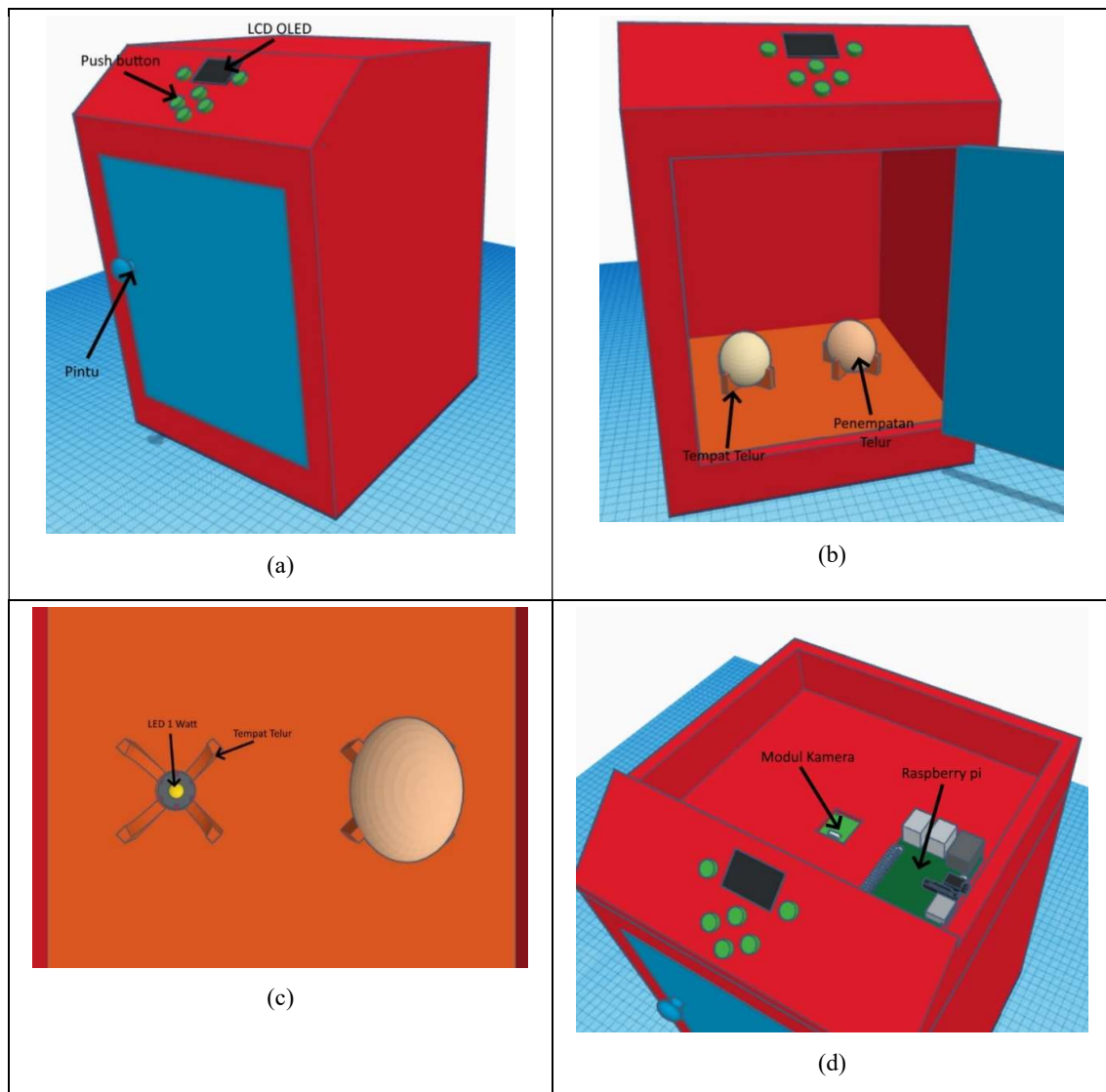


Gambar 2.2. Ilustrasi rancangan usulan 1 secara umum. (a) cara kerja sistem. (b) gambaran kerja sistem. (c) desain elektronik user interface sistem.

Pada Gambar 2.2 diatas ditampilkan diagram alir cara kerja sistem. Proses pengambilan gambar telur akan dilakukan oleh kamera, pada bagian memproses foto sampai menentukan umur dan fertilitas telur akan dilakukan pada *Raspberry Pi 3B*, dan akhirnya untuk menampilkan hasil akan digunakan LCD OLED dengan keluaran berupa teks. Selain itu juga terdapat diagram cara kerja sistem dan diagram elektronik untuk user interface sistem.

Untuk dapat bekerja secara maksimal, sistem ini perlu menghalau masuknya cahaya dari luar ke dalam sistem. Oleh sebab itu dibuatlah desain wadah yang dapat menampung keseluruhan sistem dan juga menghalau cahaya untuk masuk ke sistem. Desain wadah ini dibuat di *Tinkercad* berdasarkan ukuran spesifikasi yang sudah ditetapkan. Wadah dapat menampung seluruh komponen yang digunakan sistem dan menampung 2 telur sekaligus

dalam sekali penggunaan. Bagian dalam sistem dapat diakses melalui pintu yang ditempatkan di bagian depan. Pada Gambar 2.3 berikut adalah desain 3D dari wadah.



Gambar 2.3. Ilustrasi desain 3D usulan 1. (a) Desain bagian luar. (b) Desain bagian dalam. (c) Desain penempatan komponen bagian bawah. (d) Desain penempatan komponen bagian atas.

Desain dibuat berdasarkan spesifikasi yang ditentukan sebelumnya, alat yang dibuat memiliki dimensi panjang 25 cm, lebar 25 cm dan tinggi 35 cm. Alat memiliki pintu untuk mengakses bagian dalam alat. Pada bagian atas terdapat LCD OLED yang menampilkan hasil keluaran dari pengamatan telur. Selain itu juga terdapat beberapa *push button* yang digunakan pengguna untuk berinteraksi dengan sistem. Bagian dalam alat dapat menampung 2 telur sekaligus. Ketika pintu ditutup, maka cahaya dari luar tidak dapat masuk. Di bagian bawah telur terpasang LED 1 Watt sebagai sumber cahaya. Kamera terpasang pada bagian atas

menghadap ke telur untuk mengambil gambar telur. Di bagian atas juga terdapat *Raspberry pi* yang menjadi pusat komputasi utama sistem.

Desain yang telah dibuat ini telah memenuhi batasan masalah dan batasan realistis yang telah ditentukan sebelumnya seperti yang ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 2.3. Analisis kriteria desain 1

Kriteria Desain Alat	Memenuhi
Dapat menampung telur dengan dimensi Panjang 37 - 65 mm dan lebar 31 - 46 mm	✓
Telur memiliki usia minimal 4 – 18 hari	✓
Kondisi telur dalam keadaan baik	✓
Alat mudah digunakan oleh orang awam	✓
Alat dapat digunakan meskipun kondisi lingkungan terang	✓
Alat dapat persisten untuk jangka waktu lama	✓
Hasil dapat diketahui real time	✓

Pada Tabel 2.3 diatas terlihat bahwa desain 1 telah memenuhi kriteria yang telah ditentukan sebelumnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa desain 1 ini dapat digunakan untuk mencapai tujuan dari tugas akhir ini. namun untuk hal tersebut perlu dilakukan kajian lebih lanjut dengan membandingkannya dengan desain lain.

o **Standar Keamanan Desain 1**

Pada desain 1 ini dibuat berdasarkan standar keamanan sehingga dapat menjamin keamanan baik pada proses produksi, distribusi, dan penggunaan. Standar yang akan menjadi acuan adalah standar keamanan K3 listrik dan standar SNI 04-6253-2003 yang diperlakukan untuk peralatan elektronik audio video dan sejenisnya.

Standar SNI 04-6253-2003 digunakan karena sistem yang dibuat merupakan peralatan elektronik yang disuplai dari sumber utama dan ditunjukkan untuk menerima dan merekam sinyal video. Standar ini berfokus untuk aspek keselamatan bagi peralatan dan penggunaannya. Sehingga alat yang dibuat harus aman ketika didistribusikan dan digunakan. untuk memenuhi hal tersebut alat dibuat sehingga seluruh komponennya terlindung di dalam wadah yang dibuat dan seluruh komponen terpasang dengan kuat sehingga tidak mudah lepas. Selain itu dengan menempatkan komponen di dalam wadah dapat melindungi pengguna dari kejut listrik.

Pada desain alat digunakan *Raspberry Pi* yang memerlukan arus hingga 3 Ampere. Selain itu terdapat juga 2 buah *High Power LED* yang dapat menarik arus hingga 700 mA. Untuk itu maka ukuran kabel yang digunakan harus diperhatikan untuk memastikan bahwa kabel dapat menghantarkan daya dengan baik. Sesuai standar SNI 04-6253-2003 maka diperlukan kabel dengan luas penampang 0.75 mm<sup>2</sup>.

### Rencana Anggaran Desain 1

Pada Tabel 2.4 di bawah adalah rencana anggaran untuk desain 1. Dari rencana anggaran yang digunakan untuk membuat sistem desain 1 ini terlihat bahwa pembuatan alat akan memerlukan biaya sebesar 1,939,300 rupiah. Biaya terbesar digunakan untuk membeli *Raspberry pi 3B* dengan harga 1,200,000 rupiah

Tabel 2.4 Rencana anggaran pengembangan sistem desain 1.

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga Satuan	Jumlah	Total Harga
1	<i>Raspberry pi 3B</i>	Pcs	Rp 1,200,000.00	1	Rp 1,200,000.00
2	<i>Raspberry pi Camera</i>	Pcs	Rp 78,000.00	1	Rp 78,000.00
3	<i>LED 1 Watt</i>	Pcs	Rp 1,000.00	2	Rp 2,000.00
4	<i>Head sink LED</i>	pcs	Rp 400.00	2	Rp 800.00
5	<i>LCD OLED</i>	Pcs	Rp 70,000.00	1	Rp 70,000.00
6	<i>Push Button</i>	Pcs	Rp 700.00	6	Rp 4,200.00
7	<i>Push Button Cap</i>	Pcs	Rp 300.00	6	Rp 1,800.00
8	<i>Power supply</i>	Pcs	Rp 120,000.00	1	Rp 120,000.00
9	Kabel	Meter	Rp 2,500.00	5	Rp 12,500.00
10	Peralatan Solder	Paket	Rp 150,000.00	1	Rp 150,000.00
11	Pembuatan Wadah	Pcs	Rp 300,000.00	1	Rp 300,000.00
Total				27	Rp 1,939,300.00

#### o Analisis Risiko Desain 1

Pada desain 1 tenaga komputasi berpusat pada *Raspberry Pi 3* yang digunakan. Jika terdapat masalah pada sistem *Raspberry Pi*, maka keseluruhan sistem akan mengalami masalah juga. Kualitas gambar yang diambil sistem juga akan mempengaruhi hasil analisis yang dihasilkan. Jika hasil pengambilan gambar memiliki kualitas yang buruk, maka hasil analisis akan kurang baik. Sistem komputasi yang diperlukan untuk alat ini juga cukup berat sehingga memerlukan *single board computer* seperti *Raspberry Pi*. Hal tersebut membuat biaya alat menjadi cukup mahal.

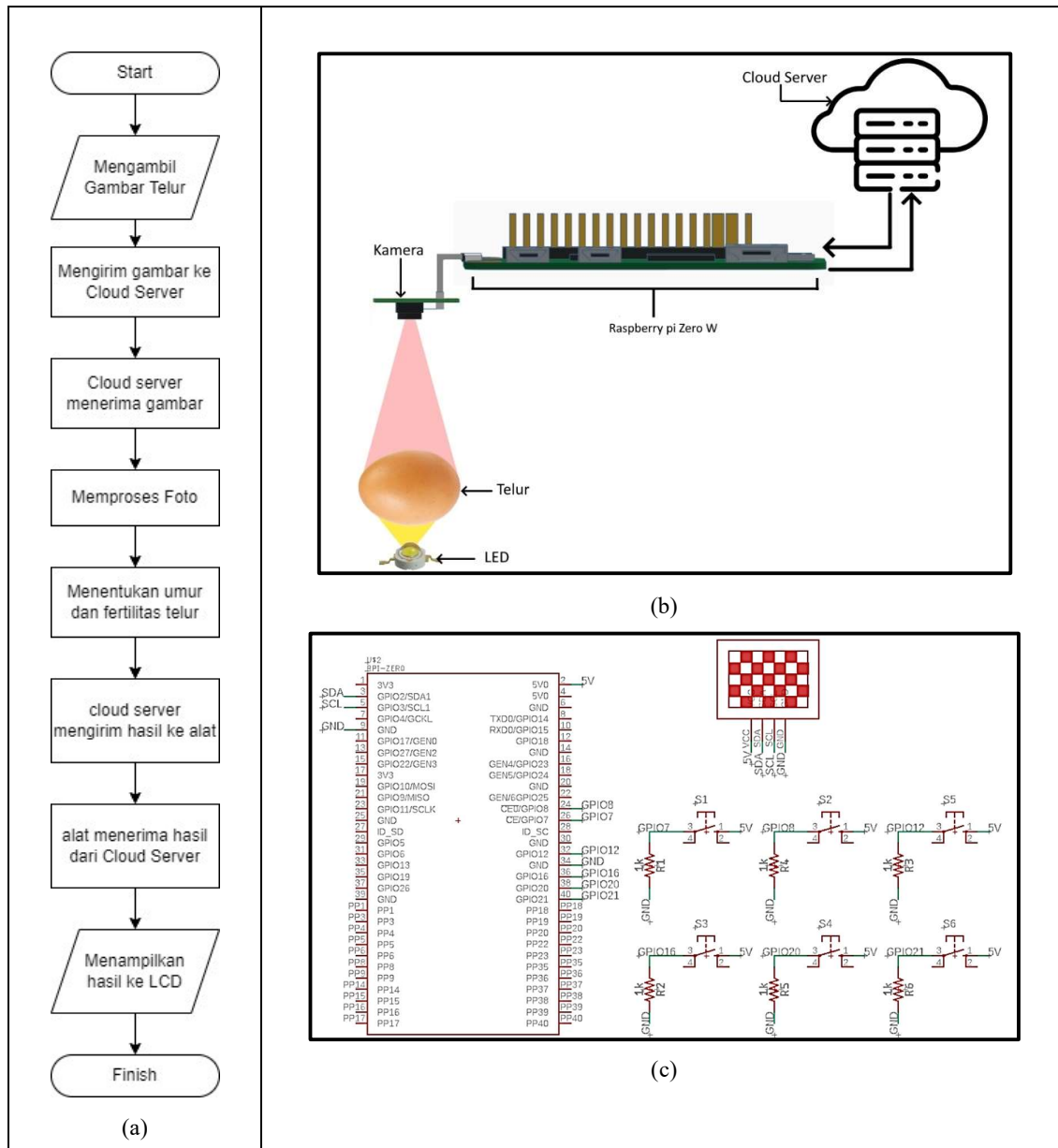
#### • Desain Sistem 2

Pada desain 2 difokuskan untuk membuat sistem yang dapat menjalankan seluruh fungsi yang diinginkan namun dapat dibangun dengan biaya yang lebih murah. Hal tersebut dicapai dengan memindahkan pemrosesan gambar dari alat ke *cloud*. Dengan memanfaatkan *cloud computing*, maka sistem tidak memerlukan komputasi yang tinggi seperti *Raspberry pi 3*. Sehingga sistem dapat dibuat dengan menggunakan *Raspberry Pi Zero W* yang memiliki harga lebih murah.

Tabel 2.5. Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras desain 2

No	Nama Alat	Keterangan
1	<i>Raspberry pi camera</i>	<i>Raspberry pi camera</i> dipilih karena modul kamera ini telah didukung oleh <i>Single Board Computer Raspberry pi</i> . Kamera ini memiliki resolusi 5 MP dan dapat mengambil gambar hingga $2592 \times 1944$ piksel
2	<i>Raspberry pi Zero W</i>	<i>Raspberry pi Zero W</i> merupakan salah satu jenis <i>Single Board Computer</i> yang ditenagai oleh CPU Broadcom BCM2835 Single Core 1 GHz, RAM 512 GB sehingga memiliki kemampuan komputasi yang tidak terlalu tinggi. <i>Raspberry pi Zero W</i> dilengkapi oleh port CSI yang dapat digunakan untuk modul kamera. Selain itu <i>Raspberry pi</i> ini juga memiliki pin GPIO yang dapat digunakan sebagai media untuk menjadi media input dan output sistem.
3	<i>Cloud Server</i>	<i>Cloud Server</i> merupakan server yang beroperasi di <i>Cloud</i> dan dapat diakses melalui Internet. Dengan <i>Cloud server</i> ini maka perangkat dapat memanfaatkan <i>cloud computing</i> untuk menganalisis fertilitas dan umur telur.
4	<i>LED</i>	<i>LED</i> digunakan sebagai sumber cahaya yang akan menerangi telur dan membuat embrio di dalamnya dapat diamati dari kamera. <i>LED</i> yang digunakan memiliki daya 1 Watt.
5	<i>LCD OLED</i>	<i>LCD OLED</i> merupakan sebuah perangkat display yang dapat menampilkan informasi dalam bentuk tulisan dan simbol. <i>LDC OLED</i> ini memiliki ukuran $128 \times 64$ piksel dengan 1 warna. <i>LCD OLED</i> ini berkomunikasi dengan protokol I <sup>2</sup> C yang tentunya juga didukung oleh <i>Raspberry pi</i> .
6	<i>Push buutton</i>	<i>Push button</i> merupakan perangkat input yang diaktifkan dengan cara menekannya. <i>Push button</i> ini akan terhubung ke pin GPIO <i>Raspberry pi</i> dan bekerja sebagai media input dari pengguna sehingga pengguna dapat berinteraksi dengan sistem.
7	<i>Power supply</i>	<i>Power supply</i> merupakan komponen yang memasok daya ke sistem. <i>Power supply</i> akan mengubah arus AC menjadi arus DC dan juga melakukan step down tegangan dari 220 Volt menjadi 5 Volt yang dapat digunakan oleh komponen yang ada pada sistem.

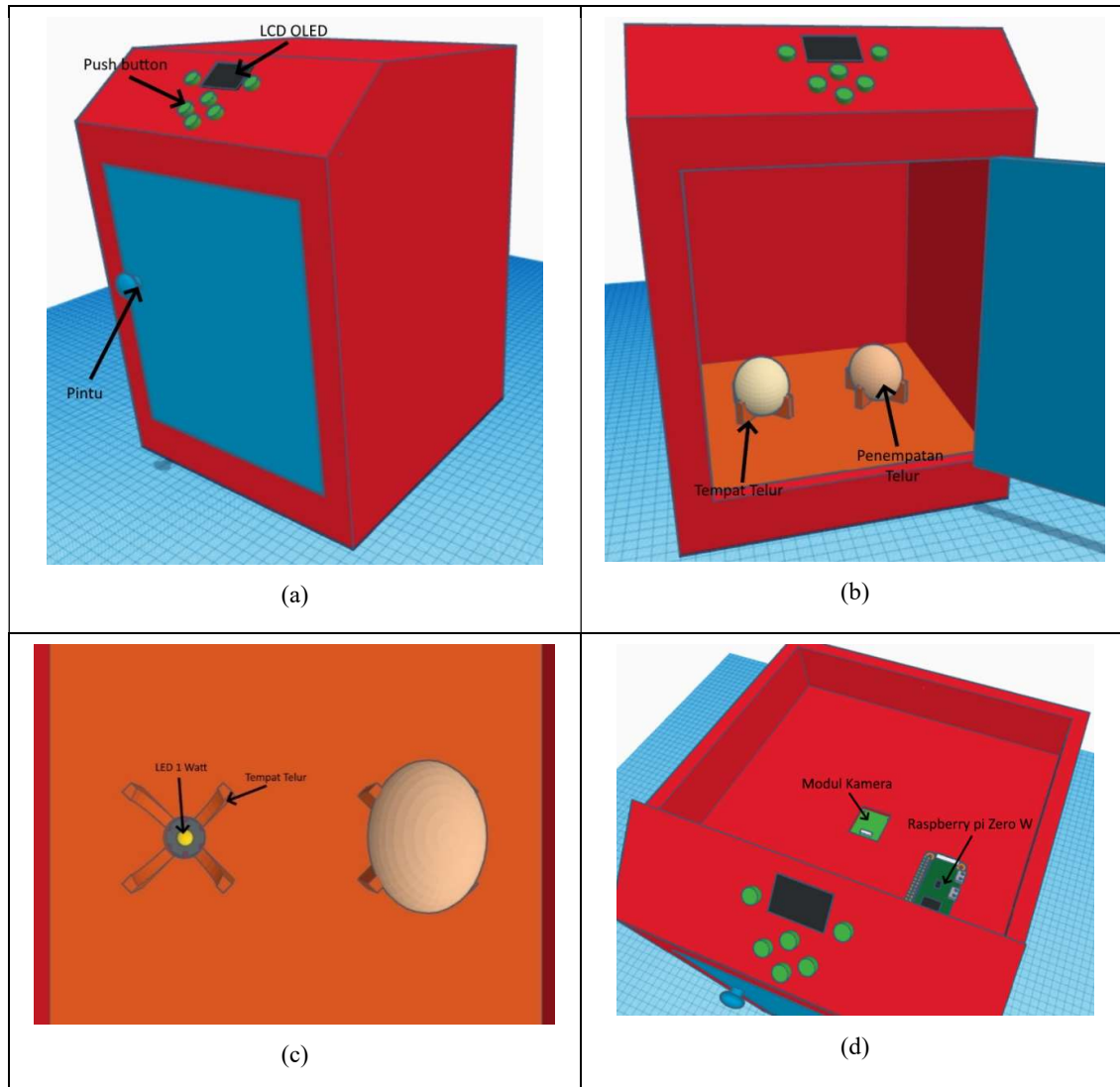
Berdasarkan Tabel 2.5, hasil desain sistem 2 ini akan membuat alat memiliki biaya *hardware* yang lebih rendah dari desain 1 karena menggunakan *Rasppberry Pi Zero*. Hal tersebut terjadi karena alat tidak perlu untuk melakukan pemrosesan gambar untuk menentukan fertilitas dan umur telur secara mandiri. Alat akan terhubung ke *cloud server* dan mengirimkan gambar telur ke *cloud server* tersebut untuk dianalisis. Hal tersebut membuat harga alat menjadi lebih murah dari desain 1. Namun pengguna akan perlu berlangganan untuk dapat menggunakan alat tersebut.



Gambar 2.4. Ilustrasi rancangan usulan 2 secara umum. (a) cara kerja sistem. (b) gambaran kerja sistem. (c) desain elektronik user interface sistem.

Pada Gambar 2.4 diatas ditampilkan diagram alir cara kerja sistem desain 2 ini. Pengambilan gambar telur tetap dilakukan oleh kamera, kemudian gambar dikirim ke *cloud server* melalui internet. Pada *cloud server* ini dilakukan pemrosesan foto sampai menentukan umur dan fertilitas telur. Hasil dari analisis tersebut kemudian dikirim lagi ke alat untuk ditampilkan ke pengguna melalui LCD. Selain itu pada gambar kerja sistem dapat dilihat bahwa sistem tidak dapat bekerja sendiri sehingga memerlukan bantuan *cloud server* untuk melakukan analisa umur dan fertilitas telur.

Sistem ini kemudian ditempatkan pada wadah yang dapat menghalau cahaya dari luar sehingga pengamatan pada telur dapat dilakukan dengan lebih baik. Wadah dibuat sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan dan menyediakan tempat untuk komponen-komponen yang digunakan pada sistem.



Gambar 2.5. Ilustrasi desain 3D usulan 2. (a) Desain bagian luar. (b) Desain bagian dalam. (c) Desain penempatan komponen bagian bawah. (d) Desain penempatan komponen bagian atas.

Hasil desain alat pada Gambar 2.5 yang dibuat memiliki ukuran panjang 25 cm, lebar 25 cm dan tinggi 35 cm. Pada bagian depan terdapat pintu untuk mengakses bagian dalam alat yaitu tempat untuk meletakkan telur. Pada bagian atas terdapat layar *LCD OLED* yang akan menampilkan hasil analisis telur dan juga beberapa *push button* sebagai media *input* dari pengguna. Pada bagian dalam alat dapat menampung 2 telur sekaligus untuk di lakukan pengecekan fertilitas dan umunya. Pada bagian bawah telur terdapat LED 1 watt yang akan



memberikan cahaya ke telur untuk membuat bayangan embrio dapat terlihat kamera yang ada di atasnya. Pada bagian atas alat terdapat modul kamera dan *Raspberry pi Zero W* yang akan mengambil gambar telur dan mengirimkannya ke *cloud server*.

Desain 2 ini juga perlu sesuai dengan batasan masalah dan batasan realistis yang telah ditentukan sebelumnya.

Tabel 2.6. Analisis kriteria desain 2

Kriteria Desain Alat	Memenuhi
Dapat menampung telur dengan dimensi Panjang 37 - 65 mm dan lebar 31 - 46 mm	✓
Telur memiliki usia minimal 4 – 18 hari	✓
Kondisi telur dalam keadaan baik	✓
Alat mudah digunakan oleh orang awam	✓
Alat dapat digunakan meskipun kondisi lingkungan terang	✓
Alat dapat persisten untuk jangka waktu lama	✓
Hasil dapat diketahui real time	✓

Dari tabel diatas terlihat bahwa desain 2 ini juga telah memenuhi kriteria yang telah ditentukan sebelumnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa desain 2 ini dapat digunakan untuk mencapai tujuan dari Tugas akhir ini. Namun untuk itu akan dilakukan kajian lebih lanjut dengan membandingkannya dengan desain lain.

o **Standar Keamanan Desain 2**

Pada desain 2 ini digunakan standar keamanan K3 listrik dan standar SNI 04-6253-2003 yang diperlakukan untuk peralatan elektronik audio video dan sejenisnya. Dengan standar keamanan tersebut, maka dapat menjamin keamanan baik pada proses produksi, distribusi, dan penggunaan.

Standar SNI 04-6253-2003 digunakan dengan alasan yang masih sama seperti pada desain 1. Namun pada desain 2 ini terdapat perbedaan yaitu digunakan *Raspberry pi Zero* yang memerlukan arus lebih kecil yaitu hana sekitar 300 mA. Pada desain ini juga terdapat 2 buah *High Power LED* yang dapat menarik arus hingga 700 mA. Untuk itu maka ukuran kabel yang digunakan harus diperhatikan untuk memastikan bahwa kabel dapat menghantarkan daya dengan baik. Sesuai standar SNI 04-6253-2003 maka diperlukan kabel dengan luas penampang 0.5 mm<sup>2</sup>.

○ **Rencana Anggaran Desain 2**

Pada tabel 2.7 di bawah adalah rencana anggaran untuk desain 2. Pada rencana anggaran desain sistem 2 ini didapati total biaya sebesar 1,909,300 rupiah. Tidak berbeda jauh dari desain 1 namun jika hanya dihitung biaya *hardware* saja, maka hanya akan diperlukan biaya sebesar 1,309,300 rupiah saja karena 600,000 rupiah digunakan untuk sewa server dan 1 server dapat digunakan oleh beberapa pengguna sekaligus.

Tabel 2.7. Rencana anggaran pengembangan sistem desain 2

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga Satuan	Jumlah	Total Harga
1	<i>Raspberry pi Zero W</i>	Pcs	Rp 570,000.00	1	Rp 570,000.00
2	<i>Raspberry pi Camera</i>	Pcs	Rp 78,000.00	1	Rp 78,000.00
3	Sewa Server	Bulan	Rp 600,000.00	1	Rp 600,000.00
4	<i>LED 1 Watt</i>	Pcs	Rp 1,000.00	2	Rp 2,000.00
5	<i>Head sink LED</i>	pcs	Rp 400.00	2	Rp 800.00
6	<i>LCD OLED</i>	Pcs	Rp 70,000.00	1	Rp 70,000.00
7	<i>Push Button</i>	Pcs	Rp 700.00	6	Rp 4,200.00
8	<i>Push Button Cap</i>	Pcs	Rp 300.00	6	Rp 1,800.00
9	<i>Power supply</i>	Pcs	Rp 120,000.00	1	Rp 120,000.00
10	Kabel	Meter	Rp 2,500.00	5	Rp 12,500.00
11	Peralatan Solder	Paket	Rp 150,000.00	1	Rp 150,000.00
12	Pembuatan Wadah	Pcs	Rp 300,000.00	1	Rp 300,000.00
Total				27	Rp 1,909,300.00

○ **Analisis Risiko Desain 2**

Pada desain 2 ini alat hanya berfungsi untuk melakukan pengambilan gambar embrio telur dan kemudian mengirimkannya ke *cloud server*. Proses analisis fertilitas dan umur telur dilakukan di *cloud server*. Hal tersebut membuat biaya produksi alat menjadi lebih murah karena tidak perlu menggunakan perangkat dengan kemampuan komputasi tinggi. Namun terdapat biaya tambahan untuk *cloud server* yang digunakan. Sehingga pengguna akan perlu diberikan biaya tambahan untuk berlangganan selama menggunakan alat untuk menggantikan biaya yang dipakai pada *cloud server*. Selain itu, perangkat ini akan perlu koneksi internet yang stabil ketika digunakan yang tentu saja menambah biaya operasi alat pada sisi pengguna.

● **Desain Sistem 3**

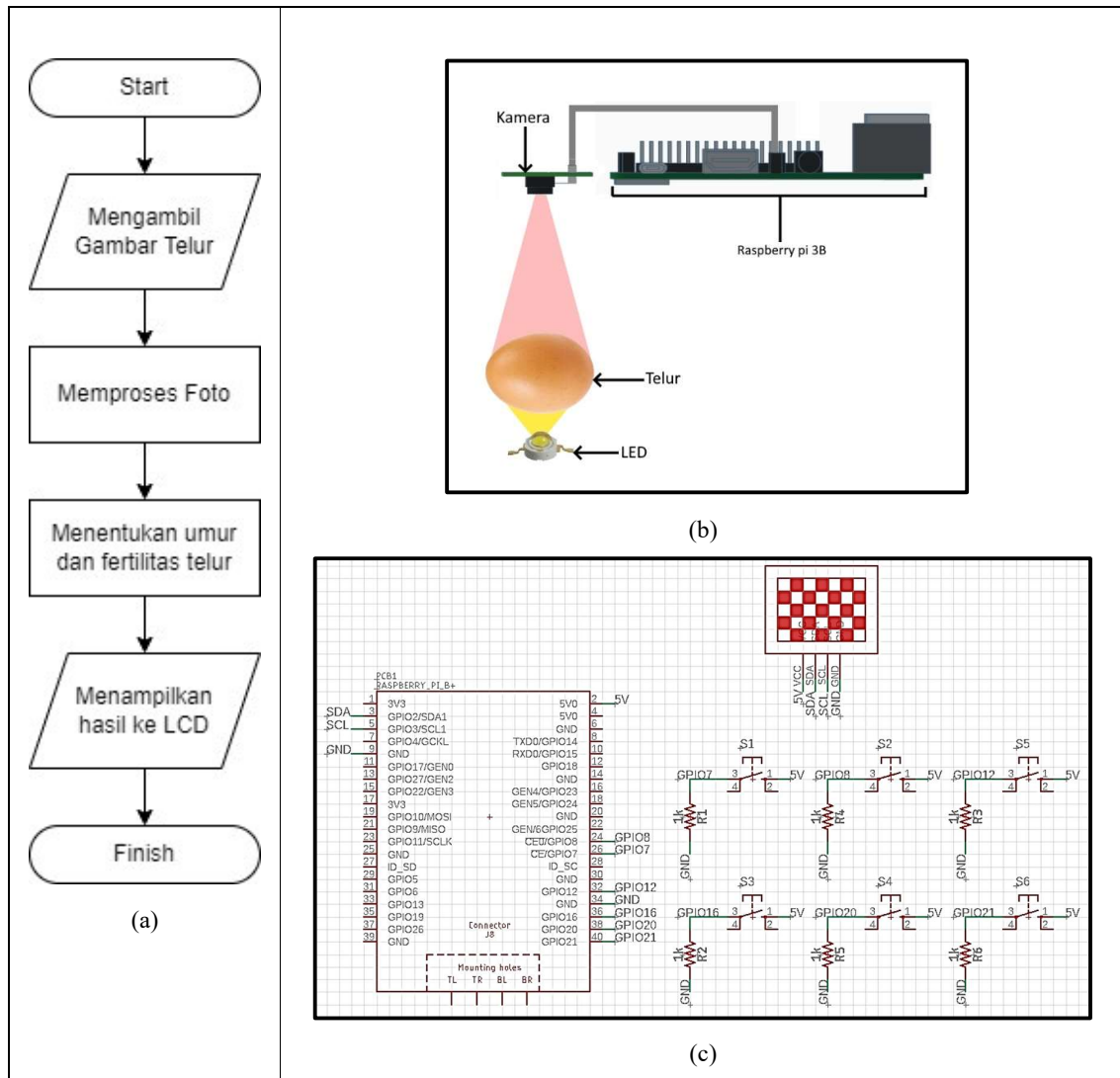
Pada desain 3 dibuat desain alat dengan metode pengambilan gambar dari samping. Pada desain ke 3 ini, alat akan memiliki dimensi yang berbeda dari desain 1 dan 2 serta pengambilan gambar telur juga dilakukan secara berbeda yaitu dari samping. Namun untuk sistem kerja secara umumnya masih sama seperti desain 1.

Tabel 2.8. Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras desain 3.

No	Nama Alat	Keterangan
1	<i>Raspberry pi camera</i>	<i>Raspberry pi camera</i> dipilih karena modul kamera ini telah didukung oleh <i>Single Board Computer Raspberry pi</i> . Kamera ini memiliki resolusi 5 MP dan dapat mengambil gambar hingga $2592 \times 1944$ piksel
2	<i>Raspberry pi 3B</i>	<i>Raspberry pi 3</i> merupakan suatu <i>Single Board Computer</i> yang ditenagai oleh CPU 64 bit Broadcom BCM2837 Quad Core 1,2 GHz, RAM 1 GB dan sudah dilengkapi oleh port CSI yang dapat digunakan untuk modul kamera. Selain itu <i>Raspberry pi</i> ini juga memiliki pin GPIO yang dapat digunakan sebagai media untuk menjadi media input dan output sistem.
3	<i>LED</i>	<i>LED</i> digunakan sebagai sumber cahaya yang akan menerangi telur dan membuat embrio di dalamnya dapat diamati dari kamera. <i>LED</i> yang digunakan memiliki daya 1 Watt.
4	<i>LCD OLED 128×64 piksel</i>	<i>LCD OLED</i> merupakan sebuah perangkat display yang dapat menampilkan informasi dalam bentuk tulisan dan simbol. <i>LDC OLED</i> ini memiliki ukuran $128 \times 64$ piksel dengan 1 warna. <i>LCD OLED</i> ini berkomunikasi dengan protokol I <sup>2</sup> C yang tentunya juga didukung oleh <i>Raspberry pi</i> .
5	<i>Push buutton</i>	<i>Push button</i> merupakan perangkat input yang diaktifkan dengan cara menekannya. <i>Push button</i> ini akan terhubung ke pin GPIO <i>Raspberry pi</i> dan bekerja sebagai media input dari pengguna sehingga pengguna dapat berinteraksi dengan sistem.
6	<i>Power supply</i>	<i>Power supply</i> merupakan komponen yang memasok daya ke sistem. <i>Power supply</i> akan mengubah arus AC menjadi arus DC dan juga melakukan step down tegangan dari 220 Volt menjadi 5 Volt yang dapat digunakan oleh sistem.

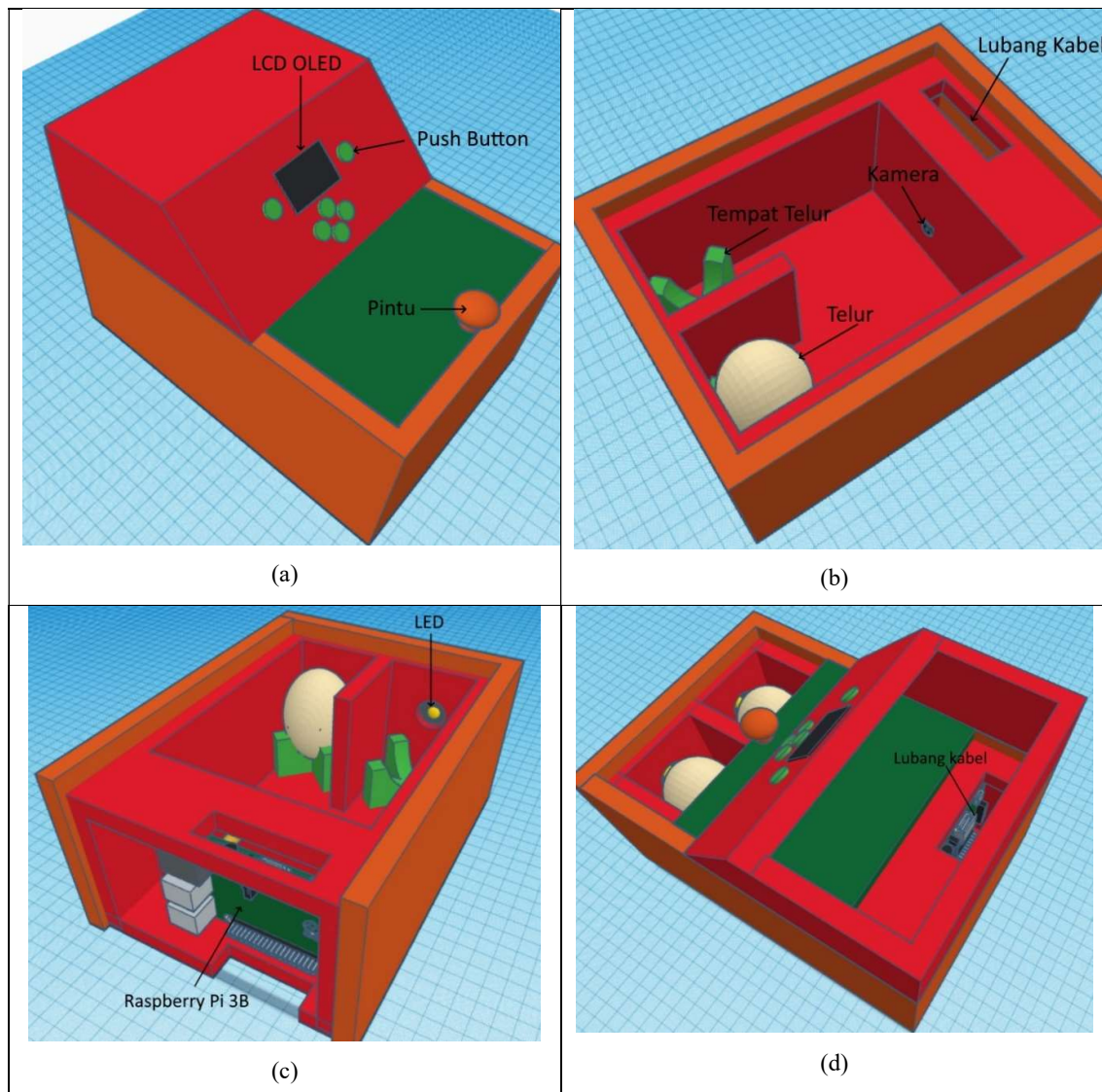
Hasil desain sistem 3 yang diuraikan pada Tabel 2.8 ini akan menghasilkan alat yang memiliki ukuran lebih kecil dari desain-desain sebelumnya. Hal tersebut dilakukan dengan mengurangi jarak antar telur dan jarak telur dengan kamera.

Pada Gambar 2.6 berikut ditampilkan diagram alir cara kerja sistem. Proses kerja sistem masih sama seperti pada desain sistem 1. Rangkaian elektronik pada desain 3 ini juga sama seperti desain sistem 1 namun memiliki penempatan fisik yang berbeda



Gambar 2.6. Ilustrasi rancangan usulan 3 secara umum. (a) cara kerja sistem. (b) gambaran kerja sistem. (c) desain elektronik user interface sistem.

Perbedaan yang ada pada desain sistem 3 ini terdapat pada desain wadah. Desain wadah yang digunakan pada desain sistem 3 ini memiliki penempatan telur dan kamera yang berbeda. Pada desain ini telur diletakkan secara horizontal dengan kamera sehingga telur akan berada di depan kamera. Berikut adalah desain dari wadah yang dibuat untuk sistem desain 3.



Gambar 2.7. Ilustrasi desain 3D usulan 3. (a) Desain bagian luar. (b) Desain bagian dalam. (c) Desain penempatan komponen bagian bawah. (d) Desain penempatan komponen bagian atas

Hasil desain alat yang dibuat pada Gambar 2.7 memiliki ukuran panjang 22.5 cm, lebar 16 cm dan tinggi 17 cm. Pada bagian depan terdapat pintu yang bisa digeser ke belakang untuk mengakses lokasi penempatan telur. Tempat penempatan telur langsung berhadapan dengan kamera 10 cm. Di belakang tempat telur terdapat *LED* yang akan menerangi telur ketika proses pengambilan gambar. *Raspberry pi 3B* diletakkan dibelakan kamera dan disediakan lubang yang dapat digunakan sebagai jalur kabel ke komponen-komponen lain. Pada bagian atas terdapat sebuah *LCD OLED* dan 6 buah *push button* yang digunakan sebagai media interaksi dengan pengguna.

Desain 3 yang juga perlu memenuhi kriteria yang telah ditentukan pada batasan masalah dan batasan realistis. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.9 berikut.

Tabel 2.9. Analisis kriteria desain 3

Kriteria Desain Alat	Memenuhi
Dapat menampung telur dengan dimensi Panjang 37 - 65 mm dan lebar 31 - 46 mm	✓
Telur memiliki usia minimal 4 – 18 hari	✓
Kondisi telur dalam keadaan baik	✓
Alat mudah digunakan oleh orang awam	✓
Alat dapat digunakan meskipun kondisi lingkungan terang	✓
Alat dapat persisten untuk jangka waktu lama	✓
Hasil dapat diketahui real time	✓

Pada tabel diatas terlihat bahwa desain 3 telah memenuhi kriteria yang telah ditentukan sebelumnya. Hal tersebut menandakan bahwa desain ini dapat digunakan untuk mencapai tujuan yang ada pada tugas akhir ini. namun hal tersebut masih perlu dilakukan kajian lebih lanjut dengan membandingkannya dengan desain lain.

o **Standar Keamanan Desain 3**

Pada desain 3 juga dibuat berdasarkan standar keamanan K3 listrik dan standar SNI 04-6253-2003 yang diperlakukan untuk peralatan elektronik audio video dan sejenisnya. Alasan digunakannya standar tersebut juga sama seperti pada desain 1. Pada desain alat digunakan *Raspberry pi* yang memerlukan arus hingga 3 Ampere. Selain itu terdapat juga 2 buah *High Power LED* yang dapat menarik arus hingga 700 mA. Sehingga arus yang digunakan lebih dari 3 A dan kurang dari 6 A. Sehingga berdasarkan standar SNI 04-6253-2003 maka diperlukan kabel dengan luas penampang 0.75 mm<sup>2</sup>.

○ **Rencana Anggaran Desain 3**

Pada Tabel 2.10 di bawah adalah anggaran untuk desain sistem 3. Pada rencana anggaran desain sistem 3 ini didapati total biaya sebesar 1,839,300 rupiah. Biaya total lebih murah dari desain lain karena sistem memiliki ukuran yang lebih kecil sehingga bahan untuk membuat wadah menjadi lebih sedikit. Namun untuk harga komponen elektronik untuk sistem ini masih sama seperti desain sebelumnya

Tabel 2.10. Rencana anggaran pengembangan sistem desain 3

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga Satuan	Jumlah	Total Harga
1	<i>Raspberry pi 3B</i>	Pcs	Rp 1,200,000.00	1	Rp 1,200,000.00
2	<i>Raspberry pi Camera</i>	Pcs	Rp 78,000.00	1	Rp 78,000.00
3	<i>LED 1 Watt</i>	Pcs	Rp 1,000.00	2	Rp 2,000.00
4	<i>Head sink LED</i>	pcs	Rp 400.00	2	Rp 800.00
5	<i>LCD OLED</i>	Pcs	Rp 70,000.00	1	Rp 70,000.00
6	<i>Push Button</i>	Pcs	Rp 700.00	6	Rp 4,200.00
7	<i>Push Button Cap</i>	Pcs	Rp 300.00	6	Rp 1,800.00
8	<i>Power supply</i>	Pcs	Rp 120,000.00	1	Rp 120,000.00
9	Kabel	Meter	Rp 2,500.00	5	Rp 12,500.00
10	Peralatan Solder	Paket	Rp 150,000.00	1	Rp 150,000.00
11	Pembuatan Wadah	Pcs	Rp 200,000.00	1	Rp 200,000.00
Total				27	Rp 1,839,300.00

○ **Analisis Risiko Desain 3**

Pada desain 3 ini memiliki desain wadah yang lebih baik dalam segi penggunaan. Namun desain wadah tersebut memiliki bentuk desain yang cukup rumit. Desain 3 ini memiliki bagian yang lebih banyak dan sedikit rumit. Sehingga dalam proses pembuatan alat akan perlu diperhatikan dengan lebih teliti sehingga didapatkan bentuk wadah yang benar-benar diinginkan.

**2.4 Analisis dan Penentuan Usulan Solusi/Desain Terbaik**

Dari pertimbangan yang dilakukan maka dipilih desain sistem 3 sebagai desain terbaik yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan alat. Beberapa alasan yang membuat desain 3 lebih baik adalah seperti berikut:

- Desain sistem lebih sederhana

Pada desain sistem 3 proses pengambilan gambar dan analisis dilakukan pada tempat dan perangkat yang sama sehingga cara kerja sistem lebih sederhana. Selain itu pada desain sistem 3 alat yang dihasilkan dapat bekerja secara mandiri tanpa memerlukan layanan dari *cloud server* di internet. Sistem kerja yang sederhana ini akan memberikan kemudahan bagi pengguna alat nanti.

- Keandalan lebih baik

Alat yang dihasilkan dari desain sistem 3 akan lebih dapat diandalkan karena tidak memiliki ketergantungan dengan *cloud server* dan koneksi internet. Meskipun hal tersebut membuat harga alat menjadi lebih mahal, dengan tingkat keandalan yang lebih baik ini, maka pengguna anti akan mendapatkan keuntungan yang lebih.

- Memberikan keuntungan yang lebih pada sisi pengguna

Pada desain sistem 3 pengguna hanya perlu membeli alat dan kemudian dapat langsung menggunakannya untuk menganalisis fertilitas dan umur telur ayam. Namun pada desain kedua setelah membeli alat, pengguna akan perlu berlangganan dan menyediakan koneksi internet untuk dapat menggunakan alatnya. Hal tersebut justru memberikan masalah baru untuk para pengguna nantinya.

- Desain wadah yang lebih baik

Pada desain 3 ini akses ke tempat telur lebih simpel karena desain pintu yang dibuka dengan cara digeser. Sehingga tidak akan menghalangi pengguna ketika proses memasukkan dan mengeluarkan telur dari alat.



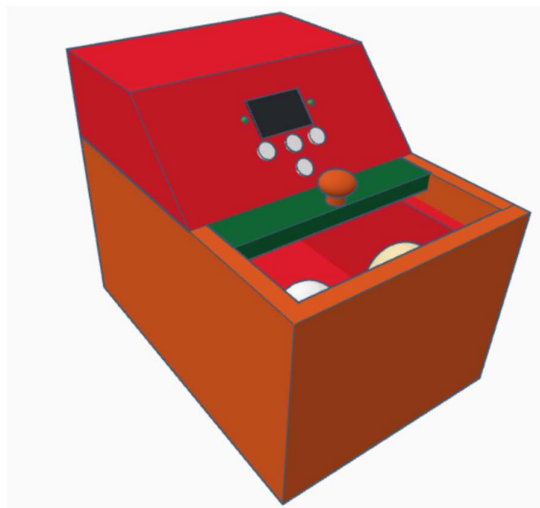


Saluran kendali menghubungkan *GPIO* yang diprogram sebagai *output* pada *Raspberry Pi* ke komponen-komponen yang dikendalikan seperti *OLED* dan *LED*. Jalur yang terhubung ke *OLED* adalah jalur *SDA* dan *SCL* yang digunakan untuk komunikasi dengan protokol *I<sup>2</sup>C* sehingga *Raspberry Pi* dapat berkomunikasi dengan *OLED* dan dapat mengatur tampilan yang muncul pada *OLED*. Sedangkan *LED* terhubung dengan *GPIO* yang diprogram sebagai *output* sehingga dapat mematikan dan menghidupkan *LED* sesuai kondisi pada program.

Jalur masukan menghubungkan *push button* ke *GPIO* yang diprogram sebagai *input*. *GPIO input* ini telah diatur untuk menggunakan *pulldown* resistor pada programnya sehingga pada rangkaian elektronik tidak diperlukan resistor tambahan. Dengan begitu setiap kali *push button* ditekan maka kondisi pada program akan berubah menjadi *HIGH* namun ketika tidak ditekan menjadi *LOW* lagi.

### 3.1.2. Hasil Rancangan Wadah

Untuk menampung dan mendukung sistem kerja dari alat yang dibuat, maka didesain wadah yang dapat memenuhi kebutuhan alat yang dibuat. Wadah ini harus dapat menampung seluruh komponen sesuai spesifikasi yang telah ditentukan. Selain itu juga harus dapat mendukung fungsi kerja alat. Pada akhirnya dibuatlah desain wadah seperti berikut.



Gambar 3.2. Desain wadah

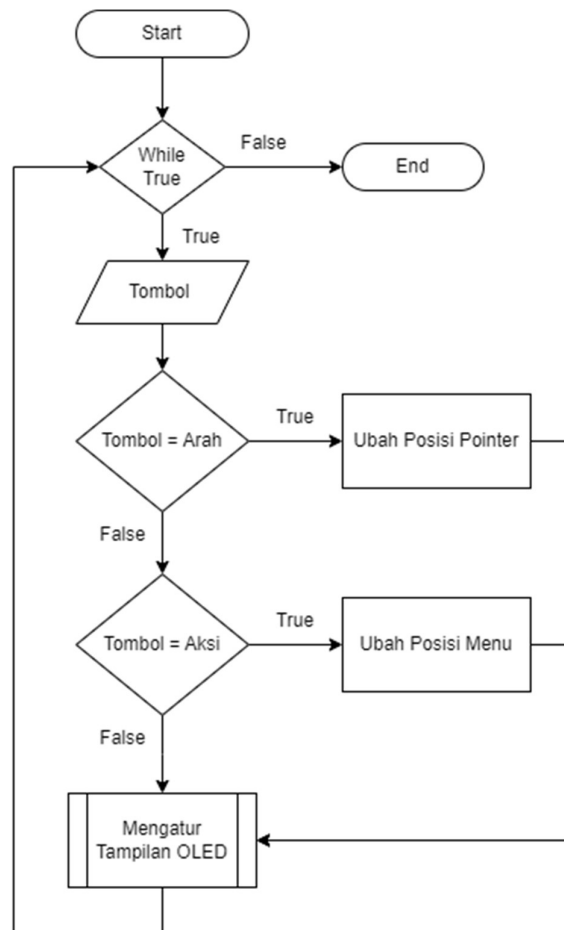
Dari Gambar 3.2 terlihat bentuk desain 3D dari wadah alat yang dibuat. Pada bagian depan terdapat 4 buah tombol untuk digunakan pengguna mengendalikan alat. Terdapat sebuah layar *OLED* yang menampilkan tampilan menu alat. Terdapat juga pintu untuk mengakses bagian dalam tempat menempatkan telur yang akan diperiksa. Tidak lupa juga terdapat pintu untuk menutup tempat telur sehingga cahaya dari luar tidak masuk.

### 3.1.3. Hasil Rancangan Software

Alat yang dibuat ini memerlukan perangkat lunak untuk dapat berjalan. Karena pada dasarnya *Raspberry Pi* adalah sebuah komputer, maka diperlukan sistem operasi untuk mengoperasikannya. Telah banyak sistem operasi yang dapat dijalankan pada *Raspberry Pi* terutama yang berbasis *linux* dan salah satunya adalah *Raspberry Pi OS*. Pada alat ini digunakan *Raspberry Pi OS* versi 11 (*bullseye*).

Setelah sistem operasi dapat berjalan maka *Raspberry Pi* dapat digunakan untuk menjalankan program yang dibuat. Pada alat ini terdapat beberapa program yang dijalankan untuk memenuhi seluruh fungsinya mulai dari menerima kendali masukan, menampilkan antarmuka pengguna, mengolah gambar, menyimpan riwayat dan mematikan daya.

*Flowchart* dari program untuk menerima masukan dari pengguna adalah seperti berikut.

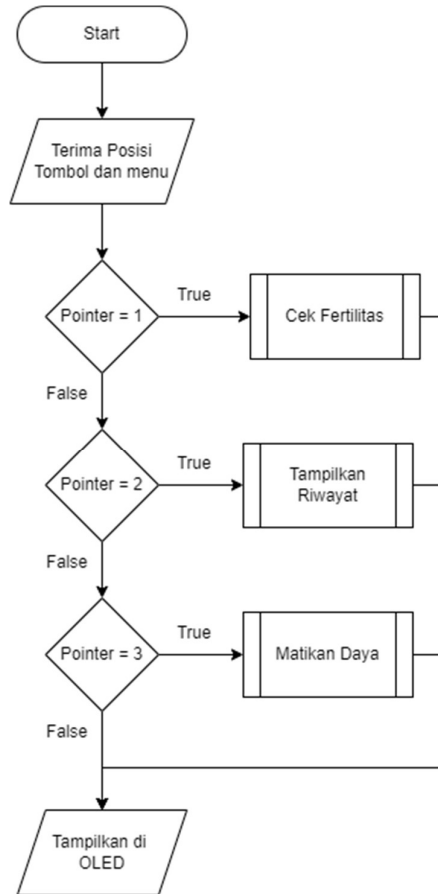


Gambar 3.3. *Flowchart* program masukan pengguna

Pada Gambar 3.3 digambarkan *flowchart* dari program yang melakukan pembacaan pada kondisi keempat tombol untuk mengetahui jika tombol telah ditekan oleh pengguna.

Ketika tombol yang ditekan adalah tombol arah atas atau bawah, maka program akan melakukan perubahan pada posisi pointer naik atau turun. Namun jika tombol yang ditekan adalah tombol aksi yaitu *OK* dan *BACK*, maka program akan mengubah posisi menu menjadi ke sub menu atau kembali. Kemudian akan dilakukan proses perubahan tampilan pada *OLED* oleh program lain berdasarkan masukan dari program ini.

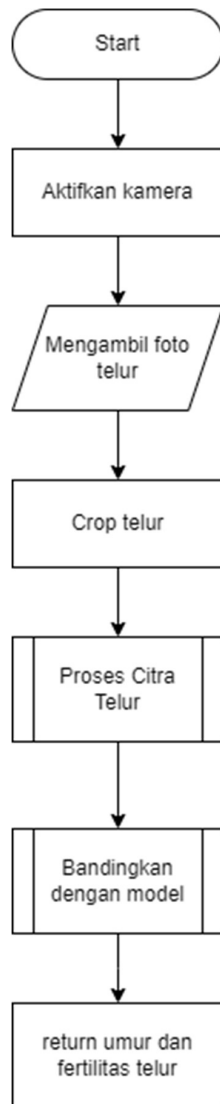
Selanjutnya terdapat program yang bekerja untuk mengatur tampilan dari *OLED* berdasarkan kondisi yang ada di program sebelumnya.



Gambar 3.4. *Flowchart* program antarmuka pengguna

*Flowchart* pada Gambar 3.4 menggambarkan program yang akan menerima posisi dari pointer dan posisi menu dari program sebelumnya. Kemudian dari posisi tersebut program dapat menentukan tampilan yang harus dimunculkan pada layar *OLED*.

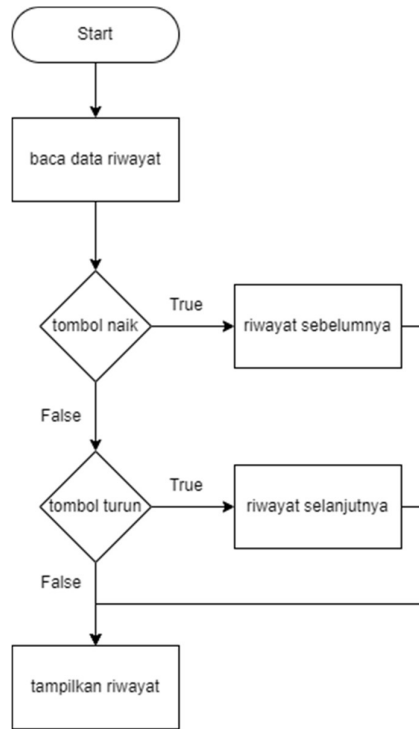
Program selanjutnya bekerja ketika pengguna memilih untuk melakukan pengecekan telur. Program ini berjalan berdasarkan *flowchart* berikut.



Gambar 3.5. *Flowchart* program pengecekan telur

Pada program yang pada Gambar 3.5 ini kamera akan dijalankan untuk mengambil gambar telur. Gambar yang diambil kemudian dipotong sesuai ukuran telurnya. Gambar telur tersebut diproses untuk diketahui karakteristiknya dan kemudian dibandingkan dengan model yang telah dibuat. Dari situ program akan menentukan fertilitas dan umur telur. Hasil keputusan tersebut kemudian diberikan ke program sebelumnya untuk dapat ditampilkan pada layar *OLED*.

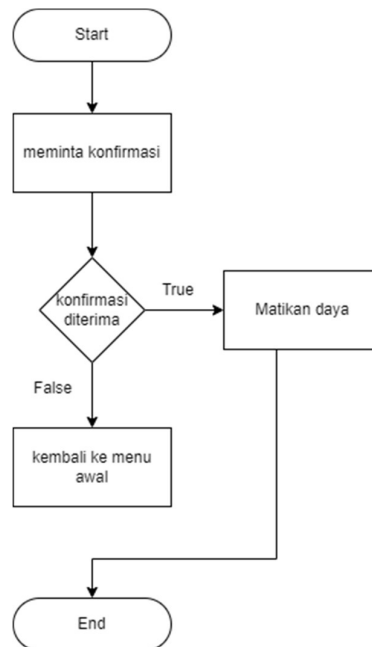
Program selanjutnya bekerja untuk menampilkan riwayat dari pengecekan telur yang telah dilakukan sebelumnya.



Gambar 3.6. *Flowchart* program menampilkan riwayat

Pada *flowchart* program di Gambar 3.6 akan membuat pengguna untuk dapat melihat riwayat dari hasil pengecekan telur yang dilakukan sebelumnya. Pengguna dapat menggunakan tombol navigasi naik dan turun untuk bernavigasi dalam melihat riwayat yang ada.

Program selanjutnya adalah program yang bertugas untuk mematikan daya dari sistem antar muka pengguna.

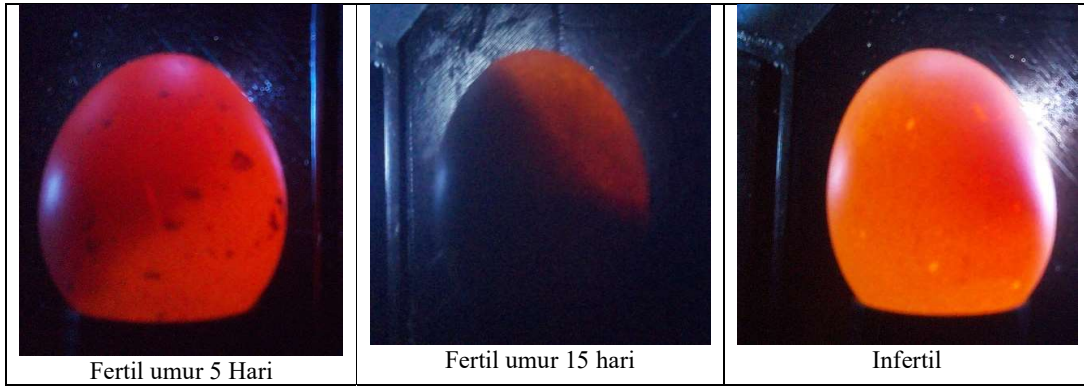


Gambar 3.7. Flowchart meminta konfirmasi untuk mematikan daya

Pada Gambar 3.7 menggambarkan *flowchart* dari program untuk membuat pengguna dapat mematikan sistem setelah alat tidak digunakan lagi. Dengan begitu pengguna tidak akan mematikan alat dengan memutus sumber listrik secara langsung. Karena *Raspberry Pi* pada dasarnya sama seperti komputer pada umumnya. Maka lebih baik jika dimatikan dengan prosedur yang benar.

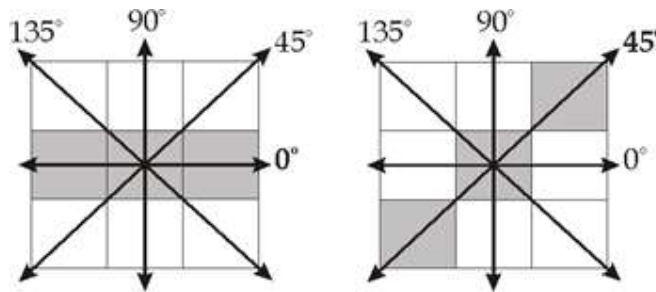
#### 3.1.4. Model Prediksi

Untuk membuat model prediksi, maka perlu disiapkan dataset untuk membuat model prediksi. Data yang kami siapkan untuk membuat model ini diambil dari telur yang sedang dalam masa inkubasi mulai dari hari ke 4 – 18. Pengambilan data ini diambil dengan hardware yang telah dibuat untuk mengambil gambar perkembangan embrio telur selama masa inkubasi. Pada Gambar 3.8 berikut ini adalah contoh dari dataset yang digunakan.



Gambar 3. 8. Contoh gambar yang digunakan pada dataset

Untuk dataset kami menggunakan metode *Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)*. Metode GLCM dapat mengambil karakteristik dari gambar telur sehingga dapat digunakan untuk membedakan umur dan fertilitas telur. Metode GLCM kami pilih karena dapat membedakan hubungan antara 2 piksel pada jarak dan sudut tertentu. Hal tersebut diperlukan karena setiap telur bisa jadi memiliki hasil gambar dengan pola yang berbeda. Dengan menggunakan GLCM ini maka hal tersebut dapat dideteksi.



Gambar 3.9. metode ekstraksi fitur GLCM

Pada Gambar 3.9 ditunjukkan bahwa GLCM dapat mengambil pasangan dari sebuah piksel dengan arah sudut yang berbeda-beda. Dengan GLCM maka didapatkan kategori seperti *dissimilarity*, *correlation*, *homogeneity*, *contrast*, *ASM*, *energi* untuk setiap sudut 0°, 45°, 90°, 135°.

*Dissimilarity* merupakan ketidakmiripan dari tingkat keabuan pada tiap piksel gambar. Nilainya akan semakin besar ketika teksturnya acak dan semakin kecil ketika tekstur seragam. Untuk menghitung *dissimilarity* ini digunakan persamaan 3.1 dibawah.

$$dissimilarity = \sum_{i,j=0}^{level-1} P_{i,j} |i - j| \quad (3.1)$$

Dari hasil persamaan berikut maka didapatkan data *dissimilarity* untuk sudut 0°, 45°, 90°, 135° seperti pada Tabel 3.1 berikut.



Tabel 3. 1. Contoh hasil *dissimilarity*

<i>dissimilarity_0</i>	<i>dissimilarity_45</i>	<i>dissimilarity_90</i>	<i>dissimilarity_135</i>
8,450049	7,852209	7,144846	8,081776
7,219045	6,880076	6,255518	7,317953
8,54514	8,454236	6,479917	7,726419
7,220199	6,823181	6,205672	7,310366

*Correlation* merupakan probabilitas dari sepasang piksel yang ada pada gambar. Untuk mendapatkan nilai *correlation* digunakan persamaan 3.2 berikut.

$$correlation = \sum_{i,j=0}^{level-1} P_{i,j} \left[ \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j)}{\sqrt{(\sigma_i^2)(\sigma_j^2)}} \right] \quad (3.2)$$

Dengan menggunakan persamaan 3.2 maka didapatkan data seperti pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2. Contoh hasil *correlation*

<i>correlation_0</i>	<i>correlation_45</i>	<i>correlation_90</i>	<i>correlation_135</i>
0,94334	0,953307	0,962137	0,95107
0,865913	0,89242	0,93251	0,866763
0,930221	0,935045	0,97191	0,949615
0,917429	0,93416	0,957386	0,918499

*Homogeneity* merupakan kemiripan pada nilai keabuan tiap piksel pada gambar. Sehingga akan bernilai tinggi ketika nilai piksel seragam. Untuk mendapatkan *homogeneity* maka digunakan persamaan 3.3 berikut.

$$homogeneity = \sum_{i,j=0}^{level-1} \frac{P_{i,j}}{1 + (i - j)^2} \quad (3.3)$$

Dengan persamaan 3.3 maka akan didapatkan nilai *homogeneity* seperti pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3. 3. Contoh hasil *homogeneity*

<i>homogeneity_0</i>	<i>homogeneity_45</i>	<i>homogeneity_90</i>	<i>homogeneity_135</i>
0,16383	0,161656	0,169377	0,160385
0,164254	0,164732	0,167748	0,162908
0,153841	0,15046	0,163639	0,156948
0,161903	0,162825	0,167983	0,160111

*Contrast* merupakan perbedaan dari tinggi rendahnya nilai piksel pada gambar. Nilai *contrast* ini dihitung dengan menggunakan persamaan 3.4 berikut.

$$contrast = \sum_{i,j=0}^{level-1} P_{i,j}(i-j)^2 \quad (3.4)$$

Dari persamaan 3.4 maka akan didapatkan nilai *contrast* seperti pada Tabel 3.4

Tabel 3.4. Contoh hasil perhitungan *contrast*

<i>contrast_0</i>	<i>contrast_45</i>	<i>contrast_90</i>	<i>contrast_135</i>
227,071	187,6377	152,0353	196,6326
187,1093	151,3977	96,2676	187,5036
235,9673	220,5406	95,65232	171,0786
168,6092	135,6842	88,99504	167,9593

*Angular second moment (ASM)* merupakan total keseragaman pola dari nilai keabuan pada gambar. *ASM* akan bernilai tinggi ketika gambar memiliki pola yang berulang. *ASM* dihitung dengan menggunakan persamaan 3.5.

$$ASM = \sum_{i,j=0}^{level-1} P_{i,j}^2 \quad (3.5)$$

Dari persamaan 3.5 maka didapatkan hasil dari nilai *ASM* seperti pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Contoh hasil perhitungan *ASM*

<i>ASM_0</i>	<i>ASM_45</i>	<i>ASM_90</i>	<i>ASM_135</i>
0,000496	0,000504	0,000542	0,000498
0,001093	0,001096	0,00112	0,001092
0,000704	0,000708	0,000747	0,000713
0,001265	0,001267	0,001286	0,001262

*Energy* merupakan akar kuadrat dari *ASM*. Nilai dari *energy* akan semakin tinggi ketika gambar memiliki pola yang beraturan. Untuk menghitung *energy* digunakan persamaan 3.6 berikut.

$$energy = \sqrt{ASM} \quad (3.6)$$

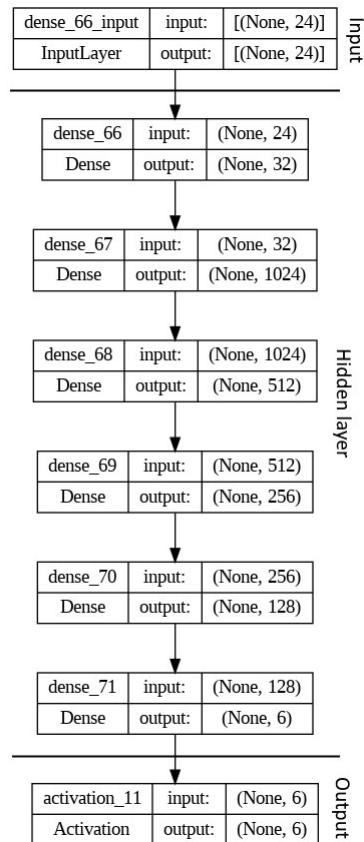
Dari hasil persamaan 3.6, akan didapatkan nilai dari *energy* seperti pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6. contoh hasil perhitungan *energy*

<i>energy_0</i>	<i>energy_45</i>	<i>energy_90</i>	<i>energy_135</i>
0,022261	0,022456	0,02329	0,022318
0,033066	0,033101	0,033461	0,033045
0,02653	0,026603	0,027328	0,026709
0,035573	0,035592	0,035864	0,03552

Untuk dataset secara keseluruhan dapat dilihat melalui repositori github yang ada pada lampiran.

Dari ekstraksi fitur dengan GLCM maka didapatkan 24 data karakteristik dari sebuah foto telur. Data tersebut kemudian digunakan untuk membangun model *Artificial Neural Network* (ANN).



Gambar 3.10. Hasil arsitektur ANN yang dibuat

Pada Gambar 3.10 adalah bentuk dari arsitektur ANN yang dibuat. Model ANN yang dibuat memiliki 24 masukan sesuai karakteristik yang diambil dengan GLCM dan memiliki 6 keluaran yaitu telur infertil, fertil hari 4 – 6, fertil hari 7 – 9, fertil hari 10 – 12, fertil hari 13 – 15 dan fertil hari 16 – 18.

### 3.2 Desain Eksperimen

Untuk mengetahui performa dari alat yang telah dibuat, maka dilakukan serangkaian uji coba. Uji coba ini dilakukan dengan menjalankan fungsi alat dan membandingkannya dengan fungsi alat yang diinginkan.

### 3.2.1 Indikator/Parameter yang Diukur

terdapat indikator yang digunakan dalam percobaan alat. Mulai dari percobaan fungsi dasar alat, mengukur jumlah eror pembacaan, dan memastikan spesifikasi alat.

- Percobaan pada kamera
  - Alat harus dapat mengambil foto dengan resolusi  $2592 \times 1944$  piksel dari telur dengan orientasi *landscape*
  - Kamera dapat mengambil detail telur dengan jelas
- memastikan dimensi alat
  - memastikan bahwa alat dapat menampung ukuran telur ayam yang dijanjikan
  - memastikan bahwa ukuran alat tidak melebihi spesifikasi yang ditetapkan
- Faktor keamanan alat
  - Memastikan pengguna aman dari bahaya listrik
  - Memastikan alat aman selama digunakan
- Percobaan sistem kendali
  - Pengecekan sistem antarmuka yang ada dialat
  - Memastikan pengguna dapat mengendalikan fungsi alat dengan baik
- Uji coba prediksi telur
  - Menguji coba tingkat akurasi yang didapatkan dari prediksi yang dilakukan alat

### 3.2.2 Alat dan Bahan

Berikut ini adalah alat dan bahan yang dibutuhkan dalam proses eksperimen pada alat yang telah dibuat.

- Telur ayam yang dalam proses inkubasi
  - Untuk dapat melakukan pengecekan alat, maka diperlukan telur ayam yang telah dibuahi dan dalam proses inkubasi. Telur-telur tersebut merupakan bahan utama yang diperlukan untuk melakukan pengecekan eror pembacaan serta akurasi alat.
- Inkubator telur
  - Untuk dapat mendapatkan data dari perkembangan telur pada saat proses inkubasi, maka diperlukan inkubator telur. Inkubator telur ini berguna untuk menjaga suhu telur sehingga telur dapat berkembang hingga menetas
- Laptop

Untuk dapat menjalankan tes maka perlu dilakukan akses ke *Raspberry Pi* melalui *SSH*. Dengan metode ini maka *Raspberry Pi* dapat dikendalikan tanpa harus menggunakan *keyboard* dan monitor tambahan.

- *Access point*

Untuk menghubungkan *Raspberry Pi* ke laptop keduanya harus terhubung ke sebuah jaringan. *Raspberry Pi* mendukung jaringan baik berbasis kebel *LAN* maupun *WiFi*. Kami memilih *WiFi* karena lebih fleksibel. Sehingga diperlukan *Access Point* untuk memancarkan *WiFi* dan memberikan *IP* melalui *DHCP*.

### 3.2.3 Langkah Pengambilan Data

Data yang perlu diambil untuk alat ini adalah data telur yang sedang dalam proses inkubasi. Untuk mengambil data telur ini maka diperlukan waktu 20 hari mulai dari awal telur diinkubasi sampai telur menetas. Telur akan diinkubasi terlebih dahulu dan di foto setiap hari dengan *hardware* yang telah dibuat. Kemudian dari keseluruhan foto tersebut akan dipisahkan sehingga sebagian digunakan untuk membangun model dan sebagian lagi digunakan untuk tes sehingga diketahui akurasi.

Dari pengambilan data yang kami lakukan pada 27 telur didapati bahwa 19 telur adalah fertil dan 8 telur adalah infertil. Namun dari 19 telur yang kami nyatakan fertil hanya 4 yang berhasil menetas. Telur fertil lainnya sebenarnya sudah berkembang menjadi ayam tetapi gagal menetas. Sehingga kami menggolongkan telur-telur tersebut sebagai telur fertil. Dari 27 telur itu didapatkan 405 foto telur dari hari ke-4 sampai hari ke-18 inkubasi.

Dari pembacaan umur, dilakukan perhitungan akurasi dengan menggunakan *Confusion Matrix*. Dengan menggunakan *Confusion Matrix*, dapat dilakukan klasifikasi dari suatu model *machine learning*. Untuk mengukur performa dari akurasi, presisi, *recall*, dan *F1 score* maka diperlukan nilai representasi yang berupa *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), *False Negative* (FN). Pada kasus ini nilai-nilai tersebut akan mewakili hasil dari pembacaan fertilitas telur seperti berikut.

- *True Positive* (TP) = Jumlah telur fertil
- *True Negative* (TN) = Jumlah telur infertil
- *False Positive* (FP) = Jumlah telur infertil yang terdeteksi sebagai fertil
- *False Negative* (FN) = Jumlah telur fertil yang terdeteksi sebagai infertil

Dari keempat nilai diatas, kemudian dapat dilakukan perhitungan akurasi, presisi, *Recall*, dan *F1-Score*.

Akurasi merupakan rasio prediksi benar keseluruhan (positif dan negatif) dengan seluruh data hasil prediksi. Untuk menghitung akurasi digunakan persamaan 3.7 berikut.

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (3.7)$$

Presisi merupakan rasio prediksi benar positif dibandingkan dengan keseluruhan hasil yang positif. Untuk menghitung akurasi digunakan persamaan 3.8 berikut.

$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3.8)$$

*Recall* merupakan perbandingan antara prediksi benar positif dengan data yang benar positif. Untuk mengetahui nilai *Recall* digunakan persamaan 3.9 berikut.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3.9)$$

*F1-Score* merupakan perbandingan presisi dan *Recall*. Untuk mengetahui *F1-Score* digunakan persamaan 3.10 berikut.

$$F1 \text{ Score} = 2 \times \frac{(Recall \times Presisi)}{(Recall + Presisi)} \quad (3.10)$$

Untuk melakukan pengecekan hasil prediksi ini digunakan 25% dataset yang diambil secara acak. Untuk 75% dataset digunakan untuk membuat model prediksi.

## BAB 4: Hasil dan Analisis

Sampai pada bagian ini alat pendeteksi umur telur ayam pada sistem pengeraman otomatis telah berhasil dibuat dan telah berhasil menjalankan fungsi-fungsinya. Namun untuk memastikan fungsi-fungsi dari alat ini dapat berjalan dengan baik, maka perlu dilakukan pengetesan. Pada bab ini akan berikan hasil dan analisis dari kinerja fungsi alat yang telah dibuat.

### 4.1 Analisis Hasil

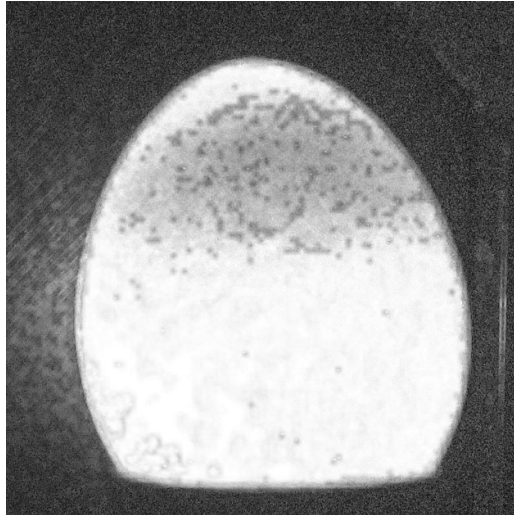
#### 4.1.1 Hasil Pengujian

Indikator-indikator yang perlu dites pada alat telah dijelaskan pada bab sebelumnya yaitu mulai dari kamera, dimensi alat, distribusi daya dan keamanan, sistem kendali pada alat, serta uji coba eror pembacaan. Pada spesifikasi yang telah ditentukan bahwa kamera harus dapat mengambil gambar dengan resolusi  $2592 \times 1944$  piksel dari telur dengan orientasi *landscape*. Dari pengecekan yang dilakukan didapatkan gambar berikut.



Gambar 4.1. Hasil gambar dari kamera

Gambar 4.1 diatas adalah contoh gambar telur yang diambil oleh kamera pada alat. Gambar tersebut memiliki resolusi  $2592 \times 1944$  piksel sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Dengan resolusi tersebut, maka detail dari telur dapat dilihat dengan jelas. Gambar dengan resolusi yang baik diperlukan sehingga ketika gambar dipotong sesuai ukuran telur, maka detail dari telur masih dapat dilihat dengan jelas.



Gambar 4. 2. Hasil gambar telur yang telah dipotong

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa detail dari telur dapat diambil dengan baik. Namun masih juga terdapat *noise* terutama pada bagian *background*. Idealnya bagian *background* perlu dihilangkan sehingga hasil pembacaan citra menjadi lebih maksimal. Namun banyak dari foto yang didapatkan memiliki *noise* akibat cahaya LED yang bocor. Sehingga menjadi sulit untuk memisahkan *background*nya. Akhirnya kami terpaksa untuk tidak menghilangkan *background* pada foto telur.

Selanjutnya, dilakukan pengecekan dimensi alat untuk mengetahui dimensi dari alat yang telah dibuat. Dimensi alat ini penting karena beberapa dari spesifikasi yang ditetapkan untuk alat ini berkaitan dengan ukuran telur yang dapat di cek oleh alat, serta ukuran komponen-komponen elektronik yang ada di dalamnya.

Tabel 4.1. Ukuran dimensi alat jadi

Dimensi Alat	
Panjang	23 Cm
Lebar	16 Cm
Tinggi	17 Cm
Lebar pintu	4.5 Cm
Panjang pintu	11.5 Cm

Dari Tabel 4.1 dapat diketahui ukuran dari alat yang telah jadi. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan tidak terdapat masalah untuk ukuran panjang, lebar dan tinggi alat, alat ini dapat menampung seluruh komponen dan masih berada dalam batas spesifikasi. Namun pada ukuran panjang dan lebar pintu terdapat sebuah masalah yaitu ukuran yang terlalu kecil. Ukuran pintu tidak ada masalah jika untuk jalan masuk telur, namun ketika tangan pengguna



juga ikut masuk untuk meletakkan dan mengambil telur, maka lubang pintu menjadi terlalu sempit.

Indikator selanjutnya adalah faktor keamanan. Pada indikator ini harus dipastikan keamanan dari alat dan pengguna selama alat dioperasikan. Untuk memastikan alat aman selama digunakan, seluruh bagian alat dilindungi oleh wadah yang terbuat dari bahan plastik PLA sehingga dapat mengisolasi komponen elektronik pada alat dari pengguna.



Gambar 4.3. Wadah alat yang telah dibuat

Terlihat pada Gambar 4.3 bahwa bagian luar alat adalah plastik PLA dan tidak ada komponen berbahaya seperti kabel yang ada di luar. Selain melindungi pengguna alat juga perlu dilindungi dengan memastikan ukuran kabel sesuai kebutuhan daya dari komponen. Pada alat ini terdapat sebuah *Single Board Computer* yaitu *Raspberry Pi 3B* yang memerlukan arus hingga 3 Ampere. Sehingga digunakan kabel 18 AWG dengan luas penampang  $0,823 \text{ mm}^2$  untuk menyuplai daya listrik ke *Raspberry Pi 3B*. Kabel tersebut dipilih sesuai dengan standar SNI 04-6253-2003.

Pada alat ini terdapat sebuah OLED yang berguna untuk menampilkan menu dan hasil pembacaan alat serta 4 tombol yang digunakan oleh pengguna untuk mengoperasikan alat. Keempat tombol tersebut memiliki fungsi masing-masing yaitu seperti yang dijelaskan pada pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2. Tabel fungsi tombol

Jenis Tombol	Fungsi Tombol
Atas	Menggerakkan pointer menu ke atas
Bawah	Menggerakkan pointer menu ke bawah
Ok	Memilih menu yang ditunjuk oleh pointer
Kembali	Kembali ke menu sebelumnya

Pada Gambar 4.4 berikut adalah tampilan antarmuka pengguna yang muncul ketika alat digunakan.



Gambar 4.4. Tampilan antarmuka pengguna

Pada Gambar 4.4 terlihat bahwa OLED menampilkan pilihan menu yang dapat dipilih pengguna untuk menggunakan alat. Pengguna dapat bernavigasi di menu dengan bantuan 4 tombol yang ada di bawah OLED. Ketika tombol atas ditekan, maka pointer pada layar naik ke atas. Ketika tombol bawah ditekan, maka pointer pada layar turun ke bawah. Dengan menekan tombol “OK”, maka menu terpilih. Ketika tombol “kembali” ditekan akan kembali ke menu awal.

Indikator terakhir yang dianalisis adalah akurasi dan presisi dari hasil prediksi umur telur ayam yang dilakukan oleh alat yang telah dibuat. Untuk mengetahui akurasi dan presisi dari alat yang dibuat, maka dilakukan proses pengambilan data telur ayam yang sedang dalam proses inkubasi di inkubator telur. Terdapat sebanyak 27 telur ayam yang diamati selama masa pengeraman 21 hari. Dari pengamatan tersebut didapatkan 19 telur fertil dan 8 telur infertil.

Dari 19 telur yang fertil sebenarnya hanya terdapat 4 ayam yang berhasil menetas. Kebanyakan dari telur tersebut gagal menetas karena embrio mati. Namun kami menggunakannya sebagai data telur fertil karena sebenarnya telur tersebut memang fertil, telur tersebut gagal menetas karena kondisi dari inkubator yang kurang ideal. Terdapat total 405 foto telur. Data foto tersebut kemudian dibagi menjadi 6 kategori seperti pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3. Pembagian kategori data foto telur

Kategori	Jumlah Data		
	Data total	Data <i>Training</i>	Data Testing
<b>Infertil</b>	120	88	32
<b>Fertil (4 - 6 hari)</b>	57	40	17
<b>Fertil (7 - 9 hari)</b>	57	41	16
<b>Fertil (10 - 12 hari)</b>	57	43	14
<b>Fertil (13 -15 hari)</b>	57	45	12
<b>Fertil (16 - 18 hari)</b>	57	46	11
<b>Total Data</b>	405	303	102

Dari seluruh data tersebut kemudian diambil 75% untuk *training* model dan 25% untuk verifikasi. Sehingga terdapat 303 data untuk model dan 102 data untuk verifikasi. Data tersebut dipisahkan secara acak dengan menggunakan fungsi “*train\_test\_split*” yang ada di dalam modul “*sklearn.model\_selection*”. Terlihat pada Tabel 4.3 bahwa data berhasil dipecah untuk *training* dan testing dengan cukup merata. Pada setiap kategori terdapat data yang digunakan untuk *training* dan untuk testing tanpa terkecuali.

Dari data yang telah dipisahkan maka dibuat model dengan menggunakan ANN untuk memprediksi umur dan fertilitas telur ayam. Model yang dibuat kemudian langsung di tes untuk mengetahui akurasi dari model. Hasilnya didapatkan hasil pengetesan prediksi seperti pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4. hasil pengetesan prediksi

Kategori	TP	TN	FP	FN
<b>Infertil</b>	17	63	7	15
<b>Fertil (4 - 6 hari)</b>	6	68	17	11
<b>Fertil (7 - 9 hari)</b>	6	80	6	10
<b>Fertil (10 - 12 hari)</b>	11	86	2	3
<b>Fertil (13 -15 hari)</b>	3	76	14	9
<b>Fertil (16 - 18 hari)</b>	3	81	10	8

Hasilnya didapati presisi untuk masing-masing kategori seperti pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5. Hasil presisi model

Kategori	Presisi (%)	Recall (%)	F1-Score (%)
Infertil	71	53	61
Fertil (4 - 6 hari)	26	35	30
Fertil (7 - 9 hari)	50	38	43
Fertil (10 - 12 hari)	85	79	81
Fertil (13 -15 hari)	18	25	21
Fertil (16 - 18 hari)	23	27	25

Terlihat pada Tabel 4.4 terlihat nilai presisi, *recall* dan *F1 score* pada model yang dibandingkan dengan 102 data verifikasi. Selain pada kondisi fertil (10 – 12 hari) didapati bahwa nilai yang dihasilkan rendah. Untuk nilai akurasi prediksi secara keseluruhan model didapatkan akurasi sebesar 45%.

#### 4.1.2 Pemenuhan Spesifikasi Sistem

Dari hasil pengujian indikator, didapatkan hasil dari alat yang telah dibuat. Hasil pengujian tersebut kemudian dibandingkan dengan spesifikasi alat yang diajukan seperti pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem

No	Spesifikasi	Usulan	Realisasi
1	Dimensi (panjang x lebar x tinggi)	22.5 x 16 x 17 cm	23 x 16 x 17 cm
2	Resolusi kamera	2592 × 1944 piksel	2592 × 1944 piksel
3	Telur yang ditampung	2 butir	2 butir
4	Rentang umur telur	4 – 18 hari	4 – 18 hari
5	Ketelitian hasil prediksi	Per 3 hari	Per 3 hari
6	Akurasi	80%	45%
7	Tidak terpengaruh cahaya sekitar	Iya	Iya
8	Sumber tegangan	220 Volt AC	220 Volt AC

Untuk akurasi alat yang ditetapkan pada spesifikasi awal adalah 80%. Angka akurasi tersebut ditetapkan dari referensi penelitian sebelumnya. Sedangkan akurasi alat kami saat ini adalah 45%. Hal tersebut disebabkan karena data perkembangan telur yang kami miliki tidak semuanya berkembang sempurna dan menetas menjadi ayam. Dari 19 data telur fertil hanya 4 di antaranya yang berkembang menjadi anak ayam. Sedangkan telur yang lain embrionya mati di minggu terakhir. Kematian telur yang terjadi diperkirakan akibat alat inkubator yang kurang baik dalam menjaga suhu telur. Hal tersebut adalah yang menyebabkan hasil prediksi yang dilakukan alat pada hari ke 13 – 18 tidak sebaik pada hari ke 4 – 12.

### 4.1.3 Pengalaman Pengguna

Selain pemenuhan spesifikasi, alat ini juga perlu di tes dari segi pengalaman pengguna. Hasil pengetesan pengalaman pengguna adalah seperti pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7. Pengalaman Pengguna

No	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
1	Fungsi	Alat berfungsi untuk memprediksi umur telur ayam dan fertilitasnya. Hasil dari prediksi kemudian dapat dimunculkan melalui layar OLED	Dipertahankan
2	Kemudahan pengoperasian	Alat ini dapat operasikan oleh pengguna dengan mudah. Pengguna dapat menggunakan alat dengan mudah dibantu dengan antarmuka yang ada	Dipertahankan
3	Kenyamanan pengguna	Alat ini sedikit kurang nyaman untuk digunakan karena ukuran pintu yang terlalu kecil untuk tangan dan LED yang terlalu terang	Perlu dilakukan perubahan desain wadah untuk menyesuaikan ukuran pintu serta perlu mengubah resistor pada LED.
4	Akurasi dan presisi	Akurasi dan presisi alat masih buruk.	Perlu dilakukan pemodelan ulang dengan dataset yang lebih baik
5	Keamanan	Alat telah dibuat dengan memperhatikan standar keamanan peralatan listrik.	Dipertahankan

Dari 5 komponen yang diuji, terdapat 2 hal yang perlu diperbaiki untuk menambah pengalaman pengguna yang lebih baik. Dari komponen kenyamanan pengguna perlu dilakukan perbaikan pada desain terutama pada bagian pintu masuk telur selain itu juga perlu mengubah resistor yang terpasang pada indikator LED. Pada komponen akurasi dan presisi perlu bisa dikembangkan dengan menggunakan data yang lebih baik.

### 4.1.4 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya

Pembuatan alat ini dilakukan mulai dari bulan Desember 2022 sampai Juni 2023. Untuk kegiatan lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan untuk anggaran dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.8. Kesesuaian antara usulan dan realisasi *timeline* pengerjaan Tugas Akhir 2

No	Kegiatan	Usulan waktu	Realisasi Pelaksanaan
1	Pembelian alat dan bahan	Desember 2022 – Januari 2023	Januari – Maret 2022
2	Pembuatan alat	Januari – April 2023	Februari – Juni 2023
3	Tes dan validasi hasil alat	Maret – Mei 2023	Mei – Juni 2023

Tabel 4.9 Kesesuaian RAB Tugas Akhir antara usulan dan realisasi

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
1	<i>Raspberry Pi 3B</i>	1 pc	Rp1,200,000.00	1 pc	Rp400,000.00
2	<i>Kamera Raspberry Pi</i>	1 pc	Rp78,000.00	1 pc	Rp78,000.00
3	<i>LED 1 Watt</i>	2 pcs	Rp2,000.00	2 pcs	Rp2,000.00
4	<i>head sink LED</i>	2 pcs	Rp800.00	2 pcs	Rp800.00
5	<i>LCD OLED</i>	1 pc	Rp70,000.00	1 pc	Rp70,000.00
6	<i>Push button</i>	6 pcs	Rp4,200.00	10 pcs	Rp7,000.00
7	<i>Push button cap</i>	6 pcs	Rp1,800.00	10 pcs	Rp3,000.00
8	<i>Power supply</i>	1 pc	Rp120,000.00	1 pc	Rp50,000.00
9	Kabel	5 meter	Rp10,000.00	4 meter	Rp10,000.00
10	PCB lubang	1 pc	Rp6,500.00	3 pcs	Rp19,500.00
11	Transistor	1 pc	Rp1,300.00	4 pcs	Rp5,200.00
12	Resistor	3 pcs	Rp700.00	9 pcs	Rp6,300.00
13	<i>40 pin Female header</i>	1 pc	Rp1,500.00	1 pc	Rp1,500.00
14	Filament PLA	1 pc	Rp250,000.00	1 pc	Rp250,000.00
15	Telur ayam	35 pcs	Rp3,000.00	35 pcs	Rp105,000.00

#### 4.2 Dampak Implementasi Sistem

Alat pendeteksi umur telur ayam pada sistem pengeraman otomatis ini bertujuan untuk membuat proses pemisahan telur fertil dan infertil serta memperkirakan umur telur menjadi lebih mudah dan cepat. Sistem yang berhasil dibuat saat ini masih memiliki akurasi dan presisi yang buruk. Sehingga prosesnya menjadi lebih mudah dan cepat. Pada Tabel 4.10 berikut adalah perbandingan sistem yang dibuat dengan sistem yang telah ada sebelumnya.

Tabel 4.10. Perbandingan sistem yang dibuat dengan sistem yang ada

No	Fitur/Komponen	Sistem yang dibuat	Sistem A (Teropong Telur)	Sistem B (Pandy A.S, dkk)	Sistem C (Banur Boynukara, dkk)
1	Teknologi	Kamera	Manual	Kamera	Ultrasonik
2	Kapasitas pengecekan	2 butir	1 butir	1 butir	1 butir
3	Cahaya lingkungan	Tidak terpengaruh	Terpengaruh	Tidak terpengaruh	Tidak terpengaruh
4	Persiapan pada telur	Harus bersih	Harus bersih	Harus bersih	Harus dilubangi
5	Akurasi	45%	-	93,3%	96-100%

## **BAB 5: Kesimpulan dan Saran**

### **5.1 Kesimpulan**

Dari pembuatan alat pendeteksi umur telur ayam untuk sistem pengeraman otomatis ini, dihasilkan alat yang dapat melakukan prediksi umur dan fertilitas telur ayam. Alat yang dibuat berhasil mengambil gambar dari telur dan memprediksi umur telur dan fertilitasnya dengan kapasitas 2 butir. Dengan bantuan alat ini maka proses pengecekan fertilitas telur menjadi lebih praktis karena tidak memerlukan kemampuan khusus bagi penggunanya. Sehingga orang awam dapat menggunakannya dengan mudah.

Namun akurasi hasil dari prediksi yang dihasilkan sekitar 45% masih kurang dari tujuan yang ditentukan yaitu 80%. Akurasi yang kecil tersebut disebabkan oleh data set yang tidak ideal. Data set yang kami dapatkan tidak semua telur fertilnya benar-benar berhasil menetas. Sebagian besar dari telur tersebut mengalami kematian embrio pada minggu terakhir. Selain itu juga terdapat gangguan dari cahaya yang bocor akibat desain yang kurang pas. Dari hasil pengujian, didapatkan hasil prediksi yang paling tinggi pada kategori telur fertil umur 10 – 12 hari. Pada kategori tersebut alat dapat mencapai presisi 85%, *recall* 79% dan *F1-score* 81%. Sehingga dari 2 tujuan yang ditetapkan hanya 1 saja yang berhasil dicapai.

### **5.2 Saran**

Dari hasil yang didapatkan pada pembuatan alat pendeteksi umur telur ayam pada sistem pengeraman otomatis ini diketahui bahwa alat memiliki akurasi 45% saja. Nilai akurasi tersebut lebih rendah dari pada pengecekan yang dilakukan manual oleh seorang profesional. Untuk memperbaiki hal tersebut maka perlu dilakukan pengambilan data yang lebih optimal, memastikan dataset valid dan memiliki noise yang minimal. Selain itu alat ini juga dapat dikembangkan untuk melakukan pengecekan jenis telur unggas lain dengan mengumpulkan data dari telur unggas tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Kandungan Gizi Daging Ayam Potong (Broiler) dan Manfaatnya,” Aug. 13, 2022. <https://chickin.id/blog/kandungan-gizi-daging-ayam-broiler/> (accessed Oct. 26, 2022).
- [2] “Konsumsi Daging Ayam Warga RI Meningkat, Capai Rekor pada 2021 | Databoks.” <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/10/06/konsumsi-daging-ayam-warga-ri-meningkat-capai-rekor-pada-2021> (accessed Oct. 26, 2022).
- [3] Wakhid, Abdul, *Membuat Sendiri Mesin Tetas Praktis*. Jakarta: AgroMedia Pustaka, 2017.
- [4] Achadri, Yanuar, “PENETASAN TELUR AYAM MENGGUNAKAN MESIN PENETAS OTOMATIS DAN PENGATURAN POSISI TELUR UNTUK MENINGKATKAN DAYA TETAS,” *Buletin Teknik Pertanian*, vol. 25, pp. 58–62, 2020.
- [5] P. A. Simanungkalit, H. Fitriyah, and E. Setiawan, “Sistem Klasifikasi Telur Ayam Fertil dan Infertil Menggunakan Fitur Tekstur Dan Metode K-Nearest Neighbor Berbasis Raspberry,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 1, pp. 405–411, 2021.
- [6] N. A. Fadchar and J. C. Dela Cruz, “Prediction Model for Chicken Egg Fertility Using Artificial Neural Network,” in *2020 IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, Bangkok, Thailand, Apr. 2020, pp. 916–920. doi: 10.1109/ICIEA49774.2020.9101966.
- [7] A. O. Adegbenjo, L. Liu, and M. O. Ngadi, “Non-Destructive Assessment of Chicken Egg Fertility,” *Sensors*, vol. 20, no. 19, Sep. 2020, doi: 10.3390/s20195546.
- [8] “Penyebab Telur Tidak Menetas dan Ciri-ciri Telur Fertil | Gemar Ternak dan Kicau Burung.” <https://ternakdanburung.blogspot.com/2017/07/penyebab-telur-tidak-menetas-dan-ciri.html?m=1> (accessed Oct. 11, 2022).
- [9] B. Boynukara, E. Önle, I. H. Çelen, and T. Z. Gulhan, “A study regarding the fertility discrimination of eggs by using ultrasound,” *Indian Journal of Animal Research*, vol. 51, no. 2, 2016, doi: 10.18805/ijar.v0iOF.4561.
- [10] D. Nurdiyah, S. Santosa, and R. A. Pramunendar, “KLASIFIKASI CITRA TELUR FERTIL DAN INFERTIL DENGAN ANALISIS TEKSTUR GRAY LEVEL CO-OCCURRENCE MATRIX DAN SUPPORT VECTOR MACHINE,” *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 11, no. 2, 2015.
- [11] W. Koodtalang, T. Sangsuwan, and A. Rerkratn, “Non-destructive Fertility Detection of Multiple Chicken Eggs Using Image Processing and Convolutional Neural Network,” *IOP Publishing*, vol. 11, no. 1, Jul. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/895/1/012013.

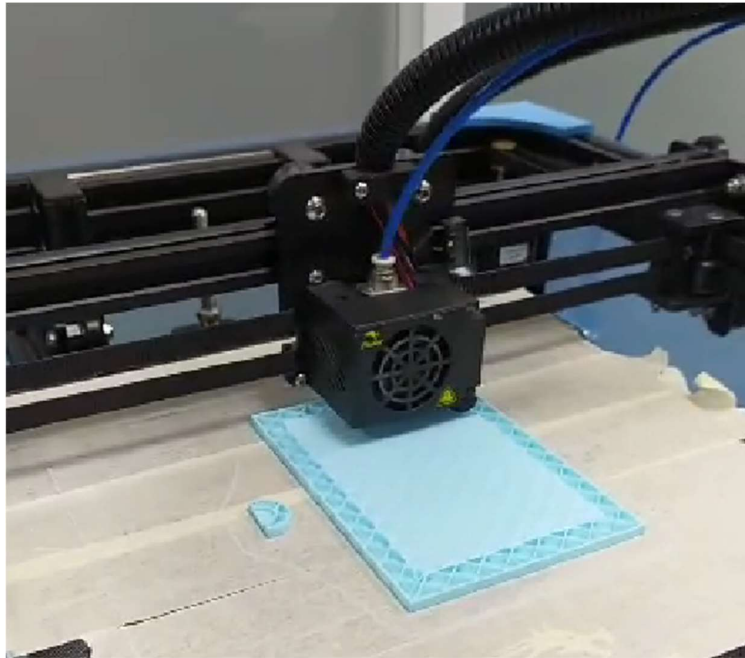


## LAMPIRAN

### Log Kegiatan

Hari, Tanggal	Deskripsi Kegiatan
Rabu, 11 Januari 2023	Pembelian modul kamera <i>Raspberry pi</i>
Kamis, 12 Januari 2023	Mempelajari penggunaan kamera <i>Raspberry pi</i>
Kamis, 9 Maret 2023	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1
Kamis, 16 Maret 2023	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1
Sabtu, 18 Maret 2023	Belanja komponen elektronik
Rabu, 29 Maret 2023	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1
Sabtu, 1 April 2023	Membeli filament 3D print
Senin, 3 April 2023	Mulai mencetak desain dengan 3D print
Kamis, 4 Mei 2023	Mulai merakit wadah dan rangkaian elektronik
Jumat, 5 Mei 2023	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1
Sabtu, 6 Mei 2023	Mempersiapkan inkubator Telur
Selasa, 9 Mei 2023	Mulai mengerami 11 telur ayam
Kamis, 11 Mei 2023	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1
Kamis, 11 Mei 2023	Mulai melakukan pengumpulan data perkembangan telur
Selasa, 16 Mei 2023	Menambahkan 6 telur ayam ke inkubator
Kamis, 18 Mei 2023	Menambahkan 6 telur ayam ke inkubator
Jumat, 19 Mei 2023	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1
Kamis, 25 Mei 2023	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1
Senin, 29 Mei 2023	Menambahkan 3 telur ayam ke inkubator
Jumat, 2 Juni 2023	Menambahkan 4 telur ayam ke inkubator
Selasa, 6 Juni 2023	Menambahkan 3 telur ayam ke inkubator
Sabtu, 10 Juni 2023	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1
Kamis, 15 Juni 2023	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1
Rabu, 21 Juni 2023	Membuat model prediksi umur dan fertilitas
Kamis, 22 Juni 2023	Bimbingan dengan dosen pembimbing 1
Jumat, 23 Juni 2023	Pengujian alat

## Foto Kegiatan

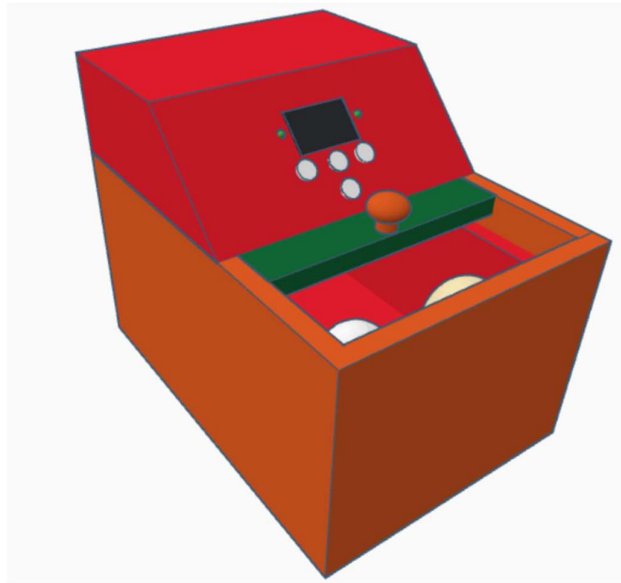


Mencetak wadah dengan 3D printer



Bimbingan dan laporan kemajuan dengan dosen pembimbing 1

# Desain Hardware

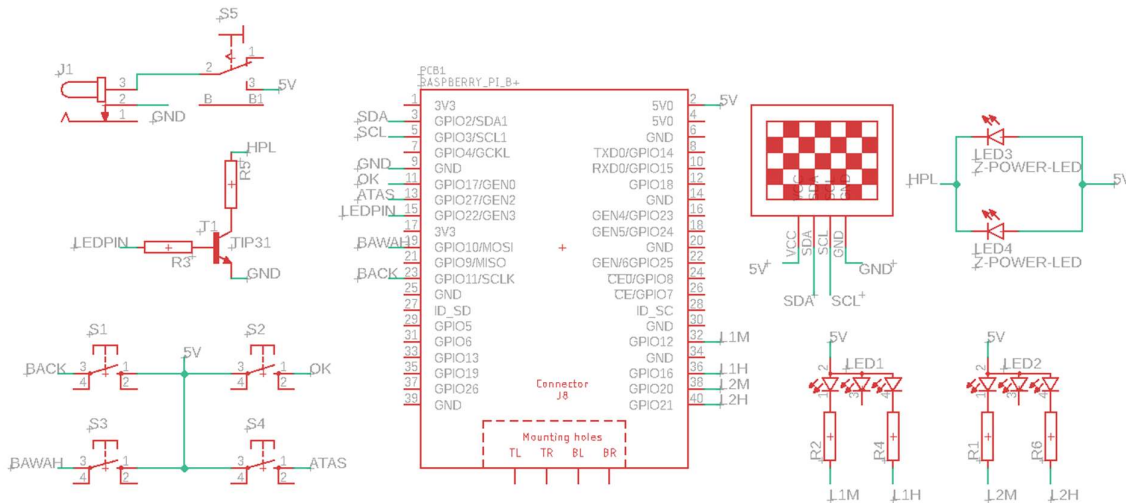


Desain wadah

## Desain tampilan antarmuka

Tampilan menu awal	Tampilan hasil prediksi	Menu opsi	Menu daya
<p>▶ CEK TELUR</p> <p>○ OPSI</p> <p>○ MATIKAN DAYA</p>	<p>▶ CEK TELUR ◀</p> <p>FERTIL [7-9]      FERTIL [7-9]</p>	<p>▶ OPSI ◀</p> <p>▶ RIWAYAT</p> <p>○ HAPUS DATA</p>	<p>YAKIN UNTUK MEMATIKAN DAYA?</p> <p>TIDAK      IYA</p>

## Skematik elektronik



## Dokumentasi keuangan

No.	Nama barang	Harga	Jumlah	Harga total
1	Raspberry Pi 3B	Rp400,000.00	1	Rp400,000.00
2	Raspberry Pi Camera	Rp78,000.00	1	Rp78,000.00
3	LED 1 Watt	Rp1,000.00	2	Rp2,000.00
4	head sink LED	Rp400.00	2	Rp800.00
5	LCD OLED	Rp70,000.00	1	Rp70,000.00
6	push button	Rp700.00	10	Rp7,000.00
7	push button cap	Rp300.00	10	Rp3,000.00
8	power supply	Rp50,000.00	1	Rp50,000.00
9	kabel	Rp2,500.00	4	Rp10,000.00
10	pcb lubang	Rp6,500.00	3	Rp19,500.00
11	Transistor	Rp1,300.00	4	Rp5,200.00
12	resistor	Rp700.00	9	Rp6,300.00
13	40 pin female header	Rp1,500.00	1	Rp1,500.00
14	filament PLA	Rp250,000.00	1	Rp250,000.00
15	telur ayam	Rp3,000.00	35	Rp105,000.00
<b>Total Pengeluaran</b>				<b>Rp1,008,300.00</b>

## Kode Program

<https://github.com/p-Nugroho/PredikTelur>



PERBAIKAN TUGAS AKHIR YANG DISARANKAN  
PADA WAKTU UJIAN TUGAS AKHIR  
Tanggal Ujian: 7 Juli 2023

---

Dosen Penguji

Nama : Elvira Sukma Wahyuni, S.Pd., M.Eng.

---

Kelompok yang diuji

Kelompok : H4

Topik : Deteksi Umur Telur Ayam Pada Sistem Pengeraman Otomatis

---

Saran/Komentar :

*Komentar revisi dikirimkan via e-mail .*