

**KLASIFIKASI TELUR FERTIL DAN INFERTIL
MENGUNAKAN RASPBERRY PI 3 DAN METODE
MOBILENETV2 BERBASIS *IMAGE PROCESSING***



LAPORAN AKHIR

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Laporan Tugas Akhir
Pendidikan Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Jurusan Teknik
Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya**

**OLEH:
MUHAMMAD DAFFA
062240342242**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan:

Nama : Muhammad Daffa
NIM : 062240342242
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Elektro
Jurusan : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Klasifikasi Telur Fertil dan Infertil Menggunakan Raspberry Pi 3 dan Metode MobileNetV2 Berbasis Image Processing
Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri serta bebas dari tindakan plagiasi dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.
2. Dapat menyelesaikan segala urusan terkait pengumpulan revisi Tugas Akhir yang sudah disetujui oleh dewan penguji paling lama 1 bulan setelah ujian Tugas Akhir.
3. Dapat menyelesaikan segala urusan peminjaman/penggantian alat/buku dan lainnya paling lama 1 bulan setelah ujian Tugas Akhir.

Apabila di kemudian hari diketahui ada pernyataan yang terbukti tidak benar dan tidak dapat dipenuhi, maka saya siap bertanggung jawab dan menerima sanksi tidak diikutsertakan dalam prosesi wisuda serta dimasukkan dalam daftar hitam oleh Jurusan Teknik Elektro sehingga berdampak tertundanya pengambilan Ijazah & Transkrip (ASLI & COPY). Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan dalam keadaan sadar tanpa paksaan.

Palembang, Juli 2026



an,

Muhammad Daffa

LEMBAR PENGESAHAN

KLASIFIKASI TELUR FERTIL DAN INFERTIL MENGGUNAKAN RASPBERRY PI 3 DAN METODE MOBILENETV2 BERBASIS IMAGE PROCESSING



Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Laporan Tugas Akhir
Pendidikan Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Jurusan Teknik
Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.

Oleh:

Muhammad Daffa
062240342242

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I,

Ir. M. Nawawi, M.T.
NIP. 196312221991031006

Dosen Pembimbing II,

Ir. Renay Maslinda, S.T., M.T.
NIP. 198910022919032013

Mengetujui,

Ketua Jurusan
Teknik Elektro,



Dr. Ir. Selamat Muslimin, S.T., M.Engg., I.P.M.
NIP. 197907222008011007

Koordinator Program Studi
Sarjana Terapan Teknik Elektro,

Ir. Renay Maslinda, S.T., M.T.
NIP. 198910022919032013

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

“Sesungguhnya di balik setiap kesulitan terdapat kemudahan, dan setelah satu urusan selesai, teruslah bersungguh-sungguh menuju urusan berikutnya, serta hanya kepada Tuhan-Mulah seluruh harapan ditumpukan.”

-(QS. Al-Insyirah, 6-8)-

“Teguh pada kebenaran adalah keberanian sejati; gentar pada kesalahan adalah kebijaksanaan yang sesungguhnya.”

-(Muhammad Daffa)-

PERSEMBAHAN:

Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada:

1. Ayah, Ibu, dan seluruh keluarga tercinta yang senantiasa penulis hormati dan kasihi. Segala doa tulus, dukungan yang tak pernah pudar, curahan kasih sayang, nasihat yang menyejukkan, serta pengorbanan tanpa batas menjadi kekuatan penulis dalam menyelesaikan laporan ini.
2. Bapak Ir. M. Nawawi, M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Ir. Renny Maulidda, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II. Kesabaran, keilmuan, arahan, serta motivasi yang diberikan selama proses penyusunan tugas akhir ini sangat berarti bagi penulis.
3. Teman-teman seperjuangan yang selalu hadir memberikan semangat, dukungan, dan tawa di tengah lelah dan tekanan selama masa perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
4. Almamaterku, Politeknik Negeri Sriwijaya, tempat penulis menimba ilmu, berkembang, dan bertumbuh hingga sampai pada titik ini.

ABSTRAK

KLASIFIKASI TELUR FERTIL DAN INFERTIL MENGGUNAKAN RASPBERRY PI 3 DAN METODE MOBILENETV2 BERBASIS IMAGE PROCESSING

(2026: 82 Halaman + Gambar + Tabel + 27 Daftar Pustaka + 27 Lampiran)

MUHAMMAD DAFFA

062240342242

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Penelitian ini mengembangkan sistem klasifikasi telur fertil dan infertil secara otomatis menggunakan teknik candling berbasis pengolahan citra digital pada Raspberry Pi 3 Model B+ dengan metode transfer learning MobileNetV2. Sistem mencakup inkubator cerdas dengan kendali suhu otomatis 37°C–38°C dan pipeline preprocessing berbasis OpenCV yang meliputi peningkatan kontras (CLAHE), segmentasi Otsu, morphological closing, dan normalisasi piksel. Model MobileNetV2 dilatih dengan bobot pre-trained ImageNet terhadap 870 citra candling dua kelas (Fertil dan Infertil). Evaluasi menunjukkan akurasi validasi 99,42% sejak epoch pertama (loss 0,0297), dengan Precision 99,43%, Recall 99,42%, F1-Score 99,42%, dan AUC-ROC 99,97%—seluruhnya melampaui target minimum 80%. Recall kelas Infertil mencapai 100,00%, artinya tidak ada sampel infertil yang salah diklasifikasikan. Pengujian pada 32 sampel telur di luar data pelatihan membuktikan konsistensi prediksi model pada hari ke-7 dan ke-14 inkubasi. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem candling otomatis berbasis Raspberry Pi 3 dan MobileNetV2 efektif, akurat, dan andal untuk mendukung produktivitas peternakan unggas skala kecil hingga menengah.

Kata Kunci: MobileNetV2, Candling, Klasifikasi Telur, Raspberry Pi 3, Image Processing, Transfer Learning, Deep Learning.

ABSTRACT

CLASSIFICATION OF FERTILE AND INFERTILE EGGS USING RASPBERRY PI 3 AND MOBILENETV2 METHOD BASED ON IMAGE PROCESSING

(2026: 82 Pages + Figures + Tables + 27 References + 27 Appendices)

MUHAMMAD DAFFA

062240342242

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING

D-IV ELECTRICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

This study develops an automated fertile and infertile egg classification system using digital image processing-based candling on a Raspberry Pi 3 Model B+ with MobileNetV2 transfer learning. The system integrates a smart incubator with automatic temperature control (37°C–38°C) and an OpenCV preprocessing pipeline including CLAHE contrast enhancement, Otsu segmentation, morphological closing, and pixel normalization. The MobileNetV2 model was trained with pre-trained ImageNet weights on 870 candling images across two classes (Fertile and Infertile). Evaluation results show a validation accuracy of 99.42% from the first epoch (loss 0.0297), with Precision 99.43%, Recall 99.42%, F1-Score 99.42%, and AUC-ROC 99.97%—all exceeding the 80% minimum target. The Infertile class Recall reached 100.00%, confirming zero false positives. Testing on 32 egg samples outside the training set demonstrated consistent predictions at day 7 and day 14 of incubation. These results confirm that the Raspberry Pi 3 and MobileNetV2-based automated candling system is accurate, efficient, and reliable for supporting small to medium-scale poultry farming productivity.

Keywords: MobileNetV2, Candling, Egg Classification, Raspberry Pi 3, Image Processing, Transfer Learning, Deep Learning.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas limpahan karunia-Nya sehingga Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“KLASIFIKASI TELUR FERTIL DAN INFERTIL MENGGUNAKAN RASPBERRY PI 3 DAN METODE MOBILENETV2 BERBASIS *IMAGE PROCESSING*”** dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis proposal ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Teknik Elektro Pada Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya. Proposal Tugas Akhir ini berisi Bab I Pendahuluan, Bab II Tinjauan Pustaka, Bab III Metodologi Penelitian, Bab IV Jadwal Kegiatan dan Anggaran Biaya.

Penyusunan Proposal Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, arahan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih:

1. Bapak Ir.M.Nawawi,M.T. Selaku Dosen Pembimbing I
2. Ibu Renny Maulidda, S.T., M.T., Selaku Dosen Pembimbing II.

Kemudian dengan segala ketulusan hati penulis juga berterimakasih atas dukungan, bimbingan, bantuan, dan kemudahan dari berbagai pihak, antara lain:

1. Bapak Ir. Irawan Rusnadi, M.T. Selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Ir. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom., IPM. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Ibu Ir. Lindawati, S.T., M.T.I. Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ibu Ir. Renny Maulidda, S.T., M.T. Selaku Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Orang Tua, Adik dan sahabat penulis yang telah memberi dukungan, semangat, kasih sayang dan cinta yang sangat besar, baik segi tenaga, materi, pendidikan, dan motivasi.
6. Semua pihak yang telah membantu dan menyelesaikan laporan ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran mendukung dari pembaca untuk perbaikan di masa mendatang. Terima kasih atas perhatiannya.

Palembang, Juni 2026

Penulis



MUHAMMAD DAFFA
NIM. 062240342242

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Metode Penelitian	4
1.6.1 Metode Literatur	4
1.6.2 Metode Observasi	4
1.6.3 Metode Eksperimen.....	4
1.6.4 Metode Eksperimen.....	5
1.7 Sistematikan Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>State Of The Art</i>	7
2.2 Inkubator	16
2.2.1 Proses Penetasan Telur Ayam Kampung	16
2.2.2 Teknik <i>Candling</i>	17
2.3 Pengolahan Citra Digital (Image Processing).....	18

2.3.1 Akuisisi Citra.....	18
2.3.2 Preprocessing Citra	18
2.3.3 Segmentasi Citra	20
2.3.4 Ekstraksi Fitur	20
2.3.5 Klasifikasi Citra	21
2.4 Raspberry Pi 3	21
2.4.1 Spesifikasi Raspberry Pi 3 Model B.....	22
2.4.2 Modul Kamera Raspberry Pi	23
2.5 OpenCV (Open Source Computer Vision Library).....	24
2.5.1 Pengolahan Citra dengan OpenCV pada Raspberry Pi	24
2.6 Elemen Pemanas dan Aktuator Inkubator	25
2.6.1 Elemen Pemanas (Heating Element).....	26
2.6.2 Modul Relay	26
2.6.3 LED sebagai Sumber Cahaya Candling	26
2.7 Bahasa Pemrograman Python.....	27
2.7.1 Pustaka RPi.GPIO	27
2.8 Citra Digital	28
2.8.1 Ruang Warna (Color Space).....	28
2.8.2 Histogram Citra	29
2.9 Metode Klasifikasi Berbasis Citra	29
2.9.1 <i>Thresholding</i> (Metode Otsu)	29
2.9.2 Deteksi Tepi (<i>Edge Detection</i>)	29
2.10 MobileNetV2	30
2.10.1 Arsitektur MobileNetV2.....	31
2.11 Komponen Pendukung Sistem	32
2.11.1 Catu Daya (<i>Power Supply</i>).....	32
2.12.2 MicroSD Card	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Kerangka Tugas Akhir	33
3.1.1 Studi Literatur	34
3.1.2 Perancangan Sistem (Hardware dan Software).....	34

3.1.3 Pengumpulan dan Praproses Data.....	34
3.1.4 Implementasi dan Integrasi Sistem.....	35
3.2 Blok Diagram.....	35
3.2.1 Blok Diagram Sistem Smart Incubator	36
3.2.2 Blok Diagram Diagram Subsistem Klasifikasi Telur Berbasis Image Processing	37
3.3 Flowchart	37
3.3.1 Flowchart Klasifikasi MobileNetV2.....	38
3.3.2 Flowchart Arsitektur MobileNetV2	39
3.4 Perancangan Sistem	41
3.4.1 Perancangan <i>Hardware</i>	41
3.4.2 Perancangan <i>Software</i>	43
3.4.3 Perancangan Rangkaian	43
3.5 Arsitektur MobileNetV2 Klasifikasi	45
3.6 Prinsip Kerja Alat	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
4.1 Realisasi Alat.....	48
4.1.1 Monitoring RealVNC Viewer	50
4.2 Hasil Pengumpulan dan Preprocessing Dataset	52
4.3 Hasil Pelatihan Model MobileNetV2	54
4.4 Hasil Evaluasi Model pada Data Validasi	59
4.4.1 Analisis Confusion Matrix	60
4.4.2 Analisis Kurva ROC dan AUC	61
4.5 Hasil Prediksi pada Data Uji Candling	62
4.5.1 Hasil Prediksi Gambar Day 7	67
4.5.2 Hasil Prediksi Gambar Day 14	69
4.6 Analisis Performa Model dan Grafik Training.....	72
4.6.1 Kurva Akurasi dan Loss	72
4.6.2 Kurva Precision, Recall, dan AUC.....	73
4.7 Pembahasan	73
4.7.1 Efektivitas Preprocessing.....	74

4.7.2 Efektivitas Transfer Learning MobileNetV2	74
4.7.3 Analisis Kesalahan Klasifikasi.....	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA.....	80
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Telur Fertil dan Infertil	17
Gambar 2. 2 Ilustrasi Tahapan Praproses Citra Telur: (a) Citra Asli, (b) Grayscale, (c) Hasil Thresholding Otsu	19
Gambar 2. 3 Raspberry Pi 3 Model B	22
Gambar 2. 4 Raspberry Pi Camera Module V3	24
Gambar 2. 5 OpenCV.....	24
Gambar 2. 6 Modul Relay.....	26
Gambar 2. 7 Thonny Python IDE	27
Gambar 2. 8 Arsitektur MobileNetV2.....	31
Gambar 2. 9 Adaptor Catu Daya	32
Gambar 2. 10 MicroSD Card	32
Gambar 3. 1 Kerangka Pelaksanaan Tugas Akhi.....	33
Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem Smart Incubator	36
Gambar 3. 3 Blok Diagram Subsistem Klasifikasi Telur Berbasis Image Processing	37
Gambar 3. 4 Flowchart Sistem kendali dan Klasifikasi MobileNetV2.....	38
Gambar 3. 5 Flowchart Arsitektur MobileNetV2	40
Gambar 3. 6 Tampak Depan Alat (Kondisi Tertutup)	41
Gambar 3. 7 Tampak Samping.....	42
Gambar 3. 8 Tampak Depan Perangkat (Kondisi Terbuka)	42
Gambar 3. 9 Struktur Bagian dalam Alat	43
Gambar 3. 10 Rangkaian Raspberry Pi 3 Model B dengan Raspberry Pi Camera Module V3	44
Gambar 3. 11 Arsitektur MobileNetV2 Klasifikasi	45
Gambar 4. 1 Tampilan Dalam Inkubator: Kamera, Raspberry Pi3 B+	49
Gambar 4. 2 Tampilan Keseluruhan Smart Incubator dalam Kondisi Terbuka	50
Gambar 4. 3 Tampilan Sistem Melalui Monitor Eksternal	51
Gambar 4. 4 Tampilan Autentikasi RealVNC Viewer pada Laptop.....	52
Gambar 4. 5 Grafik Akurasi Pelatihan Model MobileNetV2	56
Gambar 4. 6 Grafik Loss Pelatihan Model MobileNetV2	57
Gambar 4. 7 Grafik Precision Pelatihan Model MobileNetV2	58
Gambar 4. 8 Grafik Recall Pelatihan Model MobileNetV2.....	58
Gambar 4. 9 Grafik AUC Pelatihan Model MobileNetV2.....	59
Gambar 4. 10 Evaluasi Model Confusion Matrix dan Metrik Evaluasi Data Validasi.....	61
Gambar 4. 11 Kurva ROC - Data Validasi	61

Gambar 4. 12 Hasil Prediksi 4 Sampel Telur Hari ke-7 (Original, Grayscale, Otsu, Hasil)	67
Gambar 4. 13 Hasil Prediksi 4 Sampel Telur Hari ke-14 (Original, Grayscale, Otsu, Hasil)	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>State of The Art</i> Smart Incubator dan Klasifikasi Telur	7
Tabel 2. 2 Karakteristik Nilai Fitur Telur Fertil dan Infertil	21
Tabel 2. 3 Spesifikasi Raspberry Pi 3 Model B	22
Tabel 4. 1 Distribusi Dataset Citra Telur.....	53
Tabel 4. 2 Konfigurasi Pelatihan Model MobileNetV2	55
Tabel 4. 3 Riwayat Akurasi dan Loss Pelatihan per Epoch.....	55
Tabel 4. 4 Hasil Evaluasi Model pada Data Validasi	60
Tabel 4. 5 Confusion Matrix Hasil Evaluasi	60
Tabel 4. 6 Hasil Prediksi Model pada Sampel Telur Hari ke-7.....	62
Tabel 4. 7 Hasil Prediksi Model pada Sampel Telur Hari ke-14.....	64
Tabel 4. 8 Perbandingan Prediksi Hari ke-7 dan Hari ke-14 dengan Ground Truth Hari ke-21.....	69
Tabel 4. 9 Perbandingan Metrik Evaluasi terhadap Target 80%	72