

**SISTEM IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK SUHU TELUR
MENGUNAKAN *THERMAL IMAGING CAMERA* BERBASIS
PENGOLAHAN CITRA**

(Tesis)

Oleh

**TIYA MUTHIA
2025031009**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

**SISTEM IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK SUHU TELUR
MENGUNAKAN *THERMAL IMAGING CAMERA* BERBASIS
PENGOLAHAN CITRA**

Oleh
TIYA MUTHIA

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER TEKNIK ELEKTRO

Pada

Program Pascasarjana Magister Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRACT

EGG TEMPERATURE CHARACTERISTICS IDENTIFICATION SYSTEM USING THERMAL IMAGING CAMERA BASED ON IMAGE PROCESSING

By

TIYA MUTHIA

An eggs fertility level is one of the main factors for the success of an egg to hatch properly. Fertility detection is currently still visually based on the method of observing eggs one by one. This takes time and costs so that it will affect the production results of poultry farming. This study aims to determine the temperature characteristics of chicken eggs which will distinguish between fertile eggs (embryoed) and infertile eggs (non-embryoed) by using thermal image processing. The image in this study was obtained using a thermal camera flir. Image processing is done in the form of cropping, grayscaling, and region of interest using MATLAB software. Image processing of chicken eggs is carried out to obtain results that can identify the temperature of the eggs. The image of a chicken egg used in this study is a group egg image. From the research that has been carried out, two characteristics of temperature during the incubation period are obtained, namely when the temperature of the eggs every day increases relatively stable, then these eggs can be classified as fertile eggs, while eggs whose temperature during the incubation period is unstable then these eggs are categorized as infertile eggs.

Keywords: Eggs, Thermal Image, Temperature, Fertile, Infertile

ABSTRAK

SISTEM IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK SUHU TELUR MENGUNAKAN *THERMAL IMAGING CAMERA* BERBASIS PENGOLAHAN CITRA

Oleh

TIYA MUTHIA

Suatu tingkat fertilitas sebuah telur adalah salah satu faktor utama keberhasilan sebuah telur agar dapat menetas dengan baik. Pendeteksian fertilitas saat ini masih berbasis visual dengan metode peneropongan telur satu per satu. Hal tersebut memakan waktu dan biaya sehingga akan berpengaruh pada hasil produksi budidaya ternak unggas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik suhu pada telur ayam yang akan membedakan antara telur fertil (berembrio) dan telur infertil (tidak berembrio) dengan menggunakan pengolahan citra termal. Citra pada penelitian ini diperoleh dengan menggunakan flir kamera termal. Proses pengolahan citra yang dilakukan berupa *cropping*, *grayscale*, dan *region of interest* menggunakan perangkat lunak MATLAB. Pengolahan citra telur ayam yang dilakukan untuk memperoleh hasil yaitu dapat mengidentifikasi suhu pada telur. Citra telur ayam yang digunakan dalam penelitian merupakan citra telur kelompok. Dari penelitian yang telah dilakukan di dapatkan dua karakteristik suhu selama masa inkubasi yaitu ketika suhu pada telur tiap harinya mengalami peningkatan dengan relatif stabil maka telur tersebut dapat diklasifikasikan sebagai telur fertil, sedangkan telur yang suhu saat masa inkubasi tidak stabil maka telur tersebut dikategorikan sebagai telur infertil.

Kata Kunci: Telur, Citra Termal, Suhu, Fertil, Infertil

Judul Tesis : **SISTEM IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK SUHU TELUR MENGGUNAKAN *THERMAL IMAGING CAMERA* BERBASIS PENGOLAHAN CITRA**

Nama Mahasiswa : **Tiya Muthia**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2025031009

Program Studi : Magister Teknik Elektro

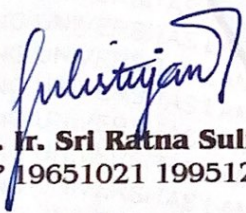
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T.
NIP 19651021 199512 2 001


Dr. Eng. F.X. Arinto S., S.T., M.T.
NIP 19691219 199903 1 002

2. Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro


Misfa Susanto, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19710525 199903 1 001

MENGESAHKAN

1. Komisi Penguji

Ketua Komisi Penguji
(Pembimbing I)

: **Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T.**



Sekretaris Komisi Penguji
(Pembimbing II)

: **Dr. Eng. F.X. Arinto S., S.T., M.T.**



Anggota Komisi Penguji
(Penguji I)

: **Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T.**

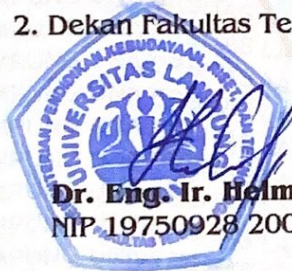


Anggota Komisi Penguji
(Penguji II)

: **Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

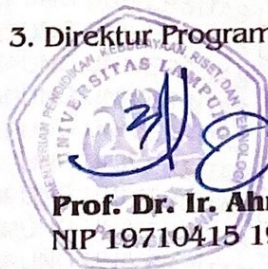


2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. ♪
NIP. 19750928 200112 1 002

3. Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.
NIP. 19710415 199803 1 005

Tanggal Lulus Ujian Tesis : **03 November 2022**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa sesungguhnya tesis yang saya susun sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Magister Teknik pada Program Pascasarjana Magister Teknik Elektro seluruhnya adalah benar merupakan hasil karya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis ini, saya kutip dari hasil penulisan orang lain yang sumbernya dituliskan dengan jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah.

Tesis dengan judul “Sistem Identifikasi Karakteristik Suhu Telur Menggunakan *Thermal Imaging Camera* Berbasis Pengolahan Citra” dapat diselesaikan berkat bimbingan dan motivasi dari pembimbing-pembimbing saya, yaitu:

1. Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, S.T., M.T.
2. Dr. Eng. F.X. Arinto Setyawan, S.T., M.T.

Saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, khususnya kedua dosen pembimbing dan Bapak/ Ibu Dosen Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Lampung yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan dan motivasi.

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis yang saya buat ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 November 2022



Tiya Muthia
NPM: 2025031009

RIWAYAT HIDUP



Penulis Lahir di Bandarlampung, pada tanggal 23 Juni 1998 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, keturunan bapak Syahrul dan ibu Siti Mustasih.

Pendidikan Sekolah Dasar diselesaikan di SDN 2 Gulak-Galik Bandarlampung pada tahun 2009,

Sekolah Menengah Pertama di SMPN 16 Bandarlampung diselesaikan pada tahun 2012,

Sekolah Menengah Atas di SMAN 6 Bandarlampung diselesaikan pada tahun 2015.

Pada tahun 2015, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif menjadi asisten pada tahun 2017 hingga 2019 di Laboratorium Elektronika. Penulis juga aktif dalam organisasi HIMATRO sebagai Anggota Divisi Humas pada tahun 2016 dan Anggota Divisi Kominfo tahun 2017.

Penulis juga aktif di BEM FT sebagai staff Dinas Kominfo tahun 2016, staff Dinas PSDM tahun 2017, dan Sekertaris Dinas Eksternal tahun 2018. Pada rentang waktu

23 Juli—23 Agustus 2018 penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. GGF dan ditempatkan pada Diisi *Maintanance Cannary*. Penyelesaian Kerja Praktik tersebut

menghasilkan sebuah laporan Kerja Praktik dengan judul “Sistem Pengendalian *Vacuum Sealer Packaging Machine* Pada Produksi *Pouched Pineapple* Menggunakan *Human Machine Interface (Hmi)* Di Pt. Great Giant Foods“.

Pada Tahun 2020 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Program Pascasarjana Teknik Elektro Universitas Lampung. Dan pada tahun 2022 penulis melakukan penelitian pada bidang pengolahan citra dengan judul tesis “Sistem Identifikasi Karakteristik Suhu Telur Menggunakan *Thermal Imaging Camera* Berbasis Pengolahan Citra” dibawah bimbingan Ibu Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Eng. F.X. Arinto Setyawan, S.T., M.T.

PERSEMBAHAN



Dengan Ridho Allah SWT, teriring shalawat kepada Nabi Muhammad SAW

Karya Tulis ini kupersembahkan untuk:

Ayah dan Ibuku Tercinta

Alm. Syahrul dan Siti Mustasih

Serta Adik-adikku Tersayang

Farid Nasrul dan M. Faqih Khoirullah

Dosen Teknik Elektro

Yang selalu membimbing, mengajarkan, memberikan saran, baik secara akademis maupun non akademis

Teman- teman kebanggaanku

Rekan – rekan Jurusan Teknik Elektro

Sahabat-sahabatku

Yang selalu membantu, memberikan semangat, mendukung menuju keberhasilan, serta berbagi cerita suka duka dalam berkeluh kesah

Keluarga Besar Magister Teknik Elektro 2020

Yang selalu memberi semangat, dukungan dalam proses yang sangat panjang, dan selalu berdiri bersama dalam perjuangan menuju kesuksesan

Almamaterku

Universitas Lampung

Bangsa dan Negaraku

Republik Indonesia

Terima kasih untuk semua yang telah diberikan kepadaku. *Jazzakallah Khairan*

MOTTO

“Dan berbuat baiklah, karena sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang berbuat baik.”—Qs. Al-Baqarah: 195

”Waktu itu adalah lingkaran nasib tanpa henti. Siang-malam, pagi-petang, sepanjang tahun tak pernah rehat. Dalam setiap kesempatan putaran nasibnya selalu terjadi tiga kemungkinan. Paralel, bergerak serentak.” —Tereliye

“Ubah pikiranmu dan kau dapat mengubah duniamu.”—Norman Vincent Peale

“Teruslah bangkit walaupun sudah terjatuh berkali-kali, karena kita tidak akan tahu apa yang akan kita dapat dikemudian hari.”—Tiya Muthia

SAN WACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillahirobbilalamin, Penulis haturkan puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah, serta inayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tesis dengan mempersembahkan judul tesis “Sistem Identifikasi Karakteristik Suhu Telur Menggunakan *Thermal Imaging Camera* Berbasis Pengolahan Citra” dengan sebaik-baiknya.

Shalawat beriring salam selalu tercurah kepada junjungan seluruh alam Nabi Muhammad SAW, sahabatnya, serta para pengikutnya yang selalu istiqomah diatas jalan agama islam hingga hari ajal menjemput.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bimbingan, motivasi dan bantuan baik moral maupun materi oleh banyak pihak. Untuk itu dengan sepenuh ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Karomani, M. Si, Selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. Selaku Direktur Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3. Bapak Prof. Dr. Ir. Suharno, M.sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Ibu Herlinawati, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
5. Bapak Misfa Susanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Lampung.
6. Ibu Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama tesis sekaligus dosen pembimbing akademik yang banyak memberikan waktu, ide pemikiran dan semangat serta motivasi bagi penulis.
7. Bapak Dr. Eng. F.X. Arinto Setyawan, S.T., M.T. selaku pembimbing kedua tesis, yang telah banyak memberikan waktu, pengalaman, motivasi dan pemikiran bagi penulis.
8. Ibu Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T. selaku dosen penguji utama sekaligus yang telah banyak memberikan kritik, saran dan motivasi yang bermanfaat bagi penulis.
9. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji kedua yang telah banyak memberikan kritik dan saran yang bermanfaat bagi penulis.
10. Seluruh Dosen Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Lampung, berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan.
11. Seluruh Tenaga Pendidik Program Studi Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah banyak membantu kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

12. Seluruh teman-teman Program Studi Magister Teknik Elektro Unila angkatan 2020 untuk kebersamaan yang telah dijalani. Tiada kata yang dapat penulis utarakan untuk mengungkapkan perasaan senang dan bangga menjadi bagian dari angkatan 2020.
13. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari segi isi maupun cara penyajiannya. Oleh karena itu, Penulis sangat mengharapkan saran serta kritik yang bersifat membangun dari pembaca. Akhir kata sedikit harapan penulis semoga karya sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin Allahumma Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, 30 November 2022

Penulis,

Tiya Muthia

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRACT	iii
ABSTRAK	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
SURAT PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
SAN WACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
1.6 Hipotesis Penelitian.....	7

II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Penelitian Terdahulu.....	8
2.2 Pengolahan Citra	13
2.3 <i>Thermal Imaging</i>	14
2.4 Akuisisi Citra.....	15
2.5 Fertilitas Telur	16
2.6 <i>Preprocessing</i> Citra	17
2.7 Histogram	18
2.8 <i>Region Of Interest</i>	18
III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	20
3.3 Prosedur Penelitian	20
3.4 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	24
3.5 Persiapan Uji Sampel.....	26
3.6 Prosedur Pengambilan Gambar.....	27
3.7 Prosedur Pengolahan Citra.....	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Hasil Penelitian	30
4.1.1 Proses Perolehan Citra	31
4.1.2 Proses Pengolahan.....	33

4.1.3 Hasil Pengolahan dengan MATLAB	34
4.1.4 Hasil Pengumpulan data Sampel.....	42
4.2 Pembahasan.....	44
V. KESIMPULAN.....	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Niali Area Label Objek	41
Tabel 2. Data Sampel Suhu	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Citra Thermal	15
Gambar 2.2 Proses Akuisisi Digital	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Penelitian	21
Gambar 3.2 Diagram Alir Metode yang Diusulkan	22
Gambar 3.3 Diagram Tulang Ikan Tahapan Penelitian.....	24
Gambar 3.4 Komponen Software Sistem.....	24
Gambar 3.5 Perancangan Desain Inkubator.....	25
Gambar 3.6 Kamera termal FLIR C3-X Series.....	27
Gambar 3.7 Proses Pengambilan Data	27
Gambar 3.8 Spesifikasi kamera termal FLIR C3-X Series	28
Gambar 4.1 Penyimpanan Telur dalam Inkubator	30
Gambar 4.2 Telur hasil <i>candling</i> atau peneropongan	32
Gambar 4.3 Hasil perolehan citra dengan kamera termal	32
Gambar 4.4 Tampilan perangkat lunak MATLAB R2013a	33
Gambar 4.5 Citra sebelum palet warna di potong.....	35
Gambar 4.6 Citra Palet warna	35
Gambar 4.7 Citra yang telah dilakukan ROI <i>freehand</i>	37
Gambar 4.8 Citra <i>Grayscale</i>	38

Gambar 4.9 Gambar 4.9 (a) Citra RGB, (b) Histogram Citra R, (c) Histogram Citra G, (d) Histogram Citra B	39
Gambar 4.10 (a) Citra <i>Grayscale</i> , (b) Histogram Citra <i>Grayscale</i>	39
Gambar 4.11 Hasil Pelabelan Citra	42
Gambar 4.12 Grafik nilai rerata suhu	44
Gambar 4.13. Grafik perkembangan suhu pada telur nomor 5	45
Gambar 4.14 Grafik perkembangan suhu pada telur nomor 4	46
Gambar 4.15 Grafik perbandingan suhu pada telur nomor 4 dan telur nomor 5 ..	47
Gambar 4.16 Grafik perkembangan suhu pada telur nomor 9	47
Gambar 4.17 Grafik perkembangan suhu pada telur nomor 8	48
Gambar 4.18 Grafik perbandingan suhu pada telur nomor 8 dan telur nomor 9 ..	48
Grafik 4.19 Grafik perbandingan suhu telur	49

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Telur adalah substansi yang dihasilkan oleh ternak itu sendiri sendiri di dalam tubuhnya, substansi tersebut membentuk organisme baru atau kehidupan baru dalam kata lain telur merupakan benda bercangkang yang didalamnya terdapat embrio yang dihasilkan oleh unggas seperti ayam, burung, dan itik.

Telur merupakan salah satu bahan pangan yang sempurna, karena memiliki kandungan zat gizi dalam jumlah yang cukup. Kandungan seperti protein yang membantu memelihara dan memperbaiki jaringan tubuh manusia termasuk otot, lemak sehat omega-3 yang baik untuk kinerja otak dan memori, vitamin D yang dapat membantu penyerapan kalsium dalam tubuh dan memelihara kekebalan tubuh manusia, vitamin B12 yang bermanfaat untuk pembentukan sel darah merah yang sehat, serta mineral yodium yang sangat dibutuhkan untuk kelangsungan hidup manusia.

Selain mempunyai nilai gizi yang cukup tinggi dan harga yang relatif murah dibandingkan dengan sumber protein hewani yang lainnya menjadikan telur sebagai pilihan pengganti selain daging. Hal ini membuat konsumsi telur terus meningkat. Peningkatan ini dapat dilihat dari kenaikan konsumsi telur perkapita dan produksi telur secara umum di Indonesia. Menurut data Badan

Pusat Statistik (BPS), konsumsi telur per kapita per tahun sebanyak 18,44 Kg pada tahun 2017 dan meningkat menjadi 28,16 Kg pada tahun 2020 [1].

Industri inkubasi merupakan salah satu industri utama dalam rantai produksi hasil budidaya ternak unggas dan berperan besar dalam pemeliharaan unggas. Daya tetas telur merupakan faktor penting dalam industri inkubasi. Namun, faktor terpenting adalah memastikan bahwa telur yang ditempatkan di inkubator benar-benar telur yang subur. Deteksi telur yang tidak subur dan tidak dapat menetas akan meningkatkan produktivitas dan menguntungkan, karena menghemat ruang, biaya, dan mencegah kontaminasi bakteri pada telur.

Tingkat keberhasilan pada penetasan telur dapat ditingkatkan dengan memilih dan memisahkan antara telur berembrio (fertil) dengan telur yang tidak berembrio (infertil). Telur fertil diletakan dalam inkubator untuk dilakukan proses penetasan. Sedangkan telur yang tidak memiliki embrio (infertil) dapat segera dipisahkan untuk keperluan konsumsi.

Pada umumnya untuk mengetahui telur fertil dan infertil dilakukan proses peneropongan (*candling*). Proses *candling* membutuhkan tenaga kerja, dan tidak terlalu efisien. Faktor kelelahan dan kesalahan penglihatan para pekerja menjadi masalah utama, karena mereka harus memeriksa ratusan bahkan ribuan telur per hari. Oleh karena itu, biasanya hanya beberapa telur yang dipilih secara acak berdasarkan bentuk fisik, warna dan kondisi cangkang telur. Parameter tersebut dijadikan sebagai penentuan kesuburan telur, yang berarti

sebagian besar telur yang tidak subur kemungkinan akan tetap berada di inkubator. Selain masalah sumber daya manusia dan kapasitas, sisa telur yang tidak subur di dalam inkubator mungkin telah terkontaminasi bakteri, dan akibatnya telur membusuk dan melepaskan gas tertentu ke lingkungan sehingga membuat situasi menjadi bermasalah bagi telur berembrio.

Pencitraan termal adalah suatu teknik menggunakan energi inframerah yang tidak tampak oleh mata manusia, energi panas yang dipancarkan suatu benda kemudian diubah menjadi Gambar visual. Citra yang diperoleh menggunakan kamera termal merupakan citra yang merepresentasikan panas pada objek tertentu. Karena pada dasarnya setiap benda yang berada diatas suhu 0°C memancarkan energi panas dalam bentuk gelombang inframerah [2].

Salah satu indikator penting tingkat kesuburan telur adalah besarnya suhu yang dihasilkan. Salah satu piranti yang mampu merekam suhu dan mengetahui perbedaan energi panas yang dipancarkan dari objek sekitarnya adalah kamera termal. Dimana Gambar termal adalah sebuah representasi dari gelombang radiasi yang ditangkap dan diterjemahkan secara visual, serta memiliki perbedaan warna sesuai tinggi rendahnya temperature [3]. Oleh karena itu, pada penelitian ini dipilih citra termal sebagai komponen utama untuk memperoleh karakteristik pembeda antara telur fertil dan infertil berdasarkan pada suhu yang dipancarkan telur yang di representasikan dengan citra termal. Suhu inkubasi adalah faktor yang paling penting untuk perkembangan embrio

dan daya tetas. Suhu yang ideal biasanya memungkinkan mencapai daya tetas dan bobot tetas maksimum.

Proses analisis pengolahan citra telur dilakukan dengan memanfaatkan teknologi *thermal imaging* berdasarkan pada identifikasi manual. Dengan adanya digital teknologi yang berbasis suhu panas (*thermal imaging*), dapat digunakan untuk mendeteksi telur ayam yang memancarkan sinar panas. Teknologi digunakan untuk membantu dalam proses pencitraan sebelum dilakukan proses *preprocessing* sampai dengan pengujian citra.

Berdasarkan *thermal imaging* kesuburan telur dapat dideteksi dengan menerjemahkan rentang warna yang diterjemahkan menjadi suhu. Pada penelitian ini akan lebih memfokuskan dalam pendeteksian karakteristik suhu telur menggunakan *thermal imaging*, sehingga nantinya hanya telur fertil yang di inkubasi hingga menetas. Dengan mengidentifikasi fertilitas telur, mesin penetas yang digunakan akan lebih efisien. Selain itu dari penelitian ini diharapkan dapat tercipta sebuah piranti untuk deteksi fertilitas tanpa harus mengeluarkan telur terlebih dahulu sehingga lebih praktis penggunaannya dan menghemat waktu.

Dengan teknologi pengolahan citra, citra termal dengan objek telur dapat diidentifikasi suhu pertelurnya menggunakan metode *Region of Interest* (ROI). *Region of Interest* merupakan kotak imajiner yang mengelilingi objek yang teridentifikasi. Pada penelitian ini citra termal dengan objek telur akan

dideteksi suhunya berdasarkan pancaran panas masing-masing telur dengan bantuan *region of interest (ROI)*.

Berdasarkan uraian tersebut, maka pembuatan sistem identifikasi untuk menentukan karakteristik suhu telur fertil dan infertil berbasis pengolahan citra termal akan dilakukan. Selain untuk penerapan ilmu yang didapat pada masa studi, sistem identifikasi karakteristik ini dibuat untuk mengikuti perkembangan teknologi dan informasi yang berkembang pesat. Sehingga dapat membantu tercipta peralatan yang dapat menggantikan proses peneropongan telur secara otomatis. Pada penelitian ini digunakan kamera termal sebagai media pengambilan citra internal telur sebelum diproses pada pengolahan citra digital.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana cara mendeteksi karakteristik telur menggunakan pengolahan citra berdasarkan *thermal imaging*?
- 2) Bagaimana cara merancang program pengolahan citra menggunakan perangkat lunak MATLAB untuk mengetahui suhu telur berdasarkan citra termal?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi telur yang berada di dalam inkubator agar dapat diprediksi kesuburannya berdasarkan karakteristik suhu dari citra yang didapatkan dari kamera termal.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Dapat memberikan kemudahan untuk mengetahui kondisi telur tanpa mengeluarkan telur dari dalam inkubator
- 2) Menggantikan proses *candling* dalam budidaya ternak unggas

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini dilakukan pembatasan terhadap masalah yang akan dibahas yaitu:

- 1) Objek yang menjadi bahan penelitian adalah telur ayam
- 2) Kamera yang digunakan adalah kamera termal yang dipasang secara statis di bagian atas inkubator
- 3) Kondisi suhu saat pengambilan citra berada pada suhu inkubator

1.6 Hipotesis Penelitian

Teknologi *thermal imaging* dapat digunakan untuk mendeteksi penetasan telur dalam inkubator tanpa harus mengeluarkan telur dari mesin inkubator. Analisis dilakukan berdasarkan rentang warna citra termal yang diterjemahkan sebagai suhu pada masing-masing telur dan dapat memberi informasi mengenai kondisi kesuburan telur.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian Chern-Sheng Lin dkk pada tahun 2012 yang berjudul *The Identification and Filtering of Fertilized Eggs with a Thermal Imaging System*. Tujuan penelitian ini untuk menciptakan sistem identifikasi dan pensortiran telur yang telah dibuahi. Penelitian ini menggunakan operator sobel untuk menentukan garis-garis tepi pada telur. Teori *fuzzy* digunakan untuk menentukan nilai *threshold* terbaik pada telur, terutama pada telur yang rusak. Dengan metode *grayscale co-occurrence matrix* diperoleh nilai *threshold* terbaik, untuk menentukan telur yang rusak atau tidak dibuahi. Setelah nilai-nilai tersebut diperoleh, peneliti menentukan telur dalam kondisi baik atau tidak. Telur dengan embrio mati memiliki kecepatan melepas panas lebih cepat dibandingkan dengan telur embrio yang masih hidup, sehingga suhu embrio mati lebih rendah daripada telur dengan embrio hidup. Dari hasil penelitian tersebut, menunjukkan perbedaan warna antara telur embrio mati dengan embrio hidup dalam satu kelompok telur yang diamati. Hal tersebut dapat dilihat setelah peneliti melakukan konversi citra termal menjadi citra biner pada telur. Akurasi sistem pada penelitian tersebut diklaim mencapai 96%, dan kecepatan deteksi 2—3 detik untuk 36 telur. Peneliti menyatakan bahwa sistem tersebut

cocok untuk telur dengan warna berbeda, karena hasilnya tidak dipengaruhi oleh warna dan ketebalan cangkang telur [4].

Berdasarkan penelitian M. Arif Khabibulloh dkk pada tahun 2012 dalam penelitiannya yang berjudul *Rancang Bangun Sistem Deteksi Embrio pada Telur Menggunakan Webcam*. Algoritma pelacakan yang digunakan berdasarkan pada nilai *thresholding* citra yang diperoleh menggunakan *webcam*. Langkah pertama yaitu merancang kotak deteksi sebagai tempat pendeteksian telur. Posisi laser, webcam dan telur diatur dalam satu garis lurus. Selanjutnya ukuran citra yang diperoleh diperkecil menggunakan perangkat lunak komputer. Kemudian proses konversi citra RGB menjadi *grayscale*, hal tersebut dilakukan agar memudahkan dalam pengolahan citra dengan metode *thresholding*..

Perhitungan piksel dari objek dilakukan untuk mengetahui kondisi telur subur dan tidak subur. Nilai *threshold* yang digunakan sebesar 50, setelah dilakukan pada kondisi telur yang berbeda diketahui bahwa jumlah piksel tertinggi dari telur tidak berembrio sebesar 597-600, untuk telur rusak 9766-10000, dan telur memiliki embrio nilainya lebih dari 10000 piksel. Telur yang memiliki embrio dengan nilai *Thresholding* 50 memiliki daerah hitam yang luas. Hal itu dikarenakan pada telur berembrio, bagian internal telur berkembang menyebabkan bertambahnya kepadatan dari bagian tersebut. Dari hasil analisa pada penelitian tersebut, nilai piksel dijadikan sebagai parameter utama penentu telur subur dan tidak subur. Dari hasil pengambilan data, dinyatakan

bahwa penelitian yang telah dilakukan memiliki kesalahan identifikasi secara keseluruhan kondisi (telur berembrio, telur rusak, dan telur baik) didapatkan nilai error 1,8 % dan tingkat keberhasilan 98% [5].

Berdasarkan penelitian D.P. Smith dkk pada tahun 2005 yang berjudul *Detection of Fertility and Early Development of Hatching Eggs with Hyperspectral Imaging*. Mengaplikasikan teknik pengolahan citra *hyperspektral* untuk mendeteksi perubahan telur, terkait kesuburan dan perkembangan telur. Pada penelitian ini digunakan dua jenis telur berbeda yaitu telur bercangkang putih dan coklat. Pada percobaan pertama digunakan telur dengan cangkang putih. Proses inkubasi dilakukan pada suhu 37,5°C, kelembaban relatif 85% didalam inkubator. Percobaan kedua menggunakan telur bercangkang coklat dan diberikan kondisi suhu dan kelembaban sama seperti pada percobaan pertama. Sebelum ditempatkan pada inkubator (hari 0) telur-telur tersebut dicitrakan dan diamati. Kemudian pada hari 1,2, dan 3 telur ditempatkan didalam inkubator. Setelah 3 hari didalam inkubator, telur-telur tersebut dikeluarkan untuk diambil Gambarnya, kemudian ditempatkan kembali kedalam inkubator dan dicitrakan kembali pada hari-hari berikutnya. Pada hari ke 6 telur-telur dinilai secara visual untuk melihat perkembangan embrio. Sistem pencitraan pada penelitian ini menggunakan kamera digital 12 bit dengan detektor *CCD silicon* yang terhubung ke lensa *spektograf*. Komputer dan perangkat lunak yang memiliki kemampuan menangkap gambar *hypercube* digunakan untuk membantu kinerja sistem. Lampu halogen 150 watt digunakan untuk memberikan efek lilin dan memperjelas bagian interior

telur saat pengambilan gambar. Telur bercangkang putih diekspos selama 30 ms dengan rasio transmisi gambar sebesar 576 dan 655 nm. Rasio tersebut digunakan untuk membedakan piksel dari seluruh gambar telur dalam menyatakan kondisi subur. Pada telur bercangkang coklat di ekspose selama 250 ms dan panjang gelombang yang digunakan adalah 576 nm, kemudian rentang panjang gelombang adalah 682 nm. Penggunaan kisaran rentang panjang gelombang pada telur bercangkang coklat diperlukan karena pigmen cangkang tersebut menghasilkan penurunan transmisi cahaya. Untuk mengkonfirmasi visual dari kesuburan dan perkembangan, telur-telur akan dipecah dan diamati. Dari percobaan pertama menggunakan telur bercangkang putih dapat disimpulkan bahwa 89 dari 96 telur dipastikan subur dan 7 tidak subur hal tersebut diperoleh berdasarkan *breakout* dan observasi visual [6].

Berdasarkan penelitian Sunardi dkk pada tahun 2017 yang berjudul *Thermal Imaging* untuk Identifikasi Telur. Mengaplikasikan *Thermal imaging* untuk memanfaatkan pancaran panas yang dikeluarkan oleh telur. *Thermal camera flir* digunakan dalam mendapatkan *capture* telur ayam dan tidak berpengaruh pada lingkungan sekitar karena tidak memancarkan sinar infra atau gelombang elektromagnetis, akan tetapi menyerap sinar radiasi panas yang dipancarkan oleh telur ayam. Proses pengolahan citra telur ayam yang telah di *capture* menggunakan Matlab. Pengolahan citra telur ayam yang dilakukan menggunakan beberapa metode diantaranya metode morfologi dengan operasi dilasi untuk memperbesar ukuran segmen, ROI *centroid* dan *bounding box* digunakan untuk menghitung obyek telur ayam dan luas area. Pengolahan citra

telur ayam yang dilakukan memperoleh hasil yaitu dapat mengidentifikasi obyek telur ayam dan luas area dari telur yang diproses. Citra telur ayam yang digunakan dilakukan pengujian dengan menggunakan data citra telur tunggal, dan data citra telur kelompok, dan dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil 100% dalam proses penentuan telur ayam dan luas area yang diinginkan [2].

Berdasarkan penelitian Yudi Eka Putra dkk pada tahun 2021 dalam yang berjudul Karakteristik Warna Telur Fertil Dan Infertil Berbasis Pengolahan Citra Termal Menggunakan Metode *Multilevel Thresholding*. Mengaplikasikan teknik pengolahan citra dengan metode *multilevel thresholding*. Citra sampel diperoleh menggunakan kamera termal. *Pre-processing* yang dilakukan berupa *cropping*, *resizing*, dan segmentasi citra termal. Dasar identifikasi karakteristik didapatkan dengan cara memisahkan daerah komponen warna RGB pada citra termal menggunakan nilai ambang intensitas (*threshold*) pikselnya. Tiap-tiap kanal warna akan dihitung nilai rerata intensitas piksel dan dilihat perbedaan nilai yang dihasilnya. Sehingga dapat diketahui perbedaan antara telur itik fertil dan infertil. Hasil penelitian diperoleh karakteristik pembeda antara telur itik fertil dengan infertil yakni nilai rerata intensitas piksel hijau dan biru pada telur fertil selalu lebih tinggi dibanding pada telur infertil. Nilai rerata pada telur fertil sebesar 198,46 piksel warna hijau dan 51,77 piksel warna biru, sedangkan nilai rerata pada telur infertil sebesar 195,68 piksel warna hijau dan 41,61 piksel warna biru [7].

Secara garis besar, penelitian-penelitian terdahulu memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Dari penelitian ini diharapkan melalui metode yang telah ditentukan dapat memberikan informasi penting untuk kemajuan industri inkubasi dan ternak unggas. Keunggulan yang ditawarkan pada penelitian ini yaitu penggunaan kompone dan metode yang lebih sederhana serta lebih efisien dalam proses penentuan karakteristik suhu telur fertil dan infertil.

2.2 Pengolahan Citra

Citra adalah suatu representasi, kemiripan, atau imitasi dari suatu objek. Suatu citra diperoleh dari penangkapan kekuatan sinar yang dipantulkan oleh objek. Citra merupakan *output* alat perekaman, seperti kamera yang bersifat analog maupun digital. Citra digital merupakan sebuah larik (*array*) yang berisi nilai-nilai *real* maupun kompleks yang direpresentasikan dengan deretan bit tertentu. Citra yang disimpan dalam memori komputer hanya angka-angka yang menunjukkan besar intensitas pada masing-masing piksel tersebut [2].

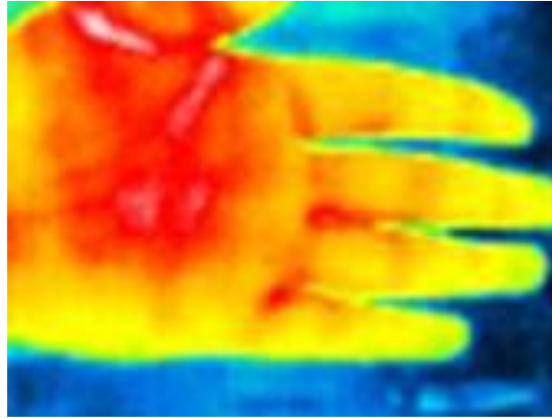
Pengolahan citra (*image processing*) merupakan suatu cara merubah suatu citra menjadi citra berbeda yang lebih sempurna serta sesuai dengan yang diinginkan. Dengan demikian pengolahan citra adalah suatu proses dengan masukan citra dan menghasilkan keluaran berupa citra seperti yang dikehendaki [8].

2.3 Thermal Imaging

Thermal Imaging merupakan salah satu metode pendekatan citra dengan memanfaatkan radiasi panas yang dipancarkan oleh suatu objek. Setiap benda yang memiliki temperatur lebih besar dari suhu mutlak (0K atau $-273,15^{\circ}\text{C}$) akan meradiasikan sejumlah panas, yang sering disebut energi inframerah (IR). Sinar IR berada dalam wilayah spektrum dengan panjang gelombang $0,8 \sim 14\mu\text{m}$ [9].

Citra digital atau analog berbeda dengan citra berbasis termal, citra digital atau analog merupakan representasi dan gambaran objek nyata. Sedangkan citra berbasis termal merupakan citra hasil deteksi suhu yang dipancarkan oleh objek yang ditangkap oleh kamera termal, sehingga citra yang diperoleh berupa pancaran panas objek yang tertangkap dan menghasilkan warna-warna tertentu sesuai dengan panas yang dipancarkan [10].

Pencitraan termal adalah metode deteksi yang meningkatkan visibilitas objek dalam gelap dengan mendeteksi radiasi inframerah dari objek dan membuat gambar. Cara kerja kamera termal adalah semua benda yang memancarkan energi inframerah sebagai fungsi suhu. Energi inframerah yang dipancarkan oleh suatu objek dikenal sebagai pencitraan panas. Semakin panas objek maka semakin terang radiasi yang dipancarkan, pada dasarnya kamera termal bekerja seperti sensor suhu yang dapat mendeteksi suhu sekecil apapun [11].



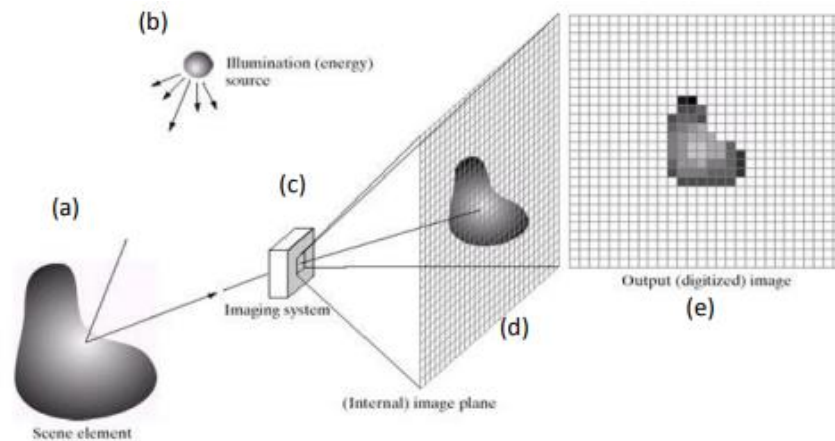
Gambar 2.1 Citra Termal

2.4 Akuisisi Citra

Akuisisi citra adalah tahap awal untuk mendapatkan citra digital. Tujuan akuisisi citra untuk menentukan data yang diperlukan dan memilih metode perekaman citra digital. Tahap ini dimulai dari objek yang akan diambil gambarnya, persiapan alat-alat, dan pada pencitraannya. Pencitraan merupakan kegiatan transformasi dari citra tampak (misal: foto, Gambar, lukisan) menjadi citra digital [2].

Proses akuisisi citra adalah pemetaan suatu pandangan (*scene*) menjadi citra kontinu dengan menggunakan sensor. Gambar 2.2 adalah contoh proses akuisisi citra digital. Proses ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Ada sebuah obyek yang akan diambil gambarnya untuk dijadikan citra digital. Sumber cahaya diperlukan untuk menerangi obyek, ini berarti ada intensitas cahaya yang diterima oleh obyek. Oleh obyek, intensitas cahaya sebagian diserap dan sebagian lagi dipantulkan ke lingkungan sekitar obyek secara radial. Sistem pencitraan menerima sebagian dari intensitas yang dipantulkan oleh obyek. Di

dalam sistem pencitraan terdapat sensor optik yang digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya yang masuk ke dalam sistem.



Gambar 2.2 Proses Akuisisi Digital

Keluaran dari sensor ini berupa arus yang besarnya sebanding dengan intensitas cahaya yang mengenainya. Arus tersebut kemudian di konversi menjadi data digital yang kemudian dikirimkan ke unit penampil atau unit pengolah lainnya. Secara keseluruhan hasil keluaran sistem pencitraan berupa citra digital.

2.5 Fertilitas Telur

Fertilitas atau kesuburan telur merupakan sebuah indikator untuk mengetahui ada tidaknya embrio dalam telur. Fertilitas suatu keompok telur menunjukkan banyaknya telur yang bertunas dari sejumlah telur yang dieramkan. Maksud dari tunas dalam hal ini adalah bibit atau lembaga telur. Misalkan ada sebuah telur diperiksa dengan lampu (proses peneropongan/*candling*) ternyata terdapat bibit didalamnya maka telur tersebut dinyatakan fertil [3].

Fertilitas (kesuburan) dari suatu kelompok telur tetas adalah jumlah telur yang bertunas (fertil) dari sekian banyaknya telur yang dierami atau ditetaskan, dan dihitung dalam bentuk persentase. Faktor yang menentukan fertilitas telur adalah kualitas telur tetas. Fertilitas telur dipengaruhi oleh perbandingan jantan dan betina, umur ayam, lama waktu penyimpanan telur, pakan atau nutrisi, dan kesehatan ayam.

2.6 Preprocessing Image

Teknik pengolahan citra merupakan teknik manipulasi citra secara digital yang khususnya menggunakan komputer, menjadi citra berbeda yang sesuai dalam aplikasi tertentu. Agar mudah diterapkan oleh manusia atau komputer, pengolahan citra harus dilakukan dengan berbagai macam metode untuk mencapai citra sesuai yang diinginkan. Operasi pengolahan citra digital biasanya bertujuan untuk memperbaiki kualitas suatu gambar sehingga dapat dengan mudah dilihat oleh mata manusia dan untuk mengolah informasi yang terdapat pada gambar untuk kebutuhan identifikasi objek secara otomatis. Operasi—operasi yang dilakukan di dalam pengolahan citra banyak jenisnya. Secara umum, operasi pengolahan citra dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis, diantaranya citra *grayscale*, citra biner, *noise filtering*, deteksi tepi, *Thresholding*, dan lainnya.

Proses awal dalam pengolahan citra adalah mengubah citra RGB menjadi citra *gray scale*, hal ini dilakukan untuk menyederhanakan model citra. Citra RGB

terdiri dari 3 layer matrik yaitu R— layer, G—layer dan B—layer. Sehingga untuk melakukan proses—proses selanjutnya tetap diperhatikan tiga layer di atas. Pada proses *graysacling* 3 layer tersebut diubah menjadi 1 layer matrik *gray—scale* dan hasilnya tidak lagi terdapat warna, melainkan derajat [12].

2.7 Histogram

Histogram merupakan probabilitas *statistic* distribusi warna pada tingkat warna merah (*red*), hijau (*green*), biru (*blue*) dan abu-abu (*grayscale*) dalam citra digital. Histogram pada citra berisi informasi penting mengenai isi citra digital. Histogram citra adalah grafik yang menggambarkan penyebaran nilai-nilai intensitas piksel dari suatu citra atau bagian tertentu pada citra. Dengan menggunakan histogram dapat diketahui frekuensi kemunculan relatif dari intensitas pada suatu citra [13].

Histogram juga dapat menunjukkan banyak informasi mengenai kecerahan (*brightness*) dan kontras (*contrast*) pada suatu citra. Untuk citra berwarna dengan komponen warna *red*, *green*, dan *blue*, histogram dibuat untuk setiap kanal warna [14]. Histogram merupakan grafik yang menyatakan frekuensi munculnya piksel berintensitas tertentu [8].

2.8 Region of Interest (ROI)

Region of Interest (ROI) adalah sampel dalam kumpulan data yang diidentifikasi untuk tujuan tertentu [15]. Konsep ROI umumnya digunakan di banyak area aplikasi. Misalnya, dalam pencitraan medis, batas tumor dapat

ditentukan pada gambar atau volume, untuk tujuan mengukur ukurannya. Batas endokardium dapat ditentukan pada gambar, mungkin selama fase yang berbeda dari siklus jantung, misalnya, sistol akhir dan diastol akhir, untuk tujuan menilai fungsi jantung. Dalam sistem informasi geografis (SIG), ROI dapat diartikan secara harfiah sebagai pilihan poligonal dari peta 2D. Dalam visi komputer dan pengenalan karakter optik, ROI mendefinisikan batas objek yang dipertimbangkan. Dalam banyak aplikasi, label simbolis (tekstual) ditambahkan ke ROI, untuk menggambarkan isinya secara ringkas.

Region Of Interest adalah suatu bagian dari citra yang dipilih untuk kemudian diproses. Bagian tersebut dibedakan dengan menggunakan klasifikasi dan *maskin*. Proses ROI berbeda dengan *block processing* yang memilih bagian citra yang akan diambil untuk diproses. Dalam ROI citra dapat didefinisikan dari satu region (bagian). Bagian tersebut dapat berbentuk seperti garis, lingkaran, poligon, yang berupa piksel yang *contiguous* (berbatasan) atau berupa *range* dari intensitas. *Region of interest* (ROI) sangat membantu untuk segmentasi dalam pemrosesan citra karena dengan menggunakan teknik ini citra atau objek dapat lebih mudah dikenali, karena objek akan dibagi dalam *region-region* tertentu sesuai dengan citra objeknya. Pengguna dapat menentukan lebih dari satu ROI dalam satu Gambar [16].

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Elektronika, Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung dimulai dari bulan Februari 2022—September 2022 dimulai dari penyusunan proposal sampai dengan penyusunan hasil penelitian.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini, alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

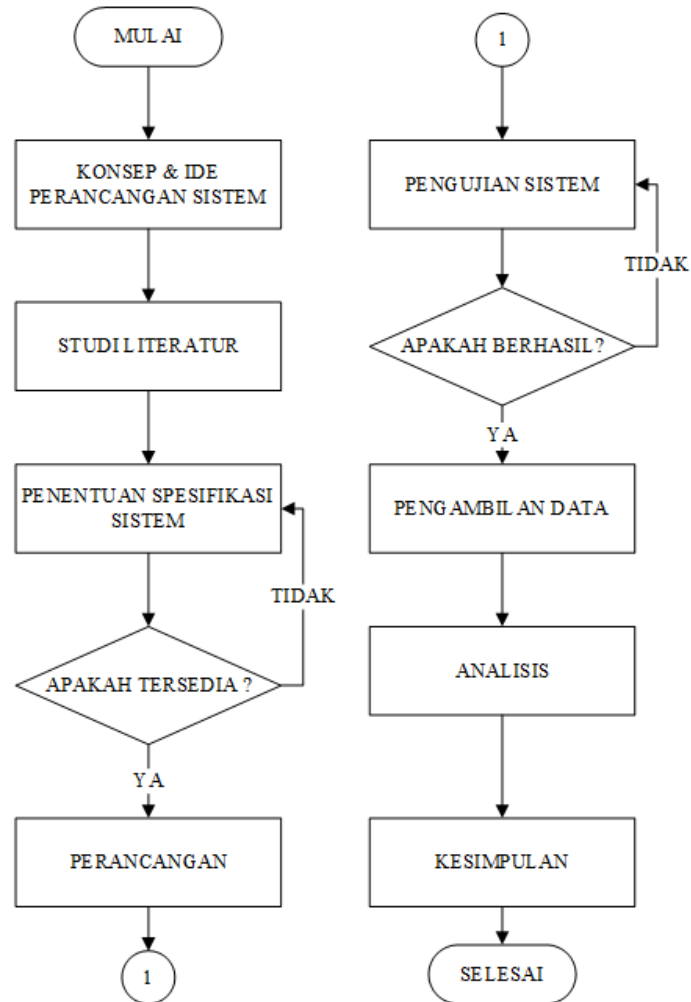
- 1) 1 Unit kamera FLIR C3-X Series
- 2) 1 Unit mesin inkubator telur
- 3) 1 Unit Laptop Asus VivoBoox Max X441U
- 4) 16 Butir Telur Ayam
- 5) Perangkat lunak MATLAB
- 6) Thermometer

3.3 Prosedur Penelitian

Metode penelitian yang digunakan termasuk dalam penelitian *Research and development* (R&D). Penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian

yang digunakan untuk menghasilkan dan mengembangkan sebuah produk serta menguji validitas produk yang dihasilkan.

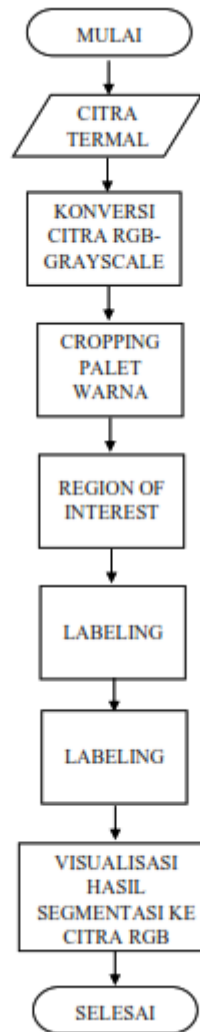
Secara keseluruhan diagram alir prosedur penelitian adalah seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir prosedur penelitian

3.4 Metode yang Diusulkan

Secara keseluruhan tahapan penelitian yang dibuat dalam bentuk diagram alir dan diagram tulang ikan dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan 3.3 dengan rincian sebagai berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alir Metode yang Diusulkan

Tahap 1

Perencanaan Komponen Sistem

Pada proses ini dilakukan perancangan komponen sistem. Komponen *system* yang dirancang terdiri dari kamera, inkubator dan termometer.

Tahap 2

Perencanaan Desain Sistem

Pada proses ini dilakukan perancangan *hardware* dan *software* serta melakukan pengujian kinerja kedua hal tersebut sehingga diperoleh sistem yang sesuai.

Perancangan *display* hasil identifikasi

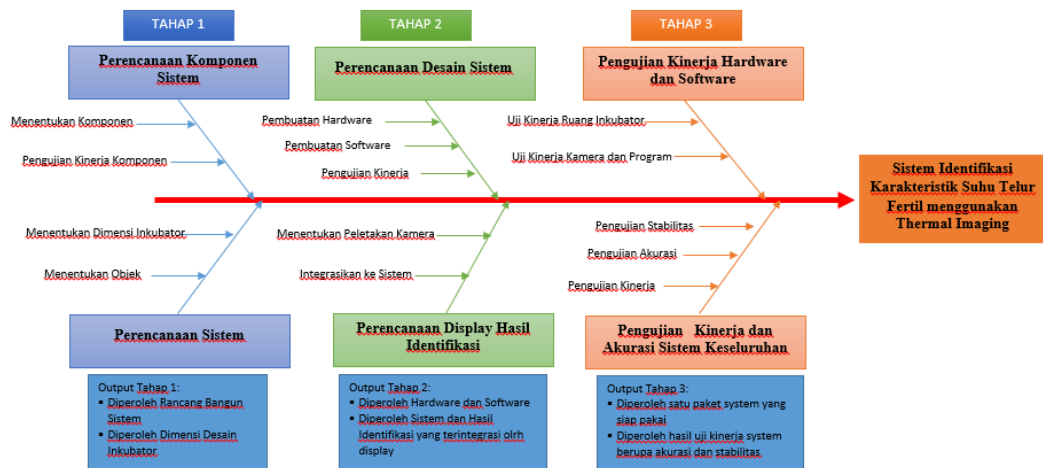
Pada proses ini dilakukan perancangan skematik, mengintegrasikan *display* dengan sistem, dan melakukan pengujian kinerja. Hasil identifikasi sistem akan ditampilkan menggunakan LCD yang terdapat pada kamera. Pada tahap 2 akan diperoleh hasil diantaranya racangan *hardware* dan software yang terintegrasi dengan sistem dan *display* hasil identifikasi sistem dengan menggunakan LCD.

Tahap 3

Pengujian Kinerja dan Akurasi Sistem Secara Keseluruhan

Proses ini merupakan proses akhir pada perancangan sistem, pengujian kinerja meliputi akurasi dan stabilitas. Pengujian lapangan utama dilakukan dengan cara menggunakan produk hasil perancangan dalam kondisi nyata. Desain pengujian sama dengan pengujian lapangan awal dengan menggunakan metode eksperimen.

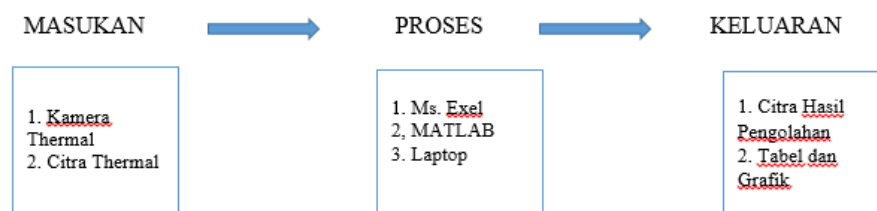
Bila hasil pengujian lapangan utama belum memenuhi spesifikasi yang diharapkan, maka perlu ada revisi terhadap produk tersebut. Hasil revisi selanjutnya digunakan untuk lapangan operasional. Pengujian lapangan operasional dilakukan dengan cara menguji sistem kendali, meliputi tahapan identifikasi dan karakterisasi. Tahapan ini diharapkan mendapatkan data resolusi dari sistem kendali dan sensibilitasnya.



Gambar 3.3 Diagram Tulang Ikan Tahapan Penelitian

3.4 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

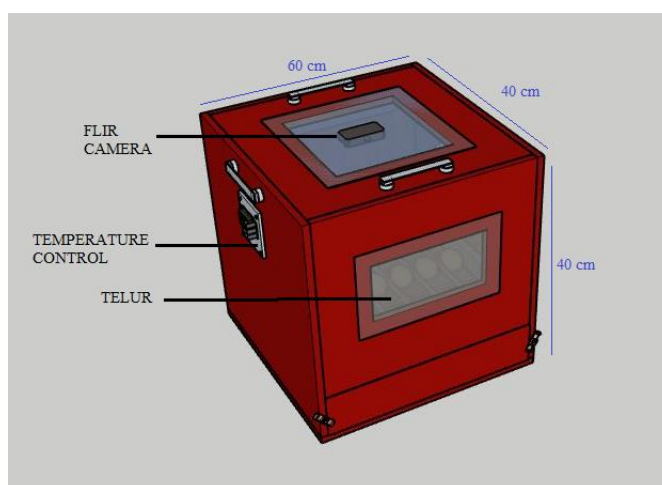
Pada penelitian ini citra diambil dengan menggunakan kamera termal *FLIR C3-X Series* yang diletakan dalam keadaan diam (*statik*) pada posisi di atas tubuh mesin inkubator seperti pada Gambar 3.5. Telur yang akan diambil gambar, seluruhnya terdapat pada mesin inkubator. Data yang diambil akan disimpan didalam penyimpanan internal kamera yang dapat diakses juga melalui *cloud FLIR Ignite*. Setelah mendapatkan gambar (citra) selanjutnya diproses menggunakan perangkat lunak MATLAB dengan metode *region of interest* (ROI) untuk mengetahui posisi telur dan suhu telur menggunakan masukan citra termal.



Gambar 3.4 Komponen Sistem Software

Komponen perangkat keras dari sistem pengolahan citra digital pada penelitian ini terdiri dari:

- Mesin inkubator : digunakan untuk meletakkan objek yang akan diamati dengan kelengkapan sensor suhu untuk mengetahui suhu didalam ruangan inkubator serta 4 lampu bohlam sebagai sumber panas atau penghangat pada inkubator.
- Perangkat Akusisi (*acquisition device*): bertugas dan bertanggung jawab untuk mengambil dan mendigitalkan citra. Perangkat yang digunakan adalah *FLIR Camera C3-X Series* dan *storage internal*.
- Perangkat Pengolahan (*processing device*): Komputer, dalam ukuran, bentuk, maupun konfigurasi tertentu. Bertugas dan bertanggung jawab untuk menjalankan perangkat lunak yang memungkinkan pengolahan dan analisis citra yang diperoleh.
- *Display* bertanggung jawab untuk menampilkan konten citra termal dan data hasil pengolahan untuk dilihat dan diamati. Dalam penelitian ini digunakan monitor komputer.



Gambar 3.5 Perancangan Desain Inkubator

Perangkat lunak (*software*) dari sistem pengolahan citra digital pada penelitian ini terdiri dari *library* dan bahasa pemrograman untuk melakukan tugas-tugas khusus. Pengembangan dan penyesuaian perangkat lunak untuk solusi pengolahan citra dan data bersifat iteratif. *Software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah MATLAB R2013a, *Microsoft Excel*, dan *Microsoft Word*.

3.5 Persiapan Sampel Uji

Untuk melakukan proses inkubasi telah dipersiapkan sampel sebanyak 25 butir telur ayam. Sebelum dimasukkan ke dalam mesin inkubator telur ayam diperiksa dan dibersihkan satu persatu. Kriteria telur yang dapat masuk dalam mesin inkubator adalah tidak kotor, tidak terdapat retakan, dan cangkang telur bagus. Kemudian, telur dibersihkan menggunakan alkohol 70% dan kapas agar tidak terdapat bercak darah, kotoran, dan steril dari bakteri agar proses inkubasi maksimal. Telur ayam yang telah bersih dimasukkan ke dalam mesin inkubator selama 4—5 hari dengan kelembaban inkubator sebesar 60%-70% dan suhu 36°C-38°C.

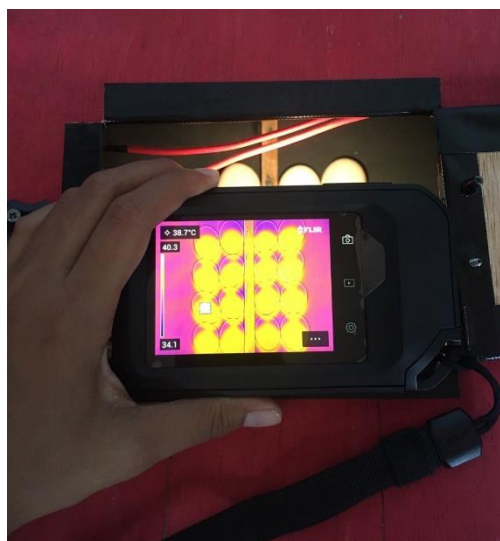
Setelah hari ke-5, telur akan melewati proses peneropongan yang bertujuan untuk mengetahui perkembangan embrio didalam telur. Peneropongan dilakukan untuk memastikan hanya telur fertil yang berada dalam inkubator sampai menetas.

3. 6 Prosedur Pengambilan Gambar

Pada penelitian ini, sampel telur ayam akan diambil citranya menggunakan kamera termal. Pengambilan data citra dilakukan setiap hari mulai dari hari ke-5 hingga hari ke 19. Proses ini dilakukan dengan cara meletakkan telur pada mesin inkubator dengan posisi kamera berada di bagian atas inkubator yang telah diberi akses pintu dengan jarak ± 1 meter seperti pada Gambar 3.6. Penentuan jarak berdasarkan kemampuan kamera dalam mengambil objek telur yang terdapat pada *datasheet*.



Gambar 3.6 Kamera termal FLIR C3-X Series



Gambar 3. 7 Proses Pengambilan Data

SPECIFICATIONS

Overview	C3-X	Image Storage	C3-X
IR sensor	128 × 96 (12,288 pixels)	Storage media	Internal memory and onboard FLIR Ignite cloud connectivity (with Wi-Fi)
Thermal sensitivity/NETD	<70 mK	Image storage capacity	>5000 images
Field of view (FOV)	53.6°	Image file format	Standard JPEG, 14-bit measurement data included
Minimum focus distance	Thermal: 0.1 m (3.94 in) MSX [®] : 0.3 m (1.18 in)	Communication & Connectivity	
Image frequency	8.7 Hz	Wi-Fi	802.11 a/ac/b/g/n (2.4 and 5 GHz)
Focus	Focus free	USB	USB 2.0, Type-C connector
Spectral range	8–14 μm	Bluetooth [®]	PAN
Screen size	3.5 in	Image upload	Directly upload images to FLIR Ignite cloud library and services
Digital camera	5 MP	Additional Information	
Digital camera focus	Fixed	Battery type	Rechargeable built-in Lithium ion battery
Image Presentation		Battery operating time	4 hours
Image adjustment	Automatic level and span Manual level and span	Charging system	USB-C (1 A)
Image modes	Infrared image Visual image MSX (Embossed visual details on thermal image) Picture-in-picture (IR area on visual image)	Charging time	2 hours
Gallery	Thumbnails and custom folder structure	External power operation	5 V, USB-C
Color palettes	Iron Gray Rainbow Rainbow HC	Operating temperature range	-10 to 50°C (14 to 122°F)
Auto orientation	Yes	Storage temperature range	-40 to 70°C (-40 to 158°F)
Touch screen	Capacitive touch	Encapsulation	Camera housing and lens: IP54 (IEC 60529)
Measurement & Analysis		Drop test	Designed for 2 m (6.6 ft)
Object temperature range	-20 to 300°C (-4 to 572°F)	Weight (including battery)	0.19 kg (0.42 lb)
Accuracy	0 to 100°C (32 to 212°F): ±3°C (±5.5°F) 100 to 300°C (212 to 572°F): ±3% [Ambient temp. 15 to 35°C (59 to 95°F) and object temp. above 0°C (32°F)]	Size (L × W × H)	138 × 84 × 24 mm (5.4 × 3.3 × 0.94 in)
Measurement functions	Spot Box with max./min.	Tripod mounting (built-in)	UNC ¼"-20
Measurement correction	Emissivity; matt/semi-matt/semi-gloss + custom value Reflected apparent temperature Atmospheric compensation		

Gambar 3.8 Spesifikasi kamera termal FLIR C3-X Series

Output citra yang di diperoleh menggunakan kamera FLIR C3-X Series adalah 640x480 piksel. Citra yang telah diperoleh disimpan didalam penyimpanan internal kamera dan *cloud flir*.

3.7 Prosedur Pengolahan Citra

Proses pengolahan citra telur ayam ini dilakukan dengan menggunakan computer yang telah terinstal *software* MATLAB R2013a. Sampel citra yang diolah ialah citra termal dengan ukuran 640x480 piksel. Proses selanjutnya adalah melakukan pemisahan palet warna yang terdapat pada citra dengan cara

cropping menggunakan kode matlab yang telah ditentukan variable pikselnya. Palet warna RGB hasil pemotongan akan diubah menjadi citra aras keabuan untuk menyederhanakan model citra.

Selanjutnya citra asli (RGB) akan dilakukan penentuan posisi telur yang akan di deteksi suhunya menggunakan ROI (*Region of Interest*). ROI akan menentukan posisi telur dengan menggunakan nilai maksimum dan minimum piksel yang telah di posisikan secara manual oleh peneliti. Setelah mendapatkan posisi ROI maka citra RGB akan di ubah menjadi citra *grayscalee* untuk mengonversi nilai variable warna dengan variable suhu.

Variable warna aras keabuan pada citra yang telah ditentukan ROI-nya akan dikonversi menjadi *variable* suhu dengan menyepadankan nilai aras keabuan palet warna dengan posisi citra yang telah ditentukan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik suhu pada penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu telur fertil akan mengalami peningkatan suhu yang cenderung stabil pada tiap harinya sedangkan pada telur infertil nilai suhu cenderung tidak stabil. Karakteristik pembeda antara telur ayam fertil dan telur ayam infertil yaitu nilai suhu telur fertil ketika mendekati masa tetas selalu lebih tinggi yaitu $>38^{\circ}\text{C}$ dibandingkan telur infertil yang hanya mencapai 36°C
2. Berdasarkan data nilai suhu yang diperoleh selama 15 hari, telur dapat di prediksi kesuburannya sejak hari ke-10 penelitian atau hari ke-14 masa inkubasi, hal ini dikarenakan sejak saat itu nilai rata-rata suhu telur fertil 37°C dan terus meningkat hingga masa penetasan.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

Pada penelitian selanjutnya, sebaiknya proses pendeteksian telur berkelompok dilakukan secara otomatis dengan menggunakan kamera termal yang dapat

diintegrasikan pada mikrokontroler atau mikrokomputer sehingga pembacaan suhu dapat langsung diketahui pada saat pengamatan. Hal ini dilakukan untuk mempercepat mengetahui atau memprediksi suhu pada masing-masing telur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. BPS. (2020). Statistik Indonesia 2020. Jakarta: BPS Indonesia.
- [2]. Sunardi, A. Y. (2017). Thermal Imaging Untuk Identifikasi Telur. *Asosiasi Program Pascasarjana Perguruan Tinggi Muhammadiyah (APPPTM)*, (hal. 152-158). Yogyakarta.
- [3]. Ling, L. C. (2016). Research on The Discrimination of Hatching Eggs Activity Based on Thermal Imaging : A Food Nondestructive Testing Practice. *International Journal of Smart Home*, 175-186.
- [4]. Chern-Sheng Lin, P. T.-C.-C.-H. (2013). The Identification and Filtering of Fertilized Eggs with a Thermal Imaging System. *Computers and Electronics in Agriculture*, 94-105.
- [5]. Khabibulloh M.A., K. A. (2012). Rancang Bangun Sistem Deteksi Embrio Pada Telur Menggunakan Webcam. *POMITS*, 1-6.
- [6]. D.P.Smith, J. M. (2005). Detection of Fertility and Early Development of Hatching Eggs with Hyperspectral Imaging. *European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products*, (pp. 176-180). Doorweth.
- [7]. Yudi, E. P. (2021). *Karakteristik Warna Telurfertil Dan Infertil Berbasis Pengolahan Citra Termal Menggunakan Metode Multilevel Thresholding*. Program Pascasarjana Universitas Lampung.

- [8]. Sulistiyanti S.R., F. X. A. Setyawan, A. Yudamson (2016). *Pengolahan Citra Dasar dan Contoh Penerapannya*. Bandar Lampung: Teknosian.
- [9]. Arsatria, T. F. (2020). Pengolahan Citra Termal untuk Identifikasi Region of Interest (ROI) dan Deteksi Kesegaran Ikan Nila. *Jurnal Online Teknik Elektro (KITEKTRO)*, 5, 20-24.
- [10]. Shoffan S., S. Y. (2016). Analisis Perbandingan Pengolahan Citra Asli dan Hasil Cropping Untuk Identifikasi Telur. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 2(3), 341-350.
- [11]. H. D. Septama, M. Komarudin, A. Yudamson, T. Yulianti, M. Pratama, T. P. Zuhelmi. (2021). Low Cost Non-Contact Rapid Body Temperature Screening using Thermal Camera for Early detection of Covid-19 Suspect. *Institue of Electrical and Electronics Engineers (IEE)* DOI : 10.1109/ISESD53023.2021.9526215
- [12]. Prasetyo, Eko. (2011). *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya menggunakan Matlab*. Yogyakarta. Penerbit Andi.
- [13]. Da Fontoura Costa, L., & Marcondes Cesar, R. Jr. (2001). *Shape Analysis and Classification*. Boca Ration FL: CRC Press.
- [14]. Shoffan S., S. A. (2017). Analisis Ekstraksi Ciri Fertilitas Telur Ayam Kampung dengan Grey Level Cooccurrence Matrix. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 66-75.
- [15]. Ron Brinkmann (1999). *The Art and Science of Digital Compositing*. Morgan Kaufmann. pp. 18
- [16]. Binus University Library. *Region Of Interest*. Diakses online pada 20 september 2022 (library.binus.ac.id).