

TESIS

**SISTEM KALIBRASI SUHU MESIN TETAS TELUR
MENGUNAKAN CITRA CAMERA THERMAL**

*Egg Hatching Machine Temperature Calibration System Using
Thermal Camera Images*

RAHMAT

D082202021



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

DEPERTEMEN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023



PENGAJUAN TESIS

**SISTEM KALIBRASI SUHU MESIN TETAS TELUR
MENGUNAKAN CITRA CAMERA *THERMAL***

*Egg Hatching Machine Temperature Calibration System Using
Thermal Camera Images*

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Teknik Informatika

Disusun dan diajukan oleh

**RAHMAT
D082202021**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2023



TESIS

SISTEM KALIBRASI SUHU MESIN TETAS TELUR MENGUNAKAN CITRA KAMERA THERMAL

**RAHMAT
D082202021**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 06 Desember 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.
NIP. 19640427 198910 1 002

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Ir. H. Andani Achmad., M.T.
NIP. 198404032 01012 1 004

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, M.T. IPM., ASEAN.Eng.
NIP. 19730926 200012 1 002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Informatika



Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.
NIP. 19640427 198910 1 002



Optimized using
trial version
www.balesio.com

• Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR/E
• UU ITE No 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1
• "Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"

**PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

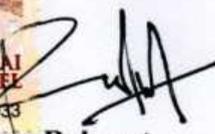
Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rahmat
Nomor mahasiswa : D082202021
Program Studi : Teknik Informatika

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul **“SISTEM KALIBRASI SUHU MESIN TETAS TELUR MENGGUNAKAN CITRA CAMERA THERMAL”** adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. Pembimbing Utama dan Prof. Dr. Ir. Andani, M.T. sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal/Prosiding (Rahmat, Volume, Halaman: 130-135, dan DOI: 10.1109/IAICT59002.2023.10205610) sebagai artikel dengan judul **“Classification of Fertile and Infertile Eggs Using Thermal Camera Image and Histogram Analysis: Technology Application In Poultry Farming Industry”**.

Gowa, 10 November 2023

Yang Menyatakan



Rahmat
D082202021



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Sebagai seorang muslim yang pertama-tama penulis panjatkan adalah puji syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa ta'ala, yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulisan tesis yang berjudul "Sistem Kuantisasi Nilai Parameter Reproduksi Unggas Menggunakan Machine Learning Dan Teknologi Internet of Things" dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta Salam tidak lupa tetap tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad Sallallahu Alaihi Wasallam, sebagai Uswantun Hasanah dan Rahmat bagi seluruh alam.

Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Komputer (M. Kom) pada Program Pascasarjana Departemen Teknik Informatika Universitas Hasanuddin Makassar. Tentunya penyelesaian tesis ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari semua pihak. Untuk itu, dengan penuh kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya dan setinggi-tingginya kepada:

1. Ayahanda penulis Nurdin, ibunda tercinta Najariah dan istri tercinta Rahmatia Ibrahim, S. Pd yang telah memberikan dukungan, doa dan motivasi yang kuat kepada penulis, hingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.
2. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. selaku Pembimbing pertama sekaligus Ketua Program Studi S2 Teknik Informatika, yang telah banyak mendukung dan membantu selama penulis menempuh pendidikan pascasarjana di Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Andani Achmad, M.T., selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktunya kepada penulis untuk membimbing, memberikan masukan, memotivasi dalam tahap penyelesaian tesis ini.
4. Dr. Amil Ahmad Ilham, S.T., M.IT., Dr. Eng. Muh. Niswar, S.T., M.IT., dan Dr. Eng. Ir. Zulkifli Tahir, ST., M.Sc., selaku penguji yang memberikan masukan dan saran yang membangun selama proses penelitian yang penulis lakukan.



5. Dosen, staf dan mahasiswa Universitas Sulawesi Selatan khususnya program studi Informatika yang selama ini memberikan dukungan dan motivasi untuk melanjutkan Pendidikan di Universitas Hasanuddin.
6. Mertua Ibrahim, S. Pd dan Rihana, S. Pd., Gr., yang selalu memberikan nasehat dan semangat dalam menempuh proses Pendidikan penulis.
7. Kakak dan adik yang selalu memberikan nasehat dan semangat dalam menempuh proses Pendidikan penulis.
8. Rekan-rekan Lab. CBS Departemen Teknik Informatika yang selalu memberikan dukungan dalam suka maupun duka dalam proses penyelesaian tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis yang penulis buat masih jauh dari kata sempurna dan di dalam penyelesaiannya masih menemui kesulitan dan hambatan, sehingga penulis tetap mengharapkan saran dan kritik untuk pengembangan lebih lanjut, agar dapat memberikan manfaat yang banyak bagi semua pembaca.

Akhirnya, penulis menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya kepada pembaca seandainya terdapat kesalahan-kesalahan di dalam tesis ini dan penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PENGAJUAN TESIS	i
PERSETUJUAN TESIS	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
KATA PENGANTAR	vis
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
ABSTRAK.....	xii
BAB I.....	1
PERMASALAHAN DAN TUJUAN PENELITIAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Batasan Masalah	7
BAB II	8
KAJIAN LITERATUR DAN METODE PENYELESAIAN MASALAH	8
2.1 Teori Dasar	8
2.1.1 Kalibrasi	8
2.1.2 Telur (<i>Egg</i>)	8
2.1.3 Mesin Tetas	10
2.1.4 Kelembaban Mesin Tetas	13
2.1.5 Termostat Digital	14
2.1.6 Sensor Suhu	15
2.1.7 Termometer Manual/Kayu.....	16
2.1.8 Higrometer	16
2.1.9 Camera Thermal	17
2.1.10 Machine Learning.....	18
2.1.11 Pengelolaan Citra Digital.....	19
2.1.12 Image Pre-Processing	20
2.1.13 Klasifikasi Citra.....	20



2.1.14	<i>Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)</i>	21
2.1.15	Support Vector Machine (SVM).....	22
2.1.16	Algoritma k-Nearest Neighbor (k-NN).....	23
2.1.17	Mask R-CNN.....	23
2.2	Metode Penyelesaian Masalah	25
2.2.1	State of The Art	25
2.2.2	Penelitian Yang Terkait	32
2.2.3	Tingkat Keaslian (Level Orisinalitas) Topik Penelitian yang Diusulkan	34
2.3	Kerangka Pikir	36
BAB III.....		39
METODE PENELITIAN.....		39
3.1	Jenis Penelitian.....	39
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	39
3.3	Perangkat Penelitian	39
a.	Perangkat Keras (<i>Hardware</i>):.....	39
b.	Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	39
3.4	Tahapan Studi Literatur.....	39
3.5	Tahapan Analisis dan Desain Sistem.....	40
3.6	Tahapan Implementasi Sistem.....	40
3.7	Sumber Data.....	41
3.8	Flow chart Rancangan Sistem	41
BAB IV.....		62
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		62
4.1	IMPLEMENTASI HASIL MODEL KALIBRASI	62
4.1.1	Setting Awal Termostat	62
4.1.2	Akuisi Citra Telur Dengan Thermal Image	62
4.1.3	Citra Thermal Telur Optimal	63
4.1.4	Resetting Termostat	66
4.1.5	Simpan Nilai Setting Termostat Optimal	66
BAB V		68
KESIMPULAN DAN SARAN.....		68
5.1	KESIMPULAN.....	68
5.2	SARAN.....	68
FTAR PUSTAKA		70



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sistem Kalibrasi Suhu Mesin Tetas	1
Gambar 2. Thermostat A dan B Type: XH-W3001	3
Gambar 3. Termometer Kayu Dan Thermostat Type: XH-W3001	4
Gambar 4. Citra Telur Dari Camera Thermal	4
Gambar 5. Sensor Camera Thermal Terhadap Mesin Tetas	6
Gambar 6. Telur Peneropongan Fertil (Subur)	9
Gambar 7. telur Peneropongan Infertil (Tidak subur).....	10
Gambar 8. telur yang terkontaminasi bakteri.....	10
Gambar 9. Mesin Tetas Manual	12
Gambar 10. Mesin Tetas Semi Otomatis	12
Gambar 11. Mesin Tetas Otomatis.....	13
Gambar 12. Termostat.....	15
Gambar 13. Sensor Suhu Type DS18B20.....	15
Gambar 14. Termometer Kayu	16
Gambar 15. Higrometer [https://www.uvitacrd.com]	17
Gambar 16. Camera Thermal [https://shopee.co.id/]	18
Gambar 17. Representasi citra digital dalam 2 dimensi.....	20
Gambar 18. Klasifikasi Support Vektor Machine (SVM)	22
Gambar 19. Mask R-CNN Segmentation.....	24
Gambar 20. Flow chart Rancangan Sistem	41
Gambar 21. contoh pengambilan gambar menggunakan kamera termal	42
Gambar 22. Contoh Model Warna Penelitian	43
Gambar 23. Histogram Citra RGB Pada Suhu Rendah.....	44
Gambar 24. Histogram Citra RGB Pada Suhu Sedang	44
Gambar 25. Histogram Citra RGB Pada Suhu Tinggi	44
Gambar 26. Flowchart klasifikasi model warna	45
27. Proses Cropping	46
28. Blok diagram deteksion ROI.....	46
29. Cita Original Thermal image.....	47



Gambar 30. Citra Edge Image (Deteksi Tepi)	47
Gambar 31. Dilation Image (mempertebal garis Tepi)	48
Gambar 32. Deteksi Objek dengan bondingbox	49
Gambar 33. Blok diagram perancangan implementasi sistem	51
Gambar 34. Proses kerja karna RBF	52
Gambar 35. Ilustrasi Klasifikasi 3 kelas model	53
Gambar 36. Mesin Tetas A Pada Suhu 37, 5 – 37,8 °C	54
Gambar 37. Mesin Tetas B Pada Suhu 37,8 – 38,3 °C	55
Gambar 38. Mesin Tetas C Pada Suhu 39,5 – 40,0 °C	55
Gambar 39. Blok Diagram Resetting Termostat.....	56
Gambar 40. Citra Model Warna Telur Infertil dan Fertil.....	57
Gambar 41. Cita Telur Infertile pada suhu rendah.....	59
Gambar 42. citra telur infertile pada suhu tinggi	59
Gambar 43. Citra telur pada suhu standar	59
Gambar 44. Arsitektur Implementasi Sistem Kalibrasi	61
Gambar 45. Hasil Setting Termostat	62
Gambar 46. Proses Kalibrasi Akuisisi Citra Berdasarkan Warna Optimal.....	63
Gambar 47. Hasil Kalibrasi Citra Warna Optimal Citra Thermal	63
Gambar 48. Model Citra Warna Kelas Hasil Klasifikasi.....	64
Gambar 49. Code Proses Klasifikasi Support Vector Machine (SVM).....	65
Gambar 50. Hasil Inputan Klasifikasi Citra Telur dan Analisis Histogram	66
Gambar 51. Hasil Pengujian Sistem Kalibrasi.....	67



DAFTAR TABEL

Tabel 1	Klasifikasi pola warna berdasarkan skala temperatur.....	5
Tabel 2.	kisaran temperatur dan kelembaban.....	14
Tabel 3.	Masa Pengeraman Telur Berbagai Jenis Unggas.....	14
Tabel 4.	State of The Art Penelitian.....	25
Tabel 5.	Jurnal yang berkaitan dengan penelitian ini:.....	33
Tabel 6.	Tingkat Keaslian (Level Orisinalitas) Topik Penelitian yang Diusulkan	34
Tabel 7.	Objek Penelitian.....	36
Tabel 8.	Hasil persentase tingkat keberhasilan setiap mesin tetas.....	56



ABSTRAK

Rahmat. (Sistem Kalibrasi Suhu Mesin Tetas Telur Menggunakan Citra Camera Thermal, Dibimbing oleh **Zahir Zainuddin, Andani**)

Penelitian ini membahas tentang Proses Pemodelan Kalibrasi Berbasis Citra Kamera Termal dalam konteks penetasan telur bebek. Langkah pertama melibatkan pengaturan termostat untuk memastikan suhu inkubator berada dalam kisaran yang optimal. Selanjutnya, citra termal telur bebek diakuisisi menggunakan peralatan termal yang sesuai, dan proses klasifikasi tingkat kehidupan telur dilakukan berdasarkan citra termal. Klasifikasi dilakukan menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM) setelah proses preprocessing dan segmentasi ROI. Selain itu, tingkat mortalitas telur dipantau untuk mengidentifikasi telur yang tidak menetas. Pentingnya resetting termostat ketika tingkat mortalitas tinggi untuk memastikan suhu inkubator stabil dan konsisten dalam mendukung tingkat keberhasilan penetasan juga dibahas. Selain itu, model warna citra termal optimal yang dihasilkan dalam penelitian menjadi referensi untuk proses kalibrasi pada mesin tetas. Hasil penelitian ini dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi proses penetasan telur bebek dan mengurangi mortalitas, yang penting dalam pemeliharaan produksi telur dan populasi itik petelur.

Kata kunci: Kalibrasi, Camera thermal, Telur fertil dan infertil, *Region of Interest* (ROI), *Support Vector Machine* (SVM).



ABSTRAC

Rahmat. (*Egg Hatching Machine Temperature Calibration System Using Thermal Camera Image, Mentored by Zahir Zainuddin, Andani*)

This research discusses the Thermal Camera Image-based Calibration Modelling Process in the context of duck egg hatching. The first step involves setting the thermostat to ensure the incubator temperature is within the optimal range. Next, thermal images of duck eggs are acquired using appropriate thermal equipment, and an egg life stage classification process is performed based on the thermal images. Classification was performed using Support Vector Machine (SVM) algorithm after preprocessing and ROI segmentation. In addition, egg mortality rates were monitored to identify unhatched eggs. The importance of resetting the thermostat when the mortality rate is high to ensure the incubator temperature is stable and consistent in favour of hatching success rate is also discussed. In addition, the optimal thermal image colour model generated in the study became a reference for the calibration process of the hatching machine. The results of this study can improve the efficiency and accuracy of the duck egg hatching process and reduce mortality, which is important in the maintenance of egg production and population of laying ducks.

Keywords: Calibration, Thermal camera, Fertile and infertile eggs, Region of Interest (ROI), Support Vector Machine (SVM).

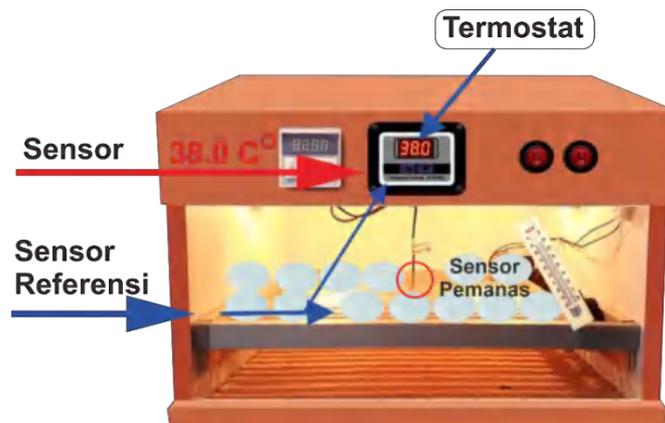


BAB I

PERMASALAHAN DAN TUJUAN PENELITIAN

1.1 Latar Belakang

Setiap instrumen alat ukur atau sensor perlu dikalibrasi, kalibrasi merupakan suatu kegiatan untuk menentukan keberadaan konvensional nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur berdasarkan standar (Han et al. 2021). Sedangkan definisi kalibrasi menurut Dewan Standardisasi Nasional (DSN/1990) adalah suatu kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional penunjukan instrument ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar nasional atau internasional (I.T.S. Engineering College. Department of Electrical and Electronics Engineering and Institute of Electrical and Electronics Engineers n.d.; Vidas et al. 2012). Selain itu kalibrasi juga dapat dikatakan sebagai kegiatan peneraan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukan alat ukur atau bahan ukur (definisi : Permenkes No.363 Tahun 1998) (Widyaiswara Hairil and Islamiyati 2015).



Gambar 1. Sistem Kalibrasi Suhu Mesin Tetas

Tujuan kalibrasi alat ukur adalah untuk menentukan deviasi dan kebenaran nilai penunjukan alat ukur dan pengukuran hasil dijamin dengan Standar Nasional maupun internasional (Dong et al. 2021). Untuk proses kalibrasi, perlu ada pengukuran terlebih dahulu pada objek yang ada, salah satunya adalah pada temperature mesin tetas. Mesin tetas telur adalah alat yang digunakan peternakan atau perusahaan peternak untuk menetas telur tanpa peneraan

(Widyaiswara Hairil and Islamiyati 2015).

mesin tetas berfungsi menghadirkan dan mempertahankan kondisi terbaik embrio dan perkembangan embrio secara buatan (Omar et al. 2016).



Dua hal yang selalu dijaga dalam mesin tetas yaitu temp(Meijerhof n.d.)eratur dan kelembaban dalam waktu yang telah ditentukan. Sebagian besar mesin tetas menggunakan pemanas bertenaga listrik untuk menjaga suhu agar tetap konstan pada nilai yang sudah di tetapkan dengan secara manual. Mesin ini umumnya bisa digunakan untuk menetas telur unggas seperti telur ayam, puyuh, bebek, dan entok(Sunardi, Saifullah, and Yudhana 2017). Pengaturan suhu pada mesin tetas sangat berperan penting terhadap keberhasilan proses penetasan, suhu pada mesin tetas harus mengacu pada suhu alami pada saat indukan mengerami telurnya. Pengaturan dan pengontrolan suhu yang kurang tepat dapat menggagalkan proses penetasan telur(Aldair, Rashid, and Mokayef n.d.-a, n.d.-b; Purwanti et al. 2021)

Temperatur yang terlalu tinggi pada mesin tetas akan berdampak terhadap tingkat kehidupan telur, embrio di dalam telur akan mengalami dehidrasi sehingga yang dihasilkan akan lemah yang dapat menyebabkan cacat dan tingkat mortalitas yang tinggi dan temperatur rendah saat penetasan mengakibatkan embrio sensitif pada pertumbuhan dan perkembangannya sehingga kesulitan berkembang. Kondisi tersebut dapat mengakibatkan daya tetas yang rendah. Sebagai contoh suhu ideal mesin tetas pada proses penetasan telur unggas bebek adalah $37.8^{\circ}\text{C} - 38.8^{\circ}\text{C}$. Untuk mengukur suhu mesin tetas dilengkapi dengan alat pengatur suhu yang disebut dengan thermostat(Aldair et al. n.d.-a).

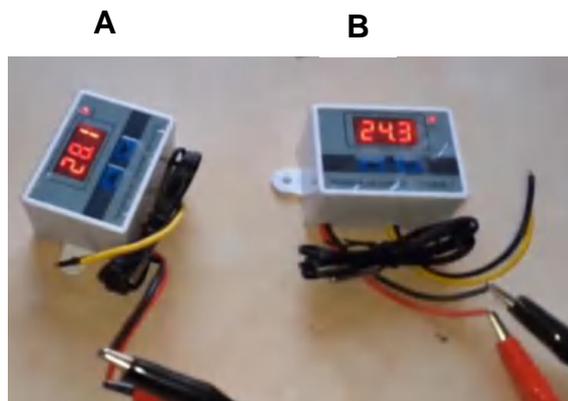
Temperatur yang terlalu tinggi pada mesin tetas akan berdampak terhadap tingkat kehidupan telur, embrio di dalam telur akan mengalami dehidrasi sehingga yang dihasilkan akan lemah yang dapat menyebabkan cacat dan tingkat mortalitas yang tinggi dan temperatur rendah saat penetasan mengakibatkan embrio sensitif pada pertumbuhan dan perkembangannya sehingga kesulitan berkembang(I.T.S. Engineering College. Department of Electrical and Electronics Engineering and Institute of Electrical and Electronics Engineers n.d.). Kondisi tersebut dapat mengakibatkan daya tetas yang rendah. Sebagai contoh suhu ideal mesin tetas pada proses penetasan telur unggas bebek adalah $37.8^{\circ}\text{C} - 38.8^{\circ}\text{C}$. Untuk mengukur suhu mesin tetas dilengkapi dengan alat pengatur suhu yang disebut dengan thermostat(Purwanti et al. 2021).



Thermostat adalah jantung dari mesin tetas sehingga mutlak harus ada dalam mesin. Thermostat berfungsi sebagai pengatur suhu untuk mempertahankan

suhu ideal sesuai nilai suhu yang telah ditentukan. Cara kerja *thermostat* untuk menjaga kestabilan temperatur sesuai yang diinginkan, yaitu jika temperatur lebih besar dari pengaturan maka pemanas listrik dipadamkan dan sebaliknya jika temperatur lebih kecil dari pengaturan maka pemanas listrik akan dinyalakan(Yudhana and Saifullah n.d.).

Dalam melakukan penetasan telur diperlukan suhu yang optimal untuk mendapatkan hasil yang baik, pada saat ini peternak tidak mempunyai nilai temperatur referensi untuk mengatur temperatur ruangan mesin tetas. Setiap thermostat meskipun pada spesifikasi dan type merek yang sama dapat memiliki nilai pengeluaran yang dapat berbeda, misalnya dengan membandingkan dua *thermostat type: XH-W3001* yang sama dalam satu ruangan maka suhu dari sensor yang muncul di layar *thermostat* tidak sesuai.

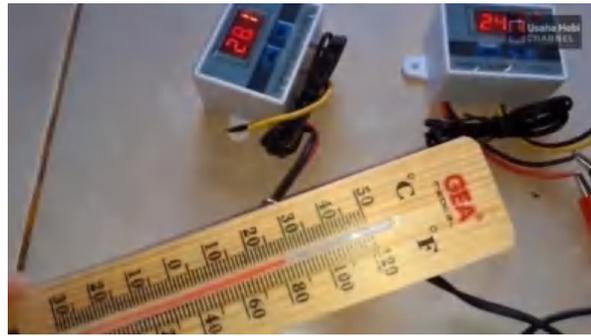


Gambar 2. Thermostat A dan B Type: XH-W3001

Pengaturan nilai pada termostat berdasarkan percobaan yang ada menghasilkan temperatur ruangan yang dapat berbeda antara satu mesin tetas dengan mesin tetas yang lain meskipun digunakan termostat dengan jenis yang sama (Zahir Zainuddin).

Pengaturan ruang mesin tetas dengan thermostat biasanya divalidasi dengan termometer kayu. Namun termometer kayu juga menimbulkan masalah yang sama dengan thermostat sehingga sulit juga untuk dijadikan sebagai referensi seperti pada gambar 3.



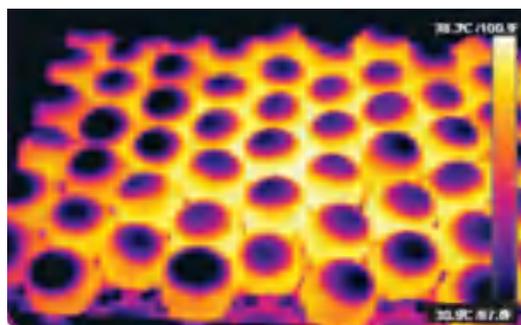


Gambar 3. Thermometer Kayu Dan Thermostat Type: XH-W3001

Pada gambar 3 Penempatan sensor pada ruang mesin tetas dapat mengakibatkan *temperature* ruang mesin tetas berbeda-beda pada beberapa mesin tetas meskipun pada pengaturan thermostat yang sama. Oleh karena ini, Peneliti mengusulkan menggunakan sensor alat camera thermal untuk melihat suhu pada mesin tetas agar citra temperature mesin tetas dapat terlihat dengan kasat mata dari hasil citra *Thermal Camera*(Tolentino et al. 2019).

Thermal Camera merupakan sebuah kamera yang memanfaatkan *thermal imaging*, yaitu kamera termografi yang bisa mengubah radiasi inframerah menjadi cahaya tampak(Lin et al. 2013). Cara kerja *camera thermal* adalah objek yang meradiasikan energi inframerah berupa paket-paket energi foto kemudian difokuskan oleh lensa optik kamera dan diterima oleh sensor kamera kemudian diubah menjadi energi listrik dan melalui pemrosesan sinyal digital, hasil ditampilkan dalam bentuk citra thermal(Anon 3AD).

Standar umum warna dari hasil *Thermal Camera* ini adalah mulai dari yang tertinggi putih dilanjutkan merah, kuning hijau, hijau, biru, hingga terendah hitam. Namun beberapa kamera thermal ini menggunakan skala abu-abu, seperti yang digunakan helikopter polisi yang menggunakan skala abu-abu agar tersangka terlihat menonjol dan bisa mendeteksi dengan baik(Anon 3AD).

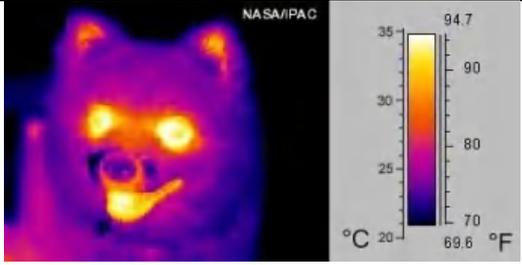
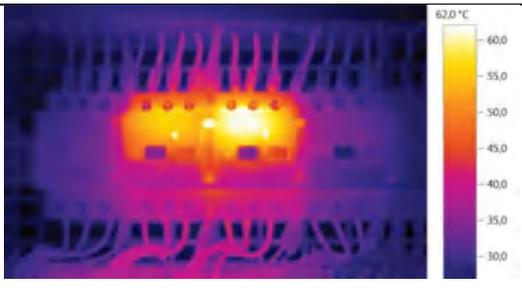
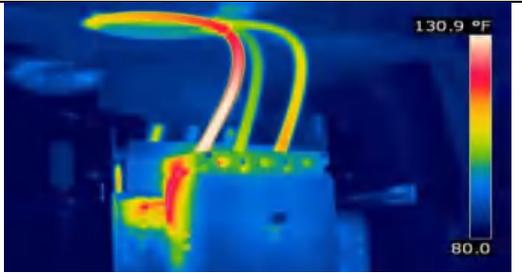


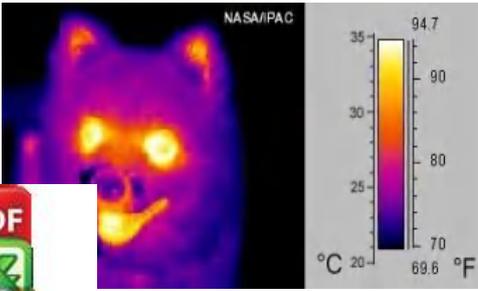
Gambar 4. Citra Telur Dari Camera Thermal



Pada Gambar 4 menjelaskan tentang visualisasi citra thermal yang dibagi berdasarkan pewarnaan temperatur, pewarnaan temperatur terbagai atas tujuh warna mulai dari yang tertinggi putih dilanjutkan merah, kuning hijau, biru, hingga terendah hitam. Setiap pewarnaan memiliki satuan rens sebagai contoh suhu pada tabel di bawah ini.

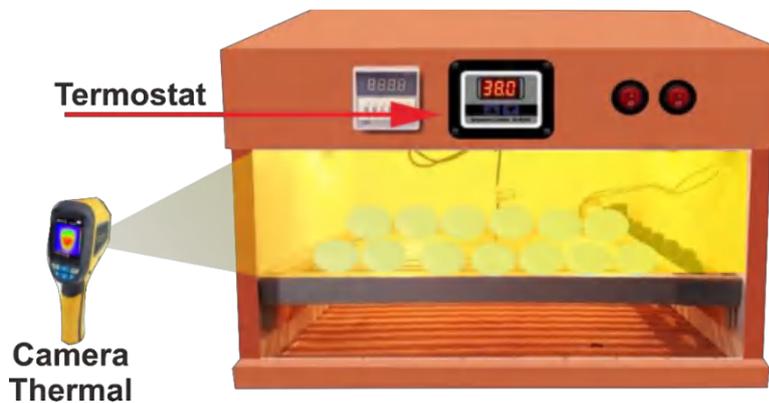
Tabel 1 Klasifikasi pola warna berdasarkan skala temperatur

1		<ul style="list-style-type: none"> - Suhu Tertinggi (Putih) = 94.7°F/35°C - Suhu Terendah (Hitam) = 70°F/21°C
2		<ul style="list-style-type: none"> - Suhu Tertinggi (Putih) = 143.6°F/62.0°C - Suhu Terendah (Hitam) = 77°F/25°C
3		<ul style="list-style-type: none"> - Suhu Tertinggi (Putih) = 137.9°F/58.8°C - Suhu Terendah (Hitam) = 80°F/26.7°C

	<p>Keterangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Warna Putih : 34 °C - 35°C - Warna Merah : 32 °C - 33.9°C - Warna Kuning : 29 °C - 31.9°C - Warna Hijau : 27 °C - 29.9°C - Warna Ungu : 23.5 °C - 26.9°C - Warna Biru : 20.5 °C - 22.9°C - Warna Hitam : 20 °C - 204°C
---	---



Oleh karena ini penelitian bertujuan untuk membuat model warna citra thermal telur optimal dari hasil citra camera thermal. Hasil citra thermal warna telur optimal akan diuji pada satu periode untuk mencari nilai temperature yang optimal untuk dikalibrasi pada setiap mesin tetas yang ada.



Gambar 5. Sensor Camera Thermal Terhadap Mesin Tetas

Pada gambar 5 adalah gambaran sistem yang akan dirancang pada penelitian ini, dimana camera termal mampu memantau kondisi suhu dalam satu ruangan mesin tetas telur langsung pada objeknya(telur)(Rahmat, Zainuddin, and Achmad 2023). Camera thermal mampu mendeteksi telur fertile dan infertile berdasarkan temperature(Rahmat et al. 2023)

Dengan adanya teknologi yang berbasis suhu panas (thermal imaging), dapat digunakan untuk mendeteksi telur yang memancarkan sinar panas. Teknologi ini digunakan untuk membantu dalam proses pencitraan sebelum dilakukan proses preprocessing sampai dengan pengujian citra pada telur.



1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana membuat model kalibrasi sensor suhu berbasis citra *camera thermal* terhadap mesin tetas?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan dalam penelitian ini adalah untuk membuat model kalibrasi sensor suhu berbasis citra *camera thermal* terhadap mesin tetas?

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah untuk memudahkan peternak menentukan temperature mesin tetas dalam proses penetasan sehingga peternak tidak mengalami kerugian yang besar.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Alat yang dirancang dan dibangun hanya memiliki fungsi untuk mengukur temperatur mesin tetas telur.
2. Penelitian ini tidak membahas tentang kelembaban terhadap mesin tetas
3. Penelitian ini hanya difokuskan untuk peternak penetasan telur
4. Sensor yang digunakan adalah termostat *Type: XH-W3001*



BAB II

KAJIAN LITERATUR DAN METODE PENYELESAIAN MASALAH

2.1 Teori Dasar

2.1.1 Kalibrasi

Kalibrasi menurut ISO /IEC Guide 17025: 2005 dan Vocabulary of International Metrology (VIM) adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrument ukur atau system pengukuran atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Dengan kata lain kalibrasi merupakan proses verifikasi bahwa suatu akurasi alat ukur sesuai dengan rancangannya. Kalibrasi biasa dilakukan dengan membandingkan suatu standar yang terhubung dengan standar nasional maupun internasional dan bahan-bahan acuan tersertifikasi atau membandingkan alat ukur dengan standard ukur yang mampu telusur sesuai standard internasional ataupun nasional untuk diketahui tingkat akurasinya. Kalibrasi pada umumnya merupakan proses untuk menyesuaikan keluaran atau indikasi dari suatu perangkat pengukuran agar sesuai dengan besaran dari standard yang digunakan dalam akurasi tertentu. Hasil kalibrasi dapat berupa penetapan nilai besaran ukur atau penetapan koreksi yang berkaitan dengan penunjukan alat ukur dan juga harus disertai pernyataan “uncertainty” untuk menentukan tingkat kepercayaan yang dievaluasi dengan seksama dengan analisis ketidakpastian. Kalibrasi peralatan dilakukan terhadap : Standar Primer, Standar Skunder yang mempunyai ketelitian lebih tinggi dari instrument yang dikalibrasi, Dengan sumber masukan yang diketahui. Kalibrasi pada umumnya merupakan proses untuk menyesuaikan keluaran atau indikasi dari suatu perangkat pengukuran agar sesuai dengan besaran dari standar yang digunakan dalam akurasi tertentu.

2.1.2 Telur (*Egg*)

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), arti kata telur adalah sel (pada wanita) yang akan menjadi bakal anak, jika dibuahi oleh sperma. Telur dari telur adalah benda bercangkang yang mengandung zat hidup bakal yang dihasilkan oleh unggas (ayam, itik, burung dan sebagainya), biasanya



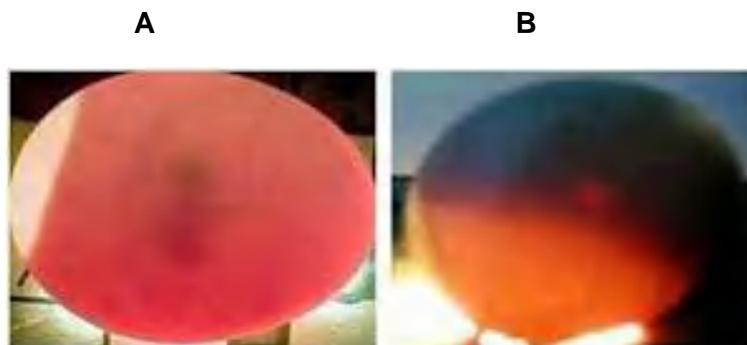
dimakan (direbus, diceplok, didadar dan sebagainya).

Telur adalah salah satu bahan makanan hewani yang dikonsumsi selain daging, ikan dan susu. Umumnya telur yang dikonsumsi berasal dari jenis-jenis burung, seperti ayam, bebek, dan angsa, akan tetapi telur-telur yang lebih kecil seperti telur ikan kadang juga digunakan sebagai campuran dalam hidangan. Selain itu dikonsumsi pula juga telur yang berukuran besar seperti telur burung unta ataupun sedang, misalnya telur penyu. Sebagian besar produk telur ayam ditujukan untuk dikonsumsi orang tidak disterilkan, mengingat ayam petelur yang menghasilkannya tidak didampingi oleh ayam pejantan. Telur yang disterilkan dapat pula dipesan dan dimakan sebagaimana telur-telur yang tidak disterilkan, dengan sedikit perbedaan kandungan nutrisi. Telur yang disterilkan tidak akan mengandung embrio yang telah berkembang, sebagaimana lemari pendingin mencegah pertumbuhan sel-sel dalam telur.

Perbandingan telur embrio hidup dan mati merupakan perbedaan antara embrio telur yang masih hidup dan embrio telur yang telah mati. Terdapat beberapa ciri pada telur yang fertil, infertil, dan embrio mati.

a. Ciri-Ciri Telur Fertil

Telur yang fertile umumnya dapat diketahui pada masa periode penetasan di hari ke-3. Pada periode penetasan hari ke-3 embrio telur sudah mulai kelihatan. Telur yang fertile akan memiliki serabut-serabut darah yang mulai kelihatan dengan titik embrio ditengah-tengahnya yang berwarna gelap sebagaimana yang terlihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 6. Telur Peneropongan Fertil (Subur)

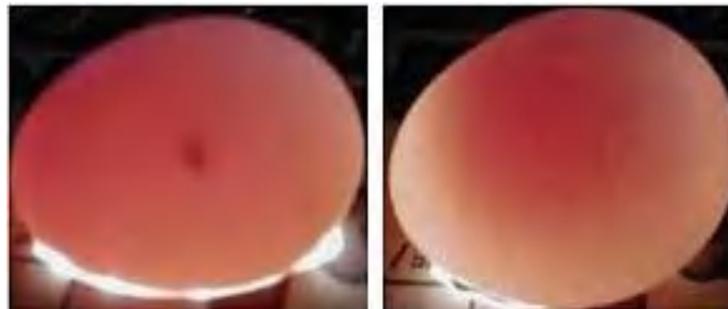
ur pada gambar A baru berumur 5-6 hari terlihat ada embrionya, sedang a gambar B memiliki embrio yang sudah besar artinya sudah sekitar 2



minggu.

b. Ciri-Ciri Telur Infertil

Telur infertil umumnya dapat diketahui setelah masa periode penetasan di hari ke-3. Jika peneropongan yang dilakukan tidak menemukan adanya serabut darah. Maka bisa dipastikan bahwa telur tersebut infertile.



Gambar 7. telur Peneropongan Infertil (Tidak subur)

c. Ciri-Ciri Embrio Telur Mati

Berdasarkan artikel yang dibuat oleh Asri mengatakan bahwa embrio telur yang mati memiliki karakteristik dengan pecahnya pembuluh darah pada saat masa penetasan sebagai mana yang terlihat pada Gambar 2.2. Embrio Telur yang mati akan menghasilkan bau yang tidak sedap yang dapat merusak proses penetasan telur lainnya. Oleh karena itu diperlukan seleksi telur secara periodik agar menghindari penyebaran bakteri pada ruang mesin tetas telur.



Gambar 8. telur yang terkontaminasi bakteri

2.1.3 Mesin Tetas

Penetasan telur ada dua cara, yaitu melalui penetasan alami (induk ayam) dan melalui penetasan buatan (mesin tetas). Penetasan buatan dilakukan dengan



akan alat yang disebut mesin tetas atau inkubator. Pada prinsipnya 1 buatan sama dengan penetasan alami, yaitu menyediakan kondisi an (temperatur, kelembaban dan sirkulasi udara) yang sesuai agar embrio

dalam telur berkembang dengan optimal, sehingga telur dapat menetas. Cara kerja mesin tetas pada prinsipnya yaitu menciptakan kondisi seperti pada penetasan alami yaitu meniru induk unggas pada waktu mengerami telurnya. Pada usaha peternakan unggas termasuk juga ayam, khususnya budidaya pembibitan, proses penetasan telur merupakan hal yang sangat penting. Secara alamiah, ayam mempunyai sifat mengerami telurnya sendiri. Hanya saja keberhasilan dalam menetas telur secara alami tidak sebanyak jika dibandingkan dengan bantuan mesin tetas buatan karena dianggap kurang efisien, terlebih dalam usaha peternakan komersial.

Mesin tetas atau Alat penetas telur ini merupakan salah satu media yang berupa peti, lemari atau box dengan konstruksi yang sedemikian rupa sehingga panas di dalamnya tidak terbang. Suhu di dalam peti/lemari/box dapat diatur sesuai ukuran derajat panas yang dibutuhkan selama periode penetasan. Keberhasilan penetasan telur dengan mesin tetas akan tercapai bila memperhatikan beberapa perlakuan sebagai berikut.

1. Telur ditempatkan dalam mesin tetas dengan posisi yang tepat.
2. Panas (suhu) dalam ruangan mesin tetas selalu dipertahankan sesuai dengan kebutuhan.
3. Telur di bolak-balik 3 kali sehari selama proses pengeraman.
4. Ventilasi harus sesuai agar sirkulasi udara di dalam mesin tetas berjalan dengan baik.
5. Kelembapan udara di dalam mesin tetas selalu dikontrol agar sesuai untuk perkembangan embrio di dalam telur.

Macam mesin tetas yang sudah modern dapat dibedakan menjadi 3 jenis mesin tetas yang berhubungan dengan cara pembalikan telur, yaitu :

a. Mesin Tetas Manual

Mesin atau alat penetas ini dikatakan manual karena proses pembalikan telur dilakukan dengan tangan. Yaitu ruangan inkubator dibuka, lalu telur satu per satu dibalikan. Untuk jumlah telur yang banyak hal tersebut sangat tidak efektif dan memerlukan tenaga yang besar.





Gambar 9. Mesin Tetas Manual

b. Mesin tetas semi otomatis.

Mesin atau alat penetas ini mempunyai prinsip yang sama akan tetapi alat ini dilengkapi dengan tuas pemutar diluar mesin penetas. Rak telur biasanya didesain sedemikian rupa sehingga pada saat pemutaran dapat sesuai dengan apa yang diinginkan.



Gambar 10. Mesin Tetas Semi Otomatis

c. Mesin tetas otomatis

Mesin atau alat penetas ini adalah salah satu alat penetas yang paling modern karena alat penetas ini sudah dilengkapi dengan timer dan didesain agar memungkinkan telur-telur dapat diputar secara otomatis berdasarkan waktu ataupun timer yang sudah ditentukan sebelumnya. Ini akan membantu mengurangi tenaga manusia secara signifikan dan menghemat waktu dalam proses pembalikan. Dan dengan model otomatis ini waktu pembalikan menjadi lebih terjamin.





Gambar 11. Mesin Tetas Otomatis

2.1.4 Kelembaban Mesin Tetas

Kelembaban juga memiliki peranan penting pada proses penetasan. Kelembaban berguna untuk menjaga cairan terdapat di dalam telur. Cairan di dalam telur berfungsi untuk melarutkan zat-zat nutrisi dalam telur yang merupakan sumber maknan embrio selama berada di dalam keberagaman atau kulit telur. Karena lapisan kulit menjadi keras dan berakibat embrio melekat di selaput bagian dalam telur dan akhirnya mati. Cara untuk mengetahui tingkat kelembaban di dalam mesin tetas adalah dengan mengukurnya menggunakan alat hygrometer. Kelembaban relative untuk mesin tetas pada proses penetasan telur bebek di 21 hari pertama penetasan harus dijaga pada 65-70% dan selanjutnya 75-85% sampai telur menetas. Kelembaban pada mesin tetas dapat dinaikkan antara lain dengan porsi air pada nampan atau bak air, membarikan spons atau busa (yang telah dibasahi air) atau dengan menyemprot air dengan *hendspray*. Karena itu, adalah hal yang penting untuk memelihara tingkat kelembaban agar dapat mencegah penguapan air dalam telur. Penyimpanan telur tetas sebelum inkubasi hendaknya dilakukan pada kelembaban relatif 35% dan 60% selama inkubasi. Air ini penting bagi lingkungan dalam sebutir telur agar dimungkinkan pembuangan sisa-sisa metabolisme embrio dan berperan sebagai suatu regulator panas, seperti radiator mobil yang memindahkan panas melalui air.

Level kelembaban untuk penetasan telur masih menjadi perdebatan diantara banyak yang setuju bahwa kelembaban tidak boleh dibawah 25% atau % diantara periode penempatan telur di mesin tetas dan 3 hari terakhir menetas. Dalam 3 hari terakhir/periode hatcher, level kelembaban harus antara 70-80%.



Banyak ahli berpendapat daya tetas yang rendah disebabkan kelembaban yang berlebih selama periode awal inkubasi dan kurangnya kelembaban dalam masa 3 hari terakhir. Adapun kisaran Temperatur dan Kelembapan Penetasan Telur Unggas

Tabel 2. kisaran temperatur dan kelembaban

Jenis Unggas	Temperatur	Kelembapan
Ayam	37 – 39 °C	50 – 60 %
Puyuh	37 – 39 °C	65 – 70%
Entok	37 – 39 °C	80 – 85 %
Kalkun	37 – 39 °C	80 – 85 %
Bebek/Itik	37 – 39 °C	80 – 85 %

Tabel 3. Masa Pengeraman Telur Berbagai Jenis Unggas
[<http://www.majalahinfivet.com/>]

No.	Jenis Unggas	Lama Pengeraman
1	Puyuh	16 hari
2	Ayam	21 hari
3	Itik	28 hari
4	Entok (itik Manila)	35 hari
5	Angsa	40 ari

2.1.5 Termostat Digital

Termostat digital adalah alat yang berfungsi sebagai pengatur suhu untuk mempertahankan suhu ideal sesuai nilai suhu yang telah ditentukan. Pada Type W1210B merupakan Thermostat dengan dilengkapi dengan Fasilitas port untuk Fungsi Kipas Ventilasi. Cara Kerjanya yaitu saat Lampu Pemanas padam saat suhu target tercapai, maka Kipas Ventilasi menyala. Begitu pula sebaliknya, saat Lampu pemanas menyala, maka Kipas Ventilasi akan Padam. Sangat sesuai untuk Penggunaan Inkubator maupun Penghangat Anakan. Kualitas Thermostat Digital



h teruji handal, memiliki akurasi suhu yang baik dan mudah diaplikasikan in tetas yang anda buat.

nya kerjanya adalah sebagai pemutus sumber listrik saat mesin tetas telah suhu yang diinginkan. Thermostat Digital memiliki keunggulan dalam

kemudahan penyetelan suhu secara otomatis. Thermostat Digital kami menggunakan sumber arus listrik AC tanpa perlu menambahkan adaptor. Bagi pemula atau sesuai permintaan tersedia produk yg telah diinstall perkabelan dan telah disetting pada suhu penetasan.



Type: XH-W3001



Type W1210B

Gambar 12. Thermostat

2.1.6 Sensor Suhu

Sensor suhu adalah alat yang digunakan untuk mengubah besaran panas menjadi besaran listrik yang dapat dengan mudah dianalisis besarnya. Sensor suhu terbuat dari bahan Logam dan Semikonduktor. Logam akan bertambah besar hambatannya terhadap arus listrik jika panasnya bertambah. Hal ini dapat dijelaskan dari sisi komponen penyusun logam. Logam dapat dikatakan sebagai muatan positif yang berada di dalam elektron yang bergerak bebas. Jika suhu bertambah, elektron-elektron tersebut akan bergetar dan getarannya semakin besar seiring dengan naiknya suhu. Dengan besarnya getaran tersebut, maka gerakan elektron akan terhambat dan menyebabkan nilai hambatan dari logam tersebut bertambah. Bahan semikonduktor mempunyai sifat terbalik dari logam. Hal ini dikarenakan pada suhu yang semakin tinggi, elektron dari semikonduktor akan berpindah ke tingkat yang paling atas dan dapat bergerak dengan bebas.



Gambar 13. Sensor Suhu Type DS18B20



2.1.7 Termometer Manual/Kayu

Thermometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan di dalam mesin tetas. Dengan alat ini, operator mesin tetas dapat memantau terus kondisi didalam mesin tetas apakah sesuai untuk penetasan atau tidak. Alat ini biasanya diletakkan diatas telur. Istilah termometer berasal dari bahasa Latin thermo yang berarti panas dan meter yang berarti untuk mengukur. Prinsip kerja termometer ada bermacam-macam, yang paling umum digunakan adalah termometer air raksa.



Gambar 14. Termometer Kayu

2.1.8 Higrometer

Higrometer adalah sejenis alat untuk mengukur tingkat kelembaban pada suatu tempat. Biasanya alat ini ditempatkan di dalam bekas (container) penyimpanan barang yang memerlukan tahap kelembaban yang terjaga seperti dry box penyimpanan kamera. Kelembaban adalah ukuran jumlah uap air di udara, jumlah uap air mempengaruhi proses-proses fisika, kimia, dan biologi di alam, oleh karena itu akan mempengaruhi lingkungan. Jika besarnya kandungan uap air melebihi atau kurang dari kebutuhan yang diperlukan maka akan menimbulkan gangguan atau kerusakan. Saat ini banyak alat ukur kelembaban yang telah dikembangkan, salah satu yang biasa digunakan adalah alat untuk mengukur kelembaban udara yang disebut higrometer. Namun seiring dengan perkembangan kebutuhan akan kecepatan, keakuratan, dan ketelitian hasil pengukuran yang lebih tinggi maka diperlukan pengembangan alat ukur baru. Oleh karena itu dikembangkan sensor kelembaban dengan kekurangan dan kelebihan masing-masing. Sensor kelembaban adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk membantu dalam proses pengukuran atau pendefinisian suatu kelembaban uap air yang terkandung dalam udara. Jenis-jenis sensor kelembaban diantaranya adalah



e Sensor, Electrical Conductivity Sensor, Thermal Conductivity Sensor, Hygrometer, dan Oscillating Hygrometer, Sensor Higrometer Humidity dan
re.



Gambar 15. Higrometer [<https://www.uvitacrd.com>]

2.1.9 Camera Thermal

Thermal Camera adalah alat ini berfungsi untuk menangkap dan menghasilkan gambar suatu objek dengan menggunakan radiasi inframerah, yang dipancarkan dari objek dalam proses yang disebut dengan Thermal Imaging Camera. Gambar yang dibuat mewakili suhu objek. Teknologi yang mendasari kamera pencitraan termal pertama kali dikembangkan untuk militer. Namun, penemuan kamera termal ini terkait dengan sejarah termografi yang dimulai pada 1960 oleh Sir William Herschel, seorang astronot yang menemukan cahaya inframerah. Pada tahun 1860, seorang astronom asal Amerika Samuel Pierpont Langley menemukan bolometer yang merupakan alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran pada radiasi inframerah atau thermal. Lalu pada tahun 1929 Kálmán Tihanyi, fisikawan Hongaria berhasil menciptakan kamera televisi elektronik inframerah – sensitive yang mampu menangkap gambar thermal.

Baik radiasi inframerah dan cahaya tampak adalah bagian dari spektrum elektromagnetik, tetapi tidak seperti cahaya tampak, radiasi inframerah tidak dapat dirasakan dengan mata manusia secara langsung. Yang menjelaskan mengapa kamera termal tidak terpengaruh oleh cahaya dan dapat memberikan gambar yang jelas dari suatu objek bahkan di lingkungan yang gelap.

Standar yang umum untuk camera thermal adalah dengan menunjukkan benda yang lebih hangat, dengan rona kuning-oranye yang menjadi lebih cerah saat objek menjadi lebih panas. Objek yang lebih dingin ditampilkan dengan warna biru atau ungu. Energi inframerah memiliki panjang gelombang mulai dari sekitar 700 nm dan meluas hingga sekitar 1mm. Panjang gelombang yang lebih pendek mulai terlihat oleh mata telanjang.

Kamera Thermal menggunakan energi inframerah ini untuk membuat gambar



termal. Lensa kamera memfokuskan energi inframerah ke satu set detektor yang kemudian menciptakan pola terperinci yang disebut termogram. Termogram kemudian dikonversi menjadi sinyal listrik untuk membuat gambar termal yang dapat kita lihat dan interpretasikan.

Resolusi adalah faktor terpenting yang menunjukkan kualitas pada camera thermal. Semakin tinggi resolusinya, pengukuran target kecil akan lebih tepat dan akurat. Sper Scientific '800201 memiliki resolusi 220 x 160 dengan resolusi gambar terlihat 35.200. Resolusi ini akan menempatkan model ini antara Flir E6 dan E8 sejauh resolusi dipertimbangkan.

Thermal imaging adalah tentang mengubah cahaya inframerah menjadi sinyal listrik dan membuat gambar menggunakan informasi itu. Teknologi ini revolusioner pada saat itu, tetapi sudah umum digunakan saat ini.



Gambar 16. Camera Thermal [<https://shopee.co.id/>]

2.1.10 Machine Learning

Teknologi *machine learning* (ML) adalah mesin yang dikembangkan untuk bisa belajar dengan sendirinya tanpa arahan dari penggunanya. Pembelajaran mesin dikembangkan berdasarkan disiplin ilmu lainnya seperti statistika, matematika dan data mining sehingga mesin dapat belajar dengan menganalisa data tanpa perlu di program ulang atau diperintah.

Dalam hal ini machine learning memiliki kemampuan untuk memperoleh data yang ada dengan perintah ia sendiri. ML juga dapat mempelajari data yang ada dan data yang ia peroleh sehingga bisa melakukan tugas tertentu. Tugas yang dapat dilakukan oleh ML pun sangat beragam, tergantung dari apa yang ia pelajari.

Istilah *machine learning* pertama kali dikemukakan oleh beberapa ilmuwan matematika yaitu *Henri Poincaré*, *Jean Baptiste Fourier*, *Simon Denis Laplace*, *Joseph Fourier*, *Siméon-Denis Poisson*, *Andrienne Marie Legendre*, *Thomas Bayes* dan *Andrey Markov* pada tahun 1920-an mengemukakan dasar-dasar *machine learning* dan konsepnya. Sejak saat itu ML terus berkembang. Salah satu contoh dari penerapan ML yang cukup terkenal adalah *Deep Blue* yang dibuat oleh IBM pada tahun 1996.



2.1.11 Pengelolaan Citra Digital

Pengolahan citra digital (*Digital Image Processing*) adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari tentang teknik-teknik mengolah citra. Citra yang dimaksud disini adalah gambar diam (foto) maupun gambar bergerak (yang berasal dari webcam). Sedangkan digital disini mempunyai maksud bahwa pengolahan citra/gambar dilakukan secara digital menggunakan komputer [21].

Sebuah citra digital dapat diwakili oleh sebuah matriks dua dimensi $f(x,y)$ yang terdiri dari M kolom dan N baris, dimana perpotongan antara kolom dan baris disebut piksel (pixel = picture element) atau elemen terkecil dari sebuah citra.

$$f(x,y) \approx \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,M-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}$$

Suatu citra $f(x,y)$ dalam fungsi matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$0 \leq x \leq M-1$$

$$0 \leq y \leq N-1$$

$$0 \leq f(x,y) \leq G-1$$

dimana :

M = jumlah piksel baris (row) pada array citra

N = jumlah piksel kolom (column) pada array citra

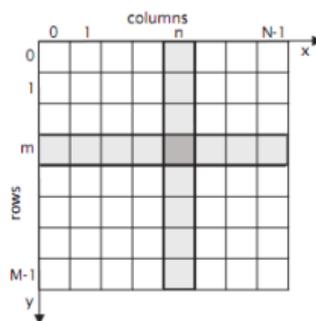
G = nilai skala keabuan (graylevel)

Besarnya nilai M , N dan G pada umumnya merupakan perpangkatan dari dua.

$$M = 2^m ; N = 2^n ; G = 2^k \quad (2.2)$$

dimana nilai m , n dan k adalah bilangan bulat positif. Interval $(0,G)$ disebut skala keabuan (grayscale). Besar G tergantung pada proses digitalisasinya. Biasanya keabuan 0 (nol) menyatakan intensitas hitam dan 1 (satu) menyatakan intensitas putih. Untuk citra 8 bit, nilai G sama dengan $2^8 = 256$ warna (derajat keabuan).





Gambar 17. Representasi citra digital dalam 2 dimensi

2.1.12 Image Pre-Processing

Image Preprocessing adalah salah satu langkah yang digunakan untuk mengolah dataset agar pelatihan mesin dapat berjalan dengan baik. Langkah ini nantinya akan membuat data yang awalnya berbentuk gambar menjadi data berbentuk kumpulan array agar dapat dipelajari oleh mesin. Beberapa contoh image pre-processing *grayscale*, *image Enhancement*, dan *Gaussian blur* gambar

2.1.13 Klasifikasi Citra

Aktifitas klasifikasi dan analisa citra dilakukan untuk mengidentifikasi secara digital dan mengklasifikasi piksel dalam data. Klasifikasi biasanya dilakukan pada dataset multi-saluran dan proses ini menandai masing-masing piksel dalam citra menjadi kelas-kelas didasarkan pada karakteristik statistik dari nilai kecerahan piksel (Lillesand dan Kiefer 1986). Klasifikasi secara digital merupakan proses pengelompokan piksel-piksel ke dalam kelas-kelas atau kategori-kategori yang telah ditentukan berdasarkan nilai kecerahan (*digital number/DN*) piksel yang bersangkutan. Klasifikasi bisa dilakukan secara kuantitatif maupun dengan menggunakan metode klasifikasi tidak terbimbing (*Unsupervised clasification*) dan klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*) (Jaya 2002). Klasifikasi tidak terbimbing merupakan proses pengelompokan piksel-piksel pada citra menjadi beberapa kelas menggunakan analisa cluster. Klasifikasi terbimbing merupakan proses pengelompokan piksel-piksel. Tahap ini merupakan identifikasi dan klasifikasi piksel-piksel yang terdapat melalui training area (Faisal 2009). Klasifikasi tidak terbimbing biasanya dilakukan sesuai dengan default yang ada pada program atau software yang digunakan. Proses ini merupakan proses literasi



yang menghasilkan pengelompokan akhir gugus-gugus spektral. Hasil klasifikasi tak terbimbing biasanya merupakan panduan dasar dalam pelaksanaan kegiatan lapangan berikutnya. Setelah dilakukan kegiatan pengecekan lapangan biasanya pada metoda hybrid, klasifikasi dilanjutkan dengan klasifikasi terbimbing. Klasifikasi terbimbing dilakukan untuk memperbaiki proses klasifikasi tak terbimbing yang sudah dilakukan sebelumnya. Klasifikasi terbimbing membutuhkan suatu luasan areal yang merupakan perwakilan kelas-kelas yang ditentukan. Secara umum, penggambaran areal tersebut dikenal dengan training area. Umumnya penentuan training area dilakukan berdasarkan hasil pengamatan lapangan atau berdasarkan penyesuaian dengan peta rupa bumi. Training area yang telah didapatkan tersebut kemudian bisa dijadikan sebagai masukan dalam proses klasifikasi untuk keseluruhan citra (Lillesand dan Kiefer 1986).

2.1.14 Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

Analisis tekstur lazim dimanfaatkan sebagai proses antara untuk melakukan klasifikasi dan interpretasi citra. Suatu proses klasifikasi citra berbasis analisis tekstur pada umumnya membutuhkan tahapan ekstraksi ciri, yang terdiri dari tiga macam metode yaitu metode statistik, metode spektral dan metode struktural. Metode Gray Level Co-occurrence Matrix GLCM termasuk dalam metode statistik dimana dalam perhitungan statistiknya menggunakan distribusi derajat keabuan (histogram) dengan mengukur tingkat kontras, granularitas, dan kekasaran suatu daerah dari hubungan ketetanggaan antar piksel di dalam citra. Paradigma statistik ini penggunaannya tidak terbatas, sehingga sesuai untuk tekstur-tekstur alami yang tidak terstruktur dari sub pola dan himpunan aturan (mikrostruktur). Metode statistik terdiri dari ekstraksi ciri orde pertama dan ekstraksi ciri orde kedua. Ekstraksi ciri orde pertama dilakukan melalui histogram citra sedangkan ekstraksi ciri statistik orde kedua dilakukan dengan matriks kookurensi, yaitu suatu matriks antara yang merepresentasikan hubungan ketetanggaan antar piksel dalam citra pada berbagai arah orientasi dan jarak spasial. GLCM didefinisikan sebagai tabulasi dari data piksel citra dimana digambarkan seberapa sering kombinasi yang berbeda

i keabuan yang muncul pada citra.

langkah langkah metode GLCM :

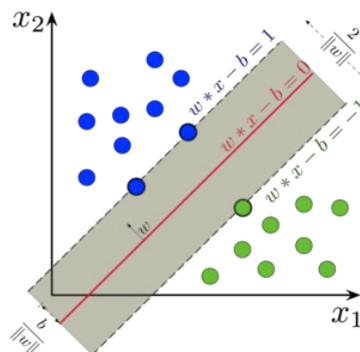
1. Quantization merupakan konversi nilai grayscale (256 nilai keabuan) citra



- kedalaman rentang (level-level) nilai tertentu.
2. Co-occurrence merupakan jumlah kejadian satu level nilai intensitas piksel bertetangga dengan satu level intensitas piksel lain dalam jarak (*distance*) dan orientasi sudut tertentu
 3. Symetric diartikan sebagai kemunculan posisi piksel yang sama.
 4. *Normalization*
 5. *Feature Extraction*

2.1.15 Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) adalah algoritma supervised yang berupa klasifikasi dengan cara membagi data menjadi dua kelas menggunakan garis vektor yang disebut hyperplane (Octaviani, et al., 2014). Pada permasalahan yang kompleks atau permasalahan dengan parameter yang banyak, metode ini sangat baik untuk digunakan. Metode ini juga baik digunakan untuk mendiagnosis berbagai macam jenis penyakit. Salah satu kelebihan yang dimiliki metode SVM adalah penanganan error pada set data training yang menggunakan Structural Risk Minimization (SRM). SRM dikatakan lebih baik karena tidak hanya meminimalkan error yang terjadi, tetapi meminimalkan faktor-faktor lainnya. Pada dasarnya metode SVM merupakan metode yang menggunakan hyperplane untuk digunakan sebagai pemisah antara data secara linier, sehingga untuk mengatasi permasalahan data yang berupa data nonlinier, maka dapat digunakan teknik kernel trick. Metode Support Vector Machine (SVM) juga cukup baik dalam menyelesaikan permasalahan klasifikasi multiclass. Konsep One Against All adalah salah satu cara dalam mengatasi permasalahan multiclass.



Gambar 18. Klasifikasi Support Vektor Machine (SVM)



2.1.16 Algoritma k-Nearest Neighbor (k-NN)

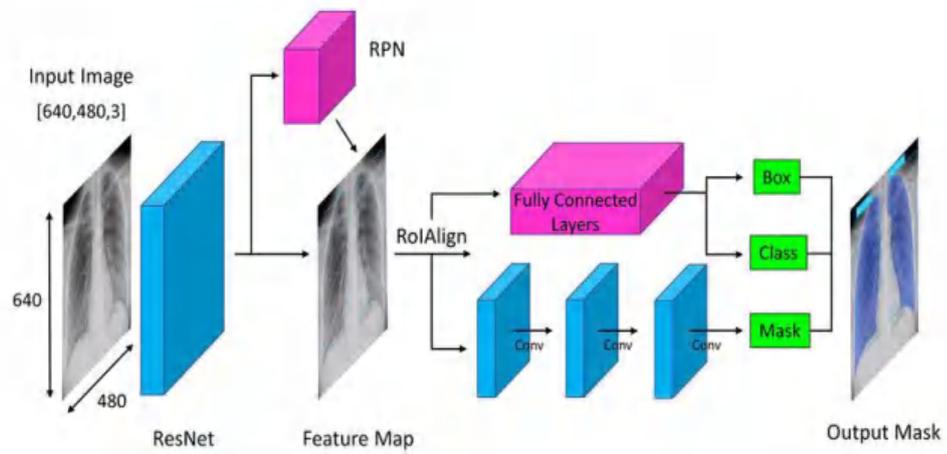
K-nearest neighbors atau knn adalah algoritma yang berfungsi untuk melakukan klasifikasi suatu data berdasarkan data pembelajaran (train data sets), yang diambil dari k tetangga terdekatnya (nearest neighbors). Dengan k merupakan banyaknya tetangga terdekat. K-nearest neighbors melakukan klasifikasi dengan proyeksi data pembelajaran pada ruang berdimensi banyak. Ruang ini dibagi menjadi bagian-bagian yang merepresentasikan kriteria data pembelajaran. Setiap data pembelajaran direpresentasikan menjadi titik-titik c pada ruang dimensi banyak.

2.1.17 Mask R-CNN

Mask R-CNN adalah sebuah model deep learning yang dikembangkan sebagai perluasan dari Faster R-CNN, bertujuan untuk meningkatkan kemampuan deteksi objek dengan mengintegrasikan segmentasi instans objek. Dengan menggabungkan kemampuan deteksi objek yang akurat dengan kemampuan segmentasi instans yang tinggi, Mask R-CNN mampu memberikan solusi yang komprehensif dalam memahami konten visual dalam gambar. Model ini menghasilkan masker piksel-piksel yang mengidentifikasi area terkait dengan setiap objek, memungkinkan untuk memisahkan instans dari objek yang sama dengan tingkat detail yang tinggi.

Mask R-CNN memanfaatkan beberapa fitur kunci, termasuk penggunaan backbone network seperti ResNet atau FPN untuk ekstraksi fitur, serta Region Proposal Network (RPN) untuk mengusulkan wilayah-wilayah yang mungkin mengandung objek. Dengan kombinasi ini, model ini dapat memberikan hasil segmentasi yang akurat dan mendeteksi objek dengan presisi tinggi. Aplikasi dari Mask R-CNN mencakup berbagai bidang seperti pengenalan objek, segmentasi medis, dan keamanan, menunjukkan fleksibilitas dan keunggulan dalam tugas-tugas visual yang kompleks.





Gambar 19. Mask R-CNN Segmentation



2.2 Metode Penyelesaian Masalah

2.2.1 State of The Art

Beberapa penelitian terkait yang membahas tentang identifikasi telur dan pengembangan mesin tetas.

Tabel 4. State of The Art Penelitian

No	Judul Karya Ilmiah, Nama, Tahun Terbit dan Penerbit	Objek dan Permasalahan	Metode Penyelesaian	Kinerja	Korelasi <.,=>
1.	<p>Judul: Sistem Kalibrasi Suhu Mesin Tetas Telur Menggunakan Citra <i>Camera Thermal</i></p> <p>Penulis : -</p>	<p>Objek: temperature telur mesin tetas</p> <p>Permasalahan: -pengaturan nilai pada termostat berdasarkan percobaan yang ada menghasilkan temperatur ruangan yang dapat berbeda antara satu mesin tetas dengan mesin tetas yang lain meskipun digunakan termostat dengan jenis yang sama -keluaran temperature baik thermometer manual maupun digital dapat berbeda meskipun masing-masing pada jenis yang sama</p>	<p>Menggunakan <i>camera thermal</i> untuk mengambil gambar suhu pada mesin tetas, untuk mendapatkan nilai optimal maka diperlukan proses pencitraan identifikasi telur mati, hidup, optimal dalam satu periode, metode yang digunakan adalah Model Kalibrasi</p>	<p>Dapat menentukan parameter yang optimal menggunakan kamera termal terhadap mesin tetas agar dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengkalibrasi mesin tetas</p>	
2.	<p>Judul: <i>The identification and filtering of fertilized eggs with a thermal imaging</i></p> <p>Penulis : Cherry Sh...</p>	<p>Objek: telur</p> <p>Permasalahan: Suhu telur, dan embrio</p>	<p>Menggunakan metode Operator Sobel, Teori <i>Fuzzy</i>, thresholding dan <i>Gray Level co-occurrence matrix</i>(GLCM)</p>	<p>Didapatkan keakuratan sistem sebesar 96% dengan kecepatan 2-3 detik untuk sampel 36 telur</p>	=



No	Judul Karya Ilmiah, Nama, Tahun Terbit dan Penerbit	Objek dan Permasalahan	Metode Penyelesaian	Kinerja	Korelasi <.,=,>
	Tahun : 2012 Penerbit : Elsavier				
3.	Judul : <i>Identity Analysis of Egg Based on Digital and Thermal Imaging: Image Processing and Counting Object Concept</i> Penulis : Sunardi ¹ , Anton Yudhana ² , Shoffan Saifullah ³ Tahun : 2017 Penerbit : IJECE	Objek: Analisis Identitas Telur dan perhitungan objek Permasalahan: Bagaimana melakukan klasifikasi terhadap telur yang dibuahi	Proses penelitian menggunakan dua alat yaitu kamera thermal imaging dan kamera smartphone. Algoritma <i>KNN</i> Sebagai proses klasifikasi berbasis Euclidean.	Tingkat keberhasilan penelitian ini adalah 88.89%	<
4	Research on the Discrimination of Hatching Eggs Activity Based on Thermal Imaging: A Food Nondestructive Testing Practice Penulis: Liu Hai-ling Tahun : 2017 Penerbit : ISSN	Objek Telur ayam Embrio dalam telur, dan suhu yang dipancarkan	Cooling curve, cooling area, region growing segmentation, ellipse fitting, Region of interest (ROI), enhancement, dan teori bayes	Deteksi Telur tidak fertil dalam 4 hari didapat 89,6% dari kenyataan, dan dalam 16 hari didapatkan embrio mati sebanyak 96,3% dari fakta yang terjadi[7]	
	Judul: 	Objek: mendeteksi telur fertile dan infertile Permasalahan: Bagaimana	Menggunakan kamera termal untuk mengukur suhu dan mengidentifikasi kesuburan telur	Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan telur	<

No	Judul Karya Ilmiah, Nama, Tahun Terbit dan Penerbit	Objek dan Permasalahan	Metode Penyelesaian	Kinerja	Korelasi <.,=>
	Penulis : T Muthia dkk Tahun : 2021 Penerbit : Prosiding SINTA 4	menganalisis karakteristik suhu telur embrio menggunakan kamera thermal?		infertile mempunyai suhu yang lebih kecil dari 35°C, sedangkan telur fertile mempunyai suhu antara 35°C - 36°C.	
6.	Judul: Detecting Fertility and Early Embryo Development of Chicken Eggs Using Near-Infrared Hyperspectral Imaging Penulis: L. Liu, M.O. Ngadi Tahun: 2012 Penerbit: Springer	Objek : Telur Ayam Permasalahan : Embrio pada telur	Dengan menggunakan metode <i>Gaber filter</i> , <i>ROI</i> , and <i>K-Means Clustering</i>	Data embrio pada hari ke-0 sebesar 100%, hari ke-1 sebesar 78,8%, Hari ke-3 sebesar 81,8%, dan hari ke-4 sebesar 84,1%, dari tingkat keakuratan	<
7.	Judul: Rancang Bangun Sistem Deteksi Embrio pada Telur Menggunakan Webcam Penulis: Khabibulloh M	Objek : Telur unggas Permasalahan : Embrio dalam telur	<i>Thresholding</i> dan perhitungan jumlah pixel, serta memerlukan peralatan untuk memberikan cahaya pada telur (dengan laser)	Hasil yang diperoleh dalam pendektaksian embrio yaitu: telur berembrio 100% tingkat keberhasilan, telur rusak diperoleh 91,7% berhasil dan 8,3% error, telur bagus diperoleh 100% tingkat	<

No	Judul Karya Ilmiah, Nama, Tahun Terbit dan Penerbit	Objek dan Permasalahan	Metode Penyelesaian	Kinerja	Korelasi <.,=,>
	Yan, Tahun: 2012 Penerbit: ISSN			keberhasilan. Sehingga secara keseluruhan diperoleh persentase 98,2% berhasil dan 1,8% error[7]	
8.	Judul: Research on the Discrimination of Hatching Eggs Activity Based on Thermal Imaging: A Food Nondestructive Testing Practice Penulis: Liu Hai-ling dkk Tahun: 2016 Penerbit: ISSN	Objek: pemantauan telur yang menetas dalam inkubasi 4-16 hari. Permasalahan: Bagaimana Menggabungkan dengan citra digital ROI dari telur tetas diekstraksi, dengan peningkatan citra daya pembeda yang berbeda keaktifan penetasan telur meningkat.	thermal imager terhubung ke komputer, menggunakan perangkat lunak BM_IR untuk memperoleh informasi suhu permukaan telur tetas.		<
9.	Judul: Calibration and Image Processing of Aerial Thermal Image for UAV Application in Crop Water Stress Estimation Penulis : Yunhyeok Han dkk 	Objek: Pemantauan tanaman area pesisir dan pertanian cerdas. Permasalahan: Bagaimana mengkalibrasi tingkat air pohon buah-buahan dibawah kondisi irigasi yang berbeda kondisi	Teknik pemrosesan gambar termasuk model campuran Gaussian, Otsu metode binarisasi, dan metode binarisasi Otsu setelahnya pengaburan Gaussian.		<

No	Judul Karya Ilmiah, Nama, Tahun Terbit dan Penerbit	Objek dan Permasalahan	Metode Penyelesaian	Kinerja	Korelasi <.,=>
10.	<p>Judul: Optimization of Temperature and Relative Humidity in an Automatic Egg Incubator Using Mamdani Fuzzy Inference System</p> <p>Penulis : Pramit Dutta dkk</p> <p>Tahun : 2021</p> <p>Penerbit : IEEE</p>	<p>Objek: Mengontrol suhu dan tingkat kelembaban dalam incubator.</p> <p>Permasalahan: Bagaimana tetap menjaga kestabilan temperatur dan kelembaban dalam mesin tetas telur</p>	kecerdasan buatan, sistem kontrol, logika fuzzy, kelembaban, inkubator, Mamdani, suhu, sensor.	Hasil yang dicapai	<
11.	<p>Judul: The Implementation of Mamdani's Fuzzy Model for Controlling the Temperature of Chicken Egg Incubator</p> <p>Penulis : Indri Nurfazri Lestari dkk</p> <p>Tahun :2020</p> <p>Penerbit : IEEE</p>	<p>Objek: Pengontrolan suhu mesin tetas telur ayam</p> <p>Permasalahan: Bagaimana mengontrol suhu dengan menggunakan metode Fuzzy Logic Mamdani ununtuk mengontrol kecepatan kipas</p>	Dengan menggunakan metode Fuzzy Logic Mamdani untuk mempermudah kinerja kipas menjadi tiga bagian, lambat, normal, dan cepat untuk menjaga kestabilan suhu dalam mesin tetas tetap merata	Pengujian sistem dengan perbandingan manual dengan hasil 47,36%	<



No	Judul Karya Ilmiah, Nama, Tahun Terbit dan Penerbit	Objek dan Permasalahan	Metode Penyelesaian	Kinerja	Korelasi <.,=>
12	<p>Judul : Thermal Optimization on Incubator using Fuzzy Inference System based IoT</p> <p>Penulis: Renny Rakmawati, et al</p> <p>Tahun:2019</p> <p>Penerbit:IEEE</p>	<p>Objek: Sistem monitoring dan kontrol mesin tetas</p> <p>Permasalahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pengendalian incubator mesin tetas menggunakan cara manual atau menggunakan metode on/off membuat sistem tidak berjalan secara maksimal. - Bagaimana agar dapat mengoptimalkan suhu incubator mesin tetas dari jarak jauh. 	Membuat sebuah sistem untuk optimasi suhu pada incubator mesin tetas menggunakan metode Fuzzy inference sistem berbasis (IoT) Internet of Things agar dapat mengontrol suhu incubator mesin tetas dengan jarak jauh	Hasil yang dicapai ,agar sistem penetasan telur lebih stabil saat menghangatkan suhu di incubator dan dapat dikontrol melalui internet.	<
13.	<p>Judul: End-to-End Multimodal 16-Day Hatching Eggs Classification</p> <p>Penulis: Lei Geng, dkk</p> <p>Tahun: 2019</p> <p>Penetbit: Symmetry</p>	<p>Objek : Fertilitas Telur</p> <p>Permasalahan Bagaimana mengkalasifikasi telur fertile, telur sisa, dan telur pulih dalam 16 hari</p>	End-to-end deep learning network structure that uses multiple forms of signals	Telur tetas enam belas hari dibagi menjadi telur fertil, telur sisa, dan telur pulih. Menggabungkan beberapa metode dan mendapatkan hasil yang baik	<
14.	<p>Judul: Egg Fertility Detection Using Image Processing And Fuzzy Logic</p> <p>Penulis:</p> 	<p>Objek : Fertilitas Telur</p> <p>Permasalahan : Bagaimana mendeteksi kesuburan telur berdasarkan citra menggunakan metode Fuzzy Logic</p>	teknik morfologi untuk ekstraksi fitur dan algoritma logika fuzzy berdasarkan informasi yang dikumpulkan oleh bagian pertama. Maka dengan menerapkan Image Processing dan FLC di MATLAB dengan bantuan pemrograman	Tingkat keberhasilan pada penelitian ini disebutkan adalah cepat dan efisien	<

No	Judul Karya Ilmiah, Nama, Tahun Terbit dan Penerbit	Objek dan Permasalahan	Metode Penyelesaian	Kinerja	Korelasi <.,=,>
	ISSN		MATLAB dan toolbox logika fuzzy dapat menentukan fertilitas telur		
15.	<p>Judul: The Development of Quail Eggs Smart Incubator for Hatching System based on Microcontroller and Internet of Things (IoT)</p> <p>Penulis: W.S. Mada Sanjaya. dkk</p> <p>Tahun: 2018</p> <p>Penerbit: IEEE</p>	<p>Objek : Pengembangan mesin tetas berbasis mikrokontroler Arduino</p> <p>Permasalahan : Bagaimana mengontrol suhu dan kelembaban dengan jarak jauh dengan kapasitas besar agar tetap stabil</p>	Menggunakan perangkat Internet Of Things (IoT). Mikrokontroler Arduino sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban secara real time.	Berhasil menetas secara normal adalah 87%, menetas tapi rusak 1.84%, menetas tpi mati 10.20% dan tidak menetas sebanyak 490 butir telur dalam 17 hari masa penetasan	<

Beberapa penelitian terkait identifikasi telur berdasarkan kamera termal dan pengembangan mesin tetas berdasarkan temperature telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti. Misalnya penelitian yang dilakukan Penelitian yang dilakukan oleh Chern-Sheng Lin, Po Ting Yeh, Der-Chin Chen, Penggunaan thermal imanging dalam mengidentifikasi dan filtering pada telur yang fertile. Operator pengolahan citra menggunakan sobel untuk mencari garis luar pada telur dan teori fuzzy yang digunakan untuk memperoleh nilai ambang batas terbaik pada telur yang rusak yaitu menggunakan grayscale matriks co-occurrence GLCM. Maka sistem dapat membuat penilaian apakah setiap telur yang baik atau buruk. Keakuratan sistem dapat mencapai 96%, dan kecepatan deteksi 2-3 detik(Lin et al. 2013)



penelitian yang dilakukan oleh Chern-Sheng Lin, Po Ting Yeh, Teknologi imaging dapat digunakan untuk mendeteksi penetasan telur dalam selama 16 hari. Keadaan telur dalam incubator selama 4-16 hari

dilakukan penelitian dengan teknologi thermal imaging. Analisis dilakukan berdasarkan kurva dingin, daerah dingin, perkembangan, bentuk oval dan morfologi dari telur, serta ekstraksi telur ayam menggunakan metode Region Of Interest (ROI

). Dalam penelitian menunjukkan bahwa telur tidak dibuahi waktu 4 hari adalah 89.6%, dan embrio telur dalam 16 hari adalah 96.3% dari keseluruhan[4]

Penentuan fertilitas telur dan perkembangan awal embrio menggunakan hyperspectral imaging dengan sampel data yang digunakan yaitu 170 telur ayam (152 telur yang fertile, dan 18 tidak fertile). Metode yang digunakan menggunakan Region Of Interest (ROI) dalam ekstraksi cirinya dan K-Means untuk pengklasifikasiannya. Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan hasil klasifikasi untuk semua telur pada setiap hari inkubasi yaitu hari ke-1 yaitu 65,29%, hari ke-2 yaitu 61,18%, hari ke-3 yaitu 72,94%, dan hari ke-4 yaitu 84,12%. Hasil klasifikasi rendah pada Hari 1 dan Hari 2 yang menunjukkan bahwa perkembangan embrio sulit untuk dideteksi selama 2 hari pertama pada saat telur berada di incubator[6]

Penelitian yang dilakukan Khabibulloh, M. Arif, Kusumawardhani, Apriani, Pratama, Detak Yan, Sistem deteksi embrio pada telur yang dilakukan dengan webcam, proses deteksi embrio telur menggunakan metode thresholding untuk mengenali telur dengan memisah objek telur dengan latar belakangnya dan penghitungan jumlah piksel dari obyek yang dibentuk. Proses egg detection menggunakan threshold 50 pada telur yang memiliki embrio tingkat keberhasilan sebesar 100%. Proses egg detection pada kondisi telur rusak didapatkan tingkat keberhasilan sebesar 91,7%. Sehingga dari semua pengambilan data dengan segala kondisi telur didapatkan error 1,8% dan tingkat keberhasilan 98,2% (Ahsan et al. 2021).

2.2.2 Penelitian Yang Terkait

Beberapa penelitian terkait sistem identifikasi telur fertil dan infertil dan yang berpotensi digunakan seperti pada beberapa penelitian yang an pada tabel dibawah ini.



Tabel 5. Jurnal yang berkaitan dengan penelitian ini:

Paper	Sistem			Hasil	
	Metode	Alat yang digunakan	Preprocessing	Trening	Testing
<i>The identification and filtering of fertilized eggs with a thermal imaging</i>	GLCM	Camera Thermal	Convert to grayscale	96%	2-3 detik
<i>Identity Analysis of Egg Based on Digital and Thermal Imaging: Image Processing and Counting Object Concept</i>	Fuzzy Logic	Camera Thermal	Convert to grayscale and cropping	100%	88.89%
Identifikasi telur fertil dan infertil menggunakan jaringan syaraf Tiruan Radial Basis Function(RBF) berdasarkan citra tekstur	GLCM	Camera Digital	Citra RGB to grayscale	100%	96%
Pemanfaatan citra Kamera Inframerah Thermal (KIT) untuk mendeteksi area inflamasi pada tubuh manusia	Global Thresholding	Camera Thermal	Convert to grayscale	94%	-
Pengujian thermostat kapsul dan digital mesin penetas telur unggas		Termostat kapsul dan digital	Convert to grayscale		-
Klasifikasi telur fertil dan infertil menggunakan jaringan saraf tiruan multilayer perceptron berdasarkan ekstraksi fitur warna dan bentuk	JST	Camera Digital	Citra RGB, grayscale dan Citra Biner	100%	98%
Identifikasi telur fertile dan infertile berbasis suhu	JST	-	Convert to grayscale	-	-
Classification of Egg Fertility on the Image of Kampong Chicken Egg Using the Frequency Distribution Feature and Naive Bayes Classifier Algorithm's	Metode Fuzzy C Means dan Naive Bayes Classifier	Camera Digital	Grayscale	93.02%	87%
Penerapan Algoritma Convolutional Neural Network dalam Klasifikasi Telur Ayam Fertil dan Infertil Berdasarkan Hasil Candling	Deep Learning, CNN	Camera Digital	Convert to grayscale and cropping	98%	
Identification of chicken egg fertility using SVM classifier based on first-order statistical feature extraction	SVM Classifier	Camera Digital	Convert to grayscale and cropping		84.57%



2.2.3 Tingkat Keaslian (Level Orisinalitas) Topik Penelitian yang Diusulkan

Pengembangan topik penelitian yang diusulkan dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut :

Tabel 6. Tingkat Keaslian (Level Orisinalitas) Topik Penelitian yang Diusulkan

No. Referensi	Metod Penyelesaian											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
1	√	√	√		√		√					
2		√		√						√		
3		√			√							
4						√			√			
5					√							
6							√					
7					√							
8		√	√									√
9					√							
10					√						√	
11					√							
12					√							
13					√							
14					√							
15					√							

Keterangan :

Nomor Referensi :

1. System kalibrasi suhu mesin tetas telur menggunakan camera thermal
(Topik yang diusulkan)
2. *The identification and filtering of fertilized eggs with a thermal imaging*



entity Analysis of Egg Based on Digital and Thermal Imaging: Image processing and Counting Object Concept

research on the Discrimination of Hatching Eggs Activity Based on

- Thermal Imaging: A Food Nondestructive Testing Practice
5. Identifikasi telur fertile dan infertile berbasis suhu
 6. Detecting Fertility and Early Embryo Development of Chicken Eggs Using Near-Infrared Hyperspectral Imaging
 7. Rancang Bangun Sistem Deteksi Embrio pada Telur Menggunakan Webcam
 8. Research on the Discrimination of Hatching Eggs Activity Based on Thermal Imaging: A Food Nondestructive Testing Practice
 9. Calibration and Image Processing of Aerial Thermal Image for UAV Application in Crop Water Stress Estimation
 10. Optimization of Temperature and Relative Humidity in an Automatic Egg Incubator Using Mamdani Fuzzy Inference System
 11. The Implementation of Mamdani's Fuzzy Model for Controlling the Temperature of Chicken Egg Incubator
 12. Thermal Optimization on Incubator using Fuzzy Inference System based IoT
 13. End-to-End Multimodal 16-Day Hatching Eggs Classification
 14. Egg Fertility Detection Using Image Processing And Fuzzy Logic
 15. The Development of Quail Eggs Smart Incubator for Hatching System based on Microcontroller and Internet of Things (IoT)

Metode Penyelesaian Masalah:

- a. Kalibrasi
- b. *Thermal imaging*
- c. *Region of Interest (ROI)*
- d. Mask R-CNN
- e. Super Vector Machine (SVM)

Berdasarkan pengembangan metode mengenai Kalibrasi citra thermal yang dapat dilihat pada Tabel II.2 maka topik penelitian ini memenuhi level orisinalitas

Orisinal) sesuai dengan standar tingkat keaslian yang bersumber dari penulisan proposal yang dikeluarkan oleh Program Studi Magister Teknik ka Universitas Hasanuddin (UNHAS) yang dapat dilihat pada table.



Tabel 7. Objek Penelitian

Level orisinalitas	Objek penelitian	Jenis permasalahan	Metode penyelesaian masalah	Status orisinal proposal/penelitian
1	Xxxxx	Tidak jelas, Sangat minim untuk level S2	xxxxxx	Orisinalitas tidak ada
2	Terpakai (sudah digunakan sebelumnya)	Serupa dengan objek yang sama	Sudah digunakan untuk objek dan jenis permasalahan sebelumnya	Sangat tidak orisinal (replikasi)
3	baru	Serupa dengan sebelumnya	sama untuk masalah yang serupa	Kurang
4	Terpakai (sudah digunakan sebelumnya)	Serupa dengan objek yang sama	lain yang tersedia (belum digunakan untuk masalah yang sama)	Minimalis
5	baru	Serupa dengan sebelumnya	lain yang tersedia	Minimalis
6	Terpakai	baru	tersedia	Orisinal
7	baru	baru	tersedia	Orisinal
8	terpakai	serupa	Baru	Orisinal+novelty
9	Baru	serupa	Baru	Orisinal+novelty
10	terpakai	baru	baru	Sangat orisinal+novelty
11	baru	baru	baru	Sangat orisinal+novelty

2.3 Kerangka Pikir



angka pikir dapat dilihat pada gambar dibawah ini, yang menjelaskan alur penelitian yang akan dilakukan.

Latar Belakang Masalah

Parameter Pengaturan Mesin TetasTelur:

- Temperatur dan kelembaban

Kalibrasi Mesin Tetas

1. secara referensi mesin tetas sudah memiliki standar pengaturan temperatur.
2. Setiap mesin tetas memerlukan kalibrasi terhadap temperature pada ruangan tetasnya

Permasalahan Kalibrasi

1. penentuan temperature ruang mesin tetas dilakukan dengan pengaturan pada thermostat dan biasanya divalidasi dengan thermometer manual
2. pengaturan nilai pada termostat berdasarkan percobaan yang ada menghasilkan temperatur ruangan yang dapat berbeda antara satu mesin tetas dengan mesin tetas yang lain meskipun digunakan termostat dengan jenis yang sama
3. keluaran temperature baik thermometer manual maupun digital dapat berbeda meskipun masing-masing pada jenis yang sama
4. penempatan sensor pada ruang mesin tetas dapat mengakibatkan temperature ruang mesin tetas berbeda-beda pada beberapa mesin tetas meskipun pada pengaturan thermostat yang sama.

Metode yang digunakan

- Melakukan Kalibrasi
- Camera Thermal

Referensi

- Identity Analysis of Egg Based on Digital and Thermal Imaging: Image Processing and Counting Object Concept “Sunardi et al, 2017, IJECE”
- The identification and filtering of fertilized eggs with thermal imaging “Chern-Sheng Lin, Po Ting Yeh, Der-Chin Chen”
- Temperature Monitoring System for Egg Incubators Using Raspberry Pi3 Based on Internet of Things (IoT) “Siti Purwati et al, 2021 ISSN”
- Research on the Discrimination of Hatching Eggs Activity Based on Thermal Imaging: A Food Nondestructive Testing Practice “Liu Hailing et al, 2016, ISSN”
- Calibration and Image Processing of Aerial Thermal Image for UAV Application in Crop Water Stress Estimation “Yunhyeok Han et al, 2021”
- Optimization of Temperature and Relative Humidity in an Automatic Egg Incubator Using Mamdani Fuzzy Inference System “Paramit Dutta et al, 2021, IEEE”
- The Implementation of Mamdani’s Fuzzy Model for Controlling the Temperature of Chicken Egg Incubator “Indri Nurfazri Lestari et al, 2020, IEEE”
- A Mask-Based Approach for the Geometric Calibration of Thermal-Infrared Cameras “Stephen Vidas et al, 2012, IEEE”
- Thermal Optimization on Incubator using Fuzzy Inference System based IoT “Renny Rakmawati et al, 2019, IEEE”
- End-to-End Multimodal 16-Day Hatching Eggs Classification “Lei Geng al, 2019, Symmetry”
- Egg Fertility Detection Using Image Processing And Fuzzy Logic “Jhon Glen C al, 2019, ISSN”
- The Development of Quail Eggs Smart Incubator for Hatching System based on Microcontroller and Internet of Things (IoT) “W.S. Mada Sanjaya et al, 2018, IEEE”
- Design and Implementation of Intelligent Control System for Egg Incubator Based on IoT Technology “Ammar A.Aldari et al, 2018, IEEE”
- Comparison of Fuzzy and OnOff Controller for Winter Season Egg Hatching Incubator System “Neeraj Khera et al, 2018, IEEE”
- Development of a Small Scaled Microcontroller Based Poultry Egg Incubation System “G.V. Kutsira et al, 2018, IEEE”



Masalah

- [1], [2], [4], [9],[10],[11] identifikasi telur fertile dan infertile berdasarkan camera thermal dengan tingkat akurasi ada yang mencapai 96%, sampel yang diuji 90 butir telur.
- [5], [8] untuk kalibrasi citra termal menggunakan benda hitam dengan suhu permukaan yang seragam. Benda hitam untuk dibuat mempunyai ketentuan tersendiri.
- [3], [12], [13], [14], [15], Deteksi suhu mesin tetas berbasis IoT, dapat mengontrol suhu dan kelembaban dari jarak jauh dengan hasil pengujian hampir sama dengan penetas normal
- [6], [7], pengembangan incubator menggunakan metode Fuzzy Mamdani dengan hasil pengujian kurang maksimal, tingkat keberhasilan 47,36%

Solusi

- Dengan berbagai referensi yang ada maka usulan untuk menentukan temperatur mesin tetas maka diperlukan camera thermal untuk mengidentifikasi citra thermal sehingga dapat nilai yang akurat agar dapat dilakukan kalibrasi.

Kontribusi

- Pada saat ini peternak tidak mempunyai sensor referensi, sensor referensi tidak semua orang yang memiliki dan susah untuk didapatkan sehingga peneliti mengusulkan *Camera Thermal* adalah solusi untuk menggantikan sensor referensi, karena *Camera Thermal* mudah untuk didapatkan dan *Camera Thermal* dapat meraiasikan temperature menjadi citra sehingga dapat di olah komputer

