UPT Perpustakaan Universitas Jember

KARYA ILMIAH

DESAIN INKUBATOR PORTABEL DENGAN SUHU TERKONTROL UNTUK STUDI FISIOLOGIS DAN PERILAKU ANAK AYAM

PENYUSUN :

Dr. Asmoro Lelono, M.Si (Ketua)

dr. Yudha Nurdian, M.Ker (Anggota 1)

Dr Sattya Arimurti, SP, M.Si (Anggota 2)

Eva Tyas Utami, S.Si, M.Si (Anggota 3)

Dhiyaul Kholis (Anggota 4)

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2025

UPT Perpustakaan Universitas Jember

Data Identitas Penyusun

Ketua

Nama	: Dr Asmoro Lelono, M.Si
NIK	: 351094191510680001
NIP	: 196810151998021001
NPWP	: 488534041626000
Pangkat/Golongan	: Penata Tk1/IIId
Jabatan	: Lektor Kepala
Jenis Kelamin	: Pria
email	: lelono.asmoro@gmail.com
No. kontak	: 082115108926
Alamat kantor	: Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember Jl. Kalimantan II No. 25 Kampus Tegal Boto, Kabupaten Jember Jawa Timur
Alamat lengkap	: Perumahan Bumi Mangli Permai, Blok IF No. 14 RT 001/15 Kelurahan Mangli, Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember Jawa Timur 68136

Anggota 1

Nama	: dr. Yudha Nurdian, M.Kes.
NIK	: 3509211910710001
NIP	: 197110191999031001
NPWP	: 488532391626000
Pangkat/Golongan	Pangkat/Golongan: Pembina Utama Muda/IVc
Jabatan	: Lektor Kepala
Jenis Kelamin	: Pria
email	: yudhanurdian78@gmail.com
No. kontak	: 083847474848
Alamat kantor	: FK Universitas Jember Jl. Kalimantan Kampus Bumi Tegal Boto No. 37 Kabupaten Jember Jawa Timur 68121
Alamat lengkap	: Jalan Semeru No. 4 RT 2 RW 13 Kelurahan Sumbersari Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember Jawa Timur 68121

Anggota 2

Nama	: Dr Sattya Arimurti SP, M.Si
NIK	: 3509197103740006
NIP	: 197403311999032001
NPWP	: 488534033626000
Pangkat/Golongan	Pembina/IVb
Jabatan	: Lektor Kepala
Jenis Kelamin	: Wanita
email	: arimurti.fmipa@unej.ac.id
No. kontak	: 082230771813
Alamat kantor	: Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember Jl. Kalimantan II No. 25

UPT Perpustakaan Universitas Jember

	Kampus Tegal Boto, Kabupaten Jember Jawa Timur
Alamat lengkap	: Jl Hayam Wuruk XIX F217 Kelurahan Sempurasi, Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember Jawa Timur 68136

Anggota 3

Nama	: Eva Tyas Utami, S.Si., M.Si
NIK	: 3509214106730004
NIP	: 197306012000032001
NPWP	: 488533761626000
Pangkat/Golongan	: Penata Tk I /Gol: III d
Jabatan	: Lektor
Jenis Kelamin	: Wanita
email	: utami.fmipa@unej.ac.id
No. kontak	: 085726219823
Alamat kantor	: Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember Jl. Kalimantan II No. 25 Kampus Tegal Boto, Kabupaten Jember Jawa Timur
Alamat lengkap	: Jl. Bangka III No. 9 RT 008/017 Kelurahan Sumbersari, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember Jawa timur 68121

Anggota 4

Nama	: Dhiyaul Kholis
NIK	: 3525012906040002
NPWP	: -
NIP /NIM	: 221810401062
Pangkat/Golongan	: Mahasiswa
Jabatan	:Mahasiswa
Jenis Kelamin	:Pria
email	:dhiyaulkholis@gmail.com
No. kontak	: 085850362704
Alamat kantor	: Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember Jl. Kalimantan II No. 25 Kampus Tegal Boto, Kabupaten Jember Jawa Timur
Alamat lengkap	: Desa Padang Bandung, RT 19/RW 05, Kecamatan Dukun, Kabupaten Gresik, 61155
Alamat repository	: https://repositry.unej.ac.id/handle/123456789/125934

UPT Perpustakaan Universitas Jember

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur kehadirat **Tuhan Yang Maha Esa**, atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya yang tak terhingga, akhirnya penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah ini yang berjudul **"DESAIN INKUBATOR PORTABEL DENGAN SUHU TERKONTROL UNTUK STUDI FISIOLOGIS DAN PERILAKU ANAK AYAM"** dengan baik dan tepat waktu. Penyelesaian karya ini merupakan wujud nyata dari upaya penulis dalam menyelesaikan studi, sekaligus berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang **teknologi terapan dan ilmu hewan**.

Proyek desain inkubator portabel ini lahir dari kesadaran akan **pentingnya lingkungan yang terkontrol** dalam melakukan studi ilmiah, terutama yang berkaitan dengan fisiologis dan perilaku organisme pada tahap awal perkembangan. Anak ayam, sebagai model studi yang umum dalam penelitian biologi dan kedokteran hewan, sangat sensitif terhadap fluktuasi suhu lingkungan. Lingkungan termal yang stabil dan optimal adalah kunci untuk meminimalkan *stress* dan memastikan data yang diperoleh mencerminkan respons fisiologis dan perilaku murni terhadap perlakuan atau kondisi eksperimental yang ditetapkan, bukan respons terhadap ketidakstabilan lingkungan. Inkubator tradisional seringkali memiliki keterbatasan dari segi **portabilitas** dan **akurasi kontrol suhu** pada skala kecil untuk kebutuhan eksperimen lapangan atau laboratorium dengan ruang terbatas. Oleh karena itu, perancangan sebuah inkubator yang tidak hanya **presisi** dalam menjaga suhu, tetapi juga **ringkas dan mudah dipindahkan**, menjadi kebutuhan mendesak.

Desain ini memfokuskan pada **integrasi teknologi mikrokontroler dan sensor termal presisi tinggi** dalam sebuah kerangka desain yang **efisien dan ergonomis**. Tujuannya adalah menciptakan sebuah alat yang dapat diandalkan untuk mensimulasikan kondisi inkubasi ideal yang mampu mendukung studi jangka pendek maupun jangka panjang mengenai bagaimana variasi suhu yang terkontrol secara ketat dapat memengaruhi parameter **fisiologis** (seperti laju metabolisme, denyut jantung, atau pertumbuhan awal) dan **perilaku** (seperti *thermoregulation behavior*, interaksi sosial, atau tingkat aktivitas) pada anak ayam.

Dengan demikian, kontribusi utama dari karya ini tidak hanya terletak pada **inovasi desain perangkat keras** (yakni, inkubator portabel dengan mekanisme kontrol suhu *feedback loop* otomatis yang cepat dan stabil), tetapi juga pada **penyediaan *platform* eksperimental** yang *valid* dan *reliable* bagi peneliti di masa depan. Diharapkan alat ini dapat mempermudah proses pengambilan data primer yang lebih akurat dan mengurangi variabilitas eksperimental yang disebabkan oleh faktor lingkungan yang tidak terkontrol, sehingga **meningkatkan kualitas dan reproduksibilitas** hasil penelitian di bidang fisiologi dan etologi anak ayam.

Penyelesaian karya ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak.

Hormat kami atasnama Para Penyusun

UPT Perpustakaan Universitas Jember

DESAIN INKUBATOR PORTABEL DENGAN SUHU TERKONTROL UNTUK STUDI FISIOLOGIS DAN PERILAKU ANAK AYAM.

Pendahuluan

Penelitian ilmiah, khususnya dalan studi biologi perilaku dan fisiologi, sangat bergantung pada kemampuan untuk mengendalikan variabel lingkungan (abiotik). Kontrol yang ketat atas variabel ini memastikan bahwa perubahan yang diamati pada subjek ekspereimen (misalnya, perubahan detak jantung, metabolisme, atau pola perilaku) benar benar disebabkan oleh manipulasi eksperimental yang dilakukan dan buka karena fluktuasi lingkungan yang tidak terduga. Secara umum, presisi lingkungan adalah kunci utama untuk mencapai validitas internal yang tinggi dalam setiap desain penelitian eksperimental.

Anak ayam (*Gallus gallus domesticus*) yang baru menetas merupakan model sistem yang penting dalam berbagai disiplin ilmu, mulai dari ilmu peternakan hingga neurobiologi perkembangan. Periode pasca-penetasan dicirikan oleh kerentanan fisiologis yang tinggi, terutama terkait dengan termoregulasi. Anak ayam bersifat poikilotermik fungsional pada hari-hari awal kehidupan mereka; mereka belum memiliki sistem pengaturan suhu tubuh internal yang matang dan sangat bergantung pada sumber panas eksternal untuk mempertahankan suhu tubuh optimal.

Oleh karena itu, studi yang berfokus pada fisiologi perkembangan(misalnya, laju pertumbuhan, respon metabolisme) dan pembentukan perilaku (misalnya, perilaku imprinting, eksplorasi, atau respons terhadap predator) pada anak ayam, mutlak membutuhkan lingkungan termal yang stabil dan sesuai dengan zona kenyamanan termal mereka. Fluktuasi suhu yang ekstrem dapat memicu stres termal, yang secara langsung dapat mempengaruhi respon fisiologis dan perilaku yang sedang dipelajari, bahkan menyebabkan biasa atau aftefak data.

Meskipun terdapat berbagai indikator dan kandang pemeliharaan komersial, sebagian besar dirancang untuk tujuan penetasan telur atau pemeliharaan anak ayam dalam skala besar (industri) Aparatus yang ada saat ini tidak memadai untuk memenuhi tiga kriteria utama penelitian fisiologis dan perilak:

- **Akurasi kontrol suhu yang presisi:** kandang pemeliharaan standar seringkali hanya menggunakan pemanas sederhana tanpa termostat digital akurat, menghasilkan gradien suhu yang tidak seragam dan fluaksi yang luas yang dapat menginduksi stress pada anak ayam
- **Portabilitas dan kemudahan observasi;** penelitian seringkali menuntut pengambilan data di berbagai lokasi (misalnya di ruang gelap untuk studi sirkadian, atau di ruang uji perilaku). Inkubator standar terlalu besar, berat dan tidak dirancang sebagai kandang coba yang memungkinkan observasi visualyang mudah (non-invasif) atau pemasangan sensor data.
- **Fokus pada kenyamanan subjek:** Pemindahan anak ayam dari kandang permanen ke ruang observasi yang berbeda sringkali memicu stress akiba perpindahan lokasi, menganggupengukuran fisiologis yang sensitif.

UPT Perpustakaan Universitas Jember

Oleh karena itu, terdapat kesenjangan kritis dalam ketersediaan alat: tidak ada aparatus komersial yang tersedia secara luas yang secara spesifik menggabungkan fungsi inkubator suhu terkontrol dengankandang coba portable yang ergonomis untuk studi fisiologis dan perilaku.

Tujuan

Desain alat ini ditujukan untuk membangun prototipe inkubator anak ayam muda dengan sistem suhu terkontroll yang berfokus pada kemudahan penggunaan dan fungsionalitas ganda sebagai aparatus penelitian. Tujuan spesifik diuraikan sebagai berikut :

Tujuan desain dan rekayasa

Menciptakan desain yang sederhana dan fungsional:

- Mengembangkan rancangan perangkat yang mudah dibangun, dioperasikan, dan dirawat (sederhana) tanpa mengorbankan fungsi inti kontrol suhu.
- Memastikan alat memiliki portabilitas tinggi, dengan dimensi dan bobot yang ideal untuk dipindahkan antar laboratorium atau lokasi observasi di lapangan.

Mencapai akurasi kontrol suhu yang handal

- Marancang sistem pemanas dan sensor yang mampu mencapai dan mempertahankan suhu lingkungan yang stabil dalam rentang yang dibutuhkan oleh anak ayam paska-penetasan (misalnya 28 ^{o}C hingga 38 ^{o}C)
- Memastikan tingkat akurasi fungsional yang memadai untuk studi fisiologis dan perilaku (mempertahankan fluktuasi suhu minimum).

Tujuan Fungsional (sebagai aparatus studi)

Mengoptimalkan alat sebagai ruang observasi (kandang coba)

- Merancang ruang inkubasi yang dilengkapi dengan panel/dinding transparan untuk memfasilitasi observasi perilaku secara non-invasif dan perekaman visual tanpa perlu membuka atau mengganggu kondisi internal alat.
- Memastikan ruang internal memiliki dimensi yang cukup untuk memfasilitasi studi perilaku (misalnya, perilaku eksplorasi) anak ayam tunggal atau kelompok kecil

Menyediakan lingkungan suhu terkontrol stabil:

- Menghadirkan lingkungan yang mampu mengisolasi anak ayam dari fluktuasi suhu lingkunganluar, memastikan variabel termal tetap konsisten sepanjang periode penelitian.

Tujuan Ilmiah dan Dampak

Memfasilitasi dan meningkatkan teknis penelitian

UPT Perpustakaan Universitas Jember

- Menyediakan aparatus khusus yang secara langsung mengatasi masalah ketiadaan alat komersial yang sesuai, sehingga mempermudah pelaksanaan protokol studi fisiologis dan perilaku yang sensitif.

Meminimalkan stres subjek penelitian

- Menjamin bahwa suhu yang stabil dan kemampuan untuk melakukan observasi in-situ (tanpa pemindahan berulang) akan secara signifikan mengurangi stress termal dan stress akibat perpindahan lokasi pada anak ayam, menghasilkan data yang lebih akurat dan etis.

Mendukung pemahaman biologi awal

- Dengan menyediakan data yang lebih handal dari subjek yang minim stres, alat ini pada akhirnya membantu para peneliti dalam memahami secara lebih mendalam aspek aspek kunci dari perkembangan fisiologi, termoregulasi, dan pembentukan pola perilaku pada anak ayam di awal kehidupan

Metodologi Desain Inkubator Sederhana.

Metodologi ini dirancang dengan berfokus pada efisiensi biaya dan energi, keandalan fungsional dan kemudahan pengoprasian. Tujuan utamanya adalah menciptakan sebuah aparatus yang memenuhi kebutuhan ilmiah dasar tanpa kompleksitas teknis yang berlebihan.

Spesifikasi fungsional dan Justifikasi Ilmiah

Desain inkubator akan berpedoman pada persyaratan fungsional berikut, yang divalidasi oleh kebutuhan studi fisiologis dan perilaku anak ayam.

Parameter	**Spesifikasi Fungsional**	**Justifikasi Ilmiah**
Fungsi Utama	Pemeliharaan anak ayam pasca-penetasan untuk studi.	Mendukung pemeliharaan subjek uji dalam lingkungan terkontrol antara sesi penelitian (Pinchasov & Noy, 2003).
Rentang Suhu Operasi	28 ^{o}C– 38°C (Dapat disesuaikan).	Mencakup zona kenyamanan termal kritis dan suhu yang lebih rendah/tinggi yang mungkin diuji dalam eksperimen perilaku/metabolik (Nicol, 2015).
Akurasi Suhu (Stabilitas)	Mampu mempertahankan suhu yang disetel dengan fluktuasi minimum (pm 1°C).	Toleransi fluktuasi minimum ini memastikan bahwa *stress* termal dihindari, menjaga validitas data fisiologis (Dawkins, 2006).

UPT Perpustakaan Universitas Jember

Parameter	Spesifikasi Fungsional	Justifikasi Ilmiah
Portabilitas	Desain ringkas dan ringan, ideal untuk dibawa.	Memungkinkan alat berfungsi sebagai "kandang coba" bergerak, mengurangi *stress* pada anak ayam akibat pemindahan subjek ke lokasi pengambilan data yang berbeda (Siegel & Dunnington, 1997).
Visibilitas	Ruang inkubasi memiliki penutup/dinding transparan untuk observasi tanpa gangguan.	Memfasilitasi observasi perilaku non-invasif dan perekaman video, vital untuk studi etologi.

Komponen Desain dan Implementasi (Hardware Sederhana)

Komponen alat dipilih berdasarkan prinsip kesederhanaan, keandalan dan efisiensi untuk mencapai fungsi kontrol suhu pm 1 ^{o}C:

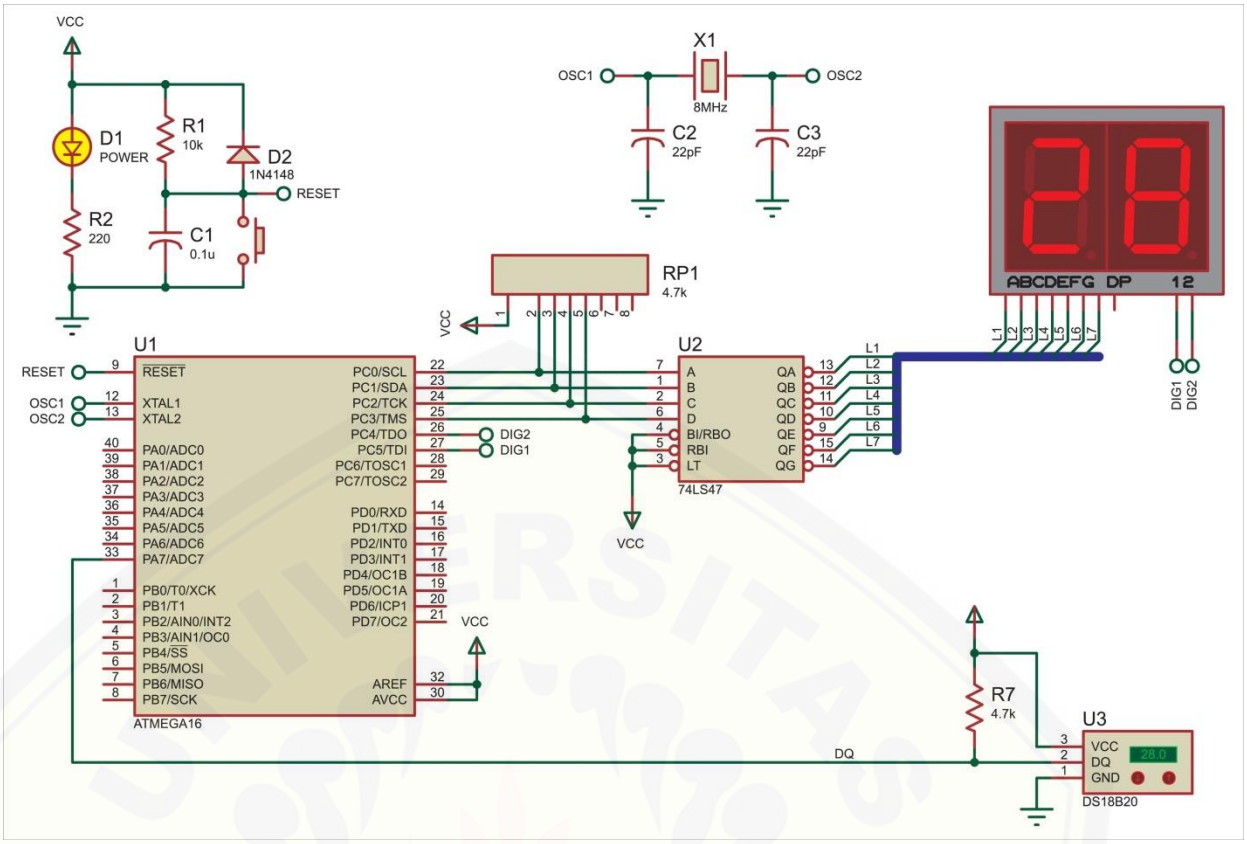
A. Struktur (enclosure) dan Isolasi:

- **Bahan:** Dipilih bahan yang memiliki sifat isolasi termal yang baik dan bobot ringan (bahan tripleks dengan tebal 3 mm)
- **Tujuan:** meminimalkan kehilangan panas ke lingkungan luar dan menjaga stabilitas suhu internal, sekaligus menjamin portabilitas.
- **Visibilitas:** Sebagian besar badan inkubator harus memiliki bahan transparan (akrilik bening) untuk observasi visual dan fotografi / perekaman yang tidak terhalang.

B. Sistem Kontrol Suhu Dasar (On/Off Control):

- **Sensor:** menggunakan sensor suhu digital yang akurat dan mudah diintegrasikan untuk pembacaan suhu real-time di pusat ruang inkubasi
- **Pemanas:** Menggunakan elemen pemanas resistif berdaya rendah yang andal (lampu pijar) dengan kekuatan 5 sampai 25 watt. Penempatan pemanas dirancang untuk mencegah kontak langsung dengan anak ayam dan mempromosikan sirkulasi panas alami
- **Pengontrol:** Menggunakan mikrokontroler sederhana atau modul termostrat digital) yang diprogram untuk menjalankan fungsi termostat on/off. Ketika suhu internal turun dibawah set poin, pemanas dihidupkan dan ketika suhu mecapai batas atas maka pemanas otomatis dimatikan.

UPT Perpustakaan Universitas Jember



C. Antarmuka pengguna dan power

- **Antar muka**: Hanya dilengkapi layar display digital kecil (LCD/LED) untuk menampilkan suhu aktual dan set point (suhu target). Kotrol suhu dilakukan melalui tombol sederhana (Atur naik/turun) untuk kemudahan pengoperasian.
- **Daya**: Dirancang untuk beroperasi dengan sumber daya listrik rumah tangga standar, dengan mempertimbangkan efisiensi energi.

Proses Uji dan Validasi

Prosedur ini memastika bahwa desain yang sederhana tetap memenuhi tuntutan akurasi fungsional:

1. **Uji Kalibarasi**: Sensor suhu internal harus diverivikasi silang dengan termometer referensi yang terkalibrasi untuk memastikan pembacaan yang akurat sebelum penggunaan eksperimental.
2. **Uji Stabilitas (Set Point):** Inkubator dijalankan pada set point kritis selama minimal 4 jam tanpa beban untuk memverifikasi bahwa fluktuasi suhu stabil dalam rentang 1 ^{o}C yang ditetapkan.
3. **Uji homogenitas:** Mengukur suhu di beberapa titik dalam ruang inkubasi (lantai, tengah, sudut) untuk memastikan tidak ada gradien suhu ekstrem (hotspot atau coldspot) yang dapat mempengaruhi perilaku termoregulasi anak ayam.

Masalah Potensial dan Solusi Antisipasi

Meskipun desain inkubator ini berfokus pada kesederhanaan dan keandalan fungsional, penerapan teknologi apa pun dalam lingkungan eksperimental dapat menimbulkan tantangan. Berikut ini adalah masalah yang mungkin di hadapi dan solusi rekayasa sederhana untuk memitigasinya

UPT Perpustakaan Universitas Jember

Masalah Terkait Stabilitas Suhu (Akurasi ±1∘C)

Masalah Potensial	Deskripsi Masalah	Solusi Antisipasi
A. *Overshoot* dan *Undershoot* Suhu	Penggunaan sistem kontrol *on/off* (termostat sederhana) dapat menyebabkan pemanas menyala terlalu lama atau terlalu cepat, menghasilkan fluktuasi suhu melebihi batas ±1∘C.	**Implementasi *Hysteresis* yang Tepat:** Atur *differential* (jarak toleransi) pada *software* termostat secara hati-hati. Misalnya, *set point* 35∘C dengan *hysteresis* ±0.5∘C (mati pada 35.5∘C, nyala pada 34.5∘C) untuk membatasi frekuensi siklus dan fluktuasi.
B. Gradien Suhu (Ketidakseragaman)	Panas cenderung menumpuk di dekat elemen pemanas (*hotspot*), sementara sudut-sudut lain mungkin lebih dingin (*coldspot*), yang tidak ideal untuk anak ayam (Nicol, 2015).	**Penambahan Kipas Sirkulasi Pasif:** Gunakan kipas komputer (DC *fan*) berdaya rendah yang dioperasikan sesekali atau secara konstan dengan kecepatan rendah untuk **mensirkulasikan udara secara merata** tanpa menghasilkan kebisingan yang mengganggu perilaku.
C. Kegagalan Sensor	Sensor suhu menjadi tidak akurat atau rusak, menyebabkan pembacaan yang salah dan kontrol suhu yang tidak terkendali.	**Sistem *Redundancy* Sensor Sederhana:** Pasang **dua sensor suhu** yang saling berdekatan. *Firmware* dapat diprogram untuk memberi peringatan jika pembacaan kedua sensor berbeda lebih dari ±1.5∘C.

Masalah Terkait Portabilitas dan Penggunaan Eksperimental

Masalah Potensial	Deskripsi Masalah	Solusi Antisipasi
A. *Stress* Akibat Kebisingan/Getaran	Komponen elektronik (kipas, *relay*, catu daya) dapat menghasilkan kebisingan atau getaran yang mengganggu studi perilaku dan fisiologis (Dawkins, 2006).	**Isolasi Akustik dan Mekanis:** Pasang kipas pada *mounting* karet atau busa. Gunakan *Solid State Relay* (SSR) daripada *relay* mekanis (*electromagnetic relay*) untuk mengontrol pemanas, yang **beroperasi tanpa suara**.
B. Kondensasi pada	Perbedaan suhu antara	**Ventilasi Minimal dan Perlakuan Anti-**

UPT Perpustakaan Universitas Jember

Masalah Potensial	Deskripsi Masalah	Solusi Antisipasi
Jendela Observasi	bagian dalam dan luar inkubator dapat menyebabkan kondensasi pada panel transparan, menghalangi observasi visual dan perekaman data.	**Kabut:** Sertakan **lubang ventilasi kecil** (yang dapat ditutup jika perlu) di bagian atas dan bawah untuk aliran udara minimal. Lapisi jendela observasi dengan larutan anti-kabut (*anti-fogging agent*) sebelum sesi observasi.
C. Pemutusan Daya Saat Portabel	Selama pemindahan atau jika terjadi kegagalan daya, suhu akan turun drastis, menyebabkan *stress* pada anak ayam.	**Penggunaan *Power Bank* Sederhana:** Integrasikan kemampuan untuk menyambungkan alat ke **baterai cadangan (misalnya, *power bank* DC besar)**. Meskipun baterai mungkin tidak mampu menyalakan pemanas secara penuh dalam jangka waktu lama, baterai dapat mempertahankan daya untuk mikrokontroler dan sensor, memberikan peringatan suhu rendah, dan menjaga suhu agar tidak turun terlalu cepat.

Masalah Terkait Kebersihan dan Keamanan Subjek

Masalah Potensial	Deskripsi Masalah	Solusi Antisipasi
A. Sanitasi dan Kebersihan	Kotoran anak ayam dan sisa pakan dapat menumpuk, menyebabkan risiko kontaminasi dan penyakit, serta menghambat pengamatan.	**Lantai Inkubasi yang Dapat Dilepas:** Desain lantai inkubator agar **mudah dilepas dan dicuci** atau dilapisi dengan alas yang dapat diganti (*disposable liner*). Gunakan bahan yang tidak berpori (misalnya, akrilik atau aluminium) untuk permukaan kontak internal.
B. Keamanan Kontak dengan Pemanas	Anak ayam secara tidak sengaja dapat menyentuh elemen pemanas (terutama jika menggunakan lampu) dan menderita luka bakar.	**Pemisah Pelindung:** Tempatkan **pemanas di balik pelat pelindung berlubang (*perforated shield*)** yang terbuat dari bahan tahan panas. Pelindung ini harus memungkinkan aliran udara panas tetapi mencegah kontak langsung dengan anak ayam.

UPT Perpustakaan Universitas Jember

Dengan mengintegrasikan solusi solusi sederhana namun efektif ini ke dalam metodologi desain, alat inkubator akan menjadi lebih handal dan valid untuk mendukung studi fisiologis dan perilaku anak ayam.

Peluang Pengembangan dan Proyeksi Masa Depan Alat Inkubator

Desain inkubator sederhana dengan suhu terkontrol ini memiliki peluang pengembangan yang menjanjikan, bertransisi dari alat laboratorium dasar menjadi aparatus eksperimental yang terintegrasi yang relevan untuk beberapa bidang ilmu.

1. Pengembangan Alat Lintar Spesies (Trans-Spesies)

Meskipun saat ini dirancang untuk anak ayam, prinsip inti dari mejaga lingkungan termal yang stabil dan terkontrol dapat diterapkan pada spesies lain yang juga termoregulasi lemah pada tahap awal kehidupan:

- **Burung Air dan Unggas Lain:** Alat ini dapat segera diadaptasi untuk studi fisiologis pada anak burung air (itik, angsa) atau jenis burung puyuh dan pheasant segera setelah menetas. Yang perlu disesuaikan hanyalah rentang suhu dan ukuran interior (enclosure) sesuai degan zona kenyamanan termal spesifik spesies tersebut.
- **Reptil dan Amfibi:** Dengan modifikasi pada kontrol kelembaban (yang belum ada dalam desain sederhana ini), alat ini dapat digunakan sebagai kandang coba untuk anakan reptil atau tadpole amfibi, dimana suhu lingkungan adalah penentu kritis perkembangan, metabolisme, dan bahkan penentuan jenis kelamin pada beberap aspesies.
- **Mamalia Kecil (Tikus, Mencit atau Marmut).** Prinsip isolasi termal dan kontrol suhu rendah sangat relevan untuk memelihara anak tikus yang baru lahir yang rentan, dimana akurasi suhu lingkungan sangat mempengaruhi studi neurobiologi dan perilaku anak dan induk.

Potensi pengambangan terletak pada fleksibilitas desain dimana dengan mengubah material internal (misalnya, permukaan yang lebih mudah dibersihkan untuk amfibi) dan memperluas rentang kendai (menambahkan kontrol kelembaban), alat ini dapat menjadi platform eksperimental multi-spesies yang hemat biaya.

Proyeksi Alat Baru yang lebih Terkontrol (Interasi sistem Informasi / AI)

Pengembangan yang menjajikan adalah evolusi alat sederhana ini menjadi “Laboratorium Coba Cerdas” melalui integrasi sistem informasi dan kecerdasan buatan (AI).

A. Integrasi Kontrol Multi-Faktor dan Data Real-Time

Desain sederhana ini dapat ditingkatkan menjadi aparatur baru dengan menambahkan kontrol faktor abiotik lain dankemampuan akuisisi data yang canggih

- **Kontrol Multi-Variabel:** Selain suhu, integrasikan kontrol terhadap kelembaban dan siklus cahaya/intensitas. Kontrol ini dapat diatur melalui anarmuka layar sentuh atau web jarak jauh

UPT Perpustakaan Universitas Jember

- **Pengambilan data otomatis:** Pasang berbagai ssensor tambahan (sensor gas CO), sensor aktivitas /berat) yang terhubung ke database terpusat. Ini memungkinkan peneliti mengumpulkan data fisiologis danlingkungan secara silmutan dan otomatis.
- **Visualisasi jarak jauh:** Kamera built – in dengan kemampuan straming memungkinkan observasi perilaku 24/7, mengatasi batasan portabilitas fisik.

B. Pemanfaatan Kecerdasan Buatan (AI) untuk analisis dan Eksperimen

Integrasi AI membuat peluang baru yang transformatif

1. **Analisis Perilaku Otomatis (Machine Vision):**
    - Sistem AI dapat diprogram untuk secara otomatis melacak dan menglasifikasikan perilaku anak ayam (berjalan, makan, tidur, pecking, vocalization) dari rekaman video. Ini akan menghilangkan bias manusi dan memungkinkan analiis jutaan data poin perilaku secara bersamaan.
2. **Sistem Monitoring dan Peringatan Dini Cerdas**
    - Alogaritma Machine Learning dapat menganalisis data fisiologis real-time (misalnya, perubahan suhu kulit, pola aktivitas) Jika sistem mendeteksi penyimpangan yang mengindikasikan stres fisiologis atau penyakit awal, ia dapat segera mengirim peringatan ke penliti (misalnya, anak ayam menunjukkan pola perilaku sakit yang tidak normal).
3. **Optimalisasi Kontrol Lingkungan (Kontrol Adaptif):**
    - Kontrol sederhana on/of dapat diganti dengan Kontrol Adaptif berbasis AI. Ai akan belajar dari data anak ayam sebelumnya untuk mempredisi inersia termal dan mengoptimalkan penggunaan pemanas (mengurangi overshoot) bahkan di lingkungan luar yang berubah-ubah. Misalnya, AI dapat menyesuaikan suhu set point berdasarkan usia anak ayam secara otomatis (metode brooding yang dipersonalisasi).

Kesimpulan Optimis

Peluang pengembangan alat ini sangatlah besar. Berawal dari *brooder* laboratorium sederhana, alat ini dapat bertransformasi menjadi **platform penelitian biomedis yang cerdas dan multifungsi** (dengan investasi pada AI dan sensor). Pengembangan ini tidak hanya akan memajukan penelitian pada anak ayam dengan menyediakan data yang lebih akurat dan terperinci, tetapi juga membuka pintu bagi **studi *in-situ* yang kompleks** pada berbagai spesies hewan lain.

Referensi

- Dawkins, M. S. (2006). A user's guide to animal welfare science. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(2), 77–82.
- Nicol, C. J. (2015). The behavioural biology of the chicken: a review. *World's Poultry Science Journal*, 71(4), 661–674.
- Pinchasov, Y., & Noy, Y. (2003). Developmental patterns of key physiological traits in post-hatch poultry. *The Journal of Poultry Science*, 40(1), 1–9.
- Siegel, P. B., & Dunnington, E. A. (1997). Behavior-genetics in chickens: A review. *Applied Animal Behaviour Science*, 51(1-2), 1–19.

UPT Perpustakaan Universitas Jember

Gambar / Foto Alat

Gambar. 1. Tampak depan dengan penampakan termostat, dan ruang dimana hewan coba ditempatkan dalam kompartemen yang bisa di pisahkan dengan sekat

UPT Perpustakaan Universitas Jember

Gambar 2. Tampak dalam ruang dimana hewan uji (anak ayam) ditempatkan untuk diamati perilakunya.

Gambar 3. Kompartemen dengan latar depan menggunakan akrilik tembus padang sebagai wahana untuk pengamatan tanpa menganggu aktivitas hewan yang beraktivitas. Pada bagian bawah disediakan tempat untuk menampung kotoran yang dapat dipindahkan untuk memudahkan sanitasi kontrol.