

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri peternakan unggas di Indonesia mengalami kenaikan setiap tahunnya, dan salah satu sektor yang berkontribusi besar yaitu peternakan ayam ras. Pada tahun 2022 ayam ras yang ada di seluruh Indonesia berjumlah sekitar 378,591 juta ekor, angka ini diperkirakan akan terus meningkat hingga menyentuh angka 419,452 juta ekor pada tahun 2026[1]. Dengan jumlah tersebut, pada tahun 2022 telur yang dapat dihasilkan sebanyak 5,56 juta butir dan pada tahun 2026 akan meningkat sebanyak 6,17 juta butir, didalamnya sudah termasuk jenis telur yang steril maupun telur yang fertil[1]. Potensi besar ini diiringi oleh tantangan dan masalah yang banyak, salah satunya ketika proses penetasan telur. Proses penetasan telur pada skala industri maupun UMKM dilakukan dengan bantuan inkubator, namun inkubator yang ada saat ini masih belum sempurna karena adanya beberapa kekurangan. Beberapa kekurangan dan tantangan yang sering dihadapi yaitu ketidakstabilan temperatur, distribusi panas yang tidak merata, dan pemborosan energi[2], [3]. Oleh karena itu diperlukan sebuah upaya untuk mengatasi hal tersebut mengingat sensitifnya telur ayam sehingga temperatur harus dijaga pada rentang 37,5 – 38°C [4], kelembapan pada rentang RH 50% - 60%, dan pengoperasian inkubator selama 21 hari hingga telur menetas memerlukan energi yang besar[2], [3], [5].

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengatasi beberapa masalah tersebut. Salah satunya penerapan sistem kontrol otomatis untuk menghemat energi, Rasyidi (2025)[3] melaporkan bahwasannya penggunaan sistem kendali temperatur dan kelembapan berbasis STC3028 dengan PTC heater dan mist maker pada inkubator skala kecil telah berhasil meningkatkan efisiensi penggunaan energi sebesar 57% dibanding inkubasi telur konvensional yang menggunakan kontrol manual. Metode yang sama juga dilakukan oleh Rahman (2025) dan Lourençoni (2022)[2], [5] dengan memanfaatkan sistem kendali berbasis fuzzy, PID, dan fuzzy-PID untuk membantu penghematan energi sekitar 34,82% untuk sistem kendali fuzzy-PID dan 10,68% untuk sistem kendali fuzzy dibanding inkubator sistem kendali on/off manual. Penelitian diatas juga berhasil menjaga stabilitas temperatur

dan kelembaban pada rentang yang diinginkan. Namun dapat kita amati bahwasannya solusi diatas masih terbatas pada modifikasi sistem kendali yang pada dasarnya juga menggunakan sumber listrik yang sama sehingga potensi penghematan masih dapat ditingkatkan melalui sisi lain seperti penambahan komponen atau material penyimpan energi panas.

Sejumlah penelitian kemudian berfokus pada peningkatan distribusi temperatur dan penghematan energi inkubator. Thio (2024)[6] telah melakukan penelitian dengan merancang inkubasi telur skala kecil pada daerah pedesaan menggunakan kolektor surya tipe *u-tube* dan *phase change material* (PCM) yang dienkapsulasi lengkap dengan penukar panas tipe helical, hasilnya temperatur dan kelembaban rata-rata inkubator di rentang 35,53 – 39,53°C dan 49% - 68%. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Sulley (2025)[7] menggunakan kolektor surya plat datar , PCM tipe *beeswax* dalam wadah bersirip, dan LPG sebagai pemanas cadangan. Hasilnya temperatur dan kelembaban inkubator dapat dijaga pada rentang 37,2 – 38,6°C dan 39% - 88%. Uzodinma (2020)[8] juga melakukan hal yang sama dengan merancang inkubator telur ayam menggunakan kolektor surya plat datar *hybrid* dengan *photo-voltaic* (PV) sebagai cadangan, dan parafin sebagai PCM yang diletakkan dalam kotak dengan plat penyerap diatasnya. Hasilnya temperatur dapat dijaga pada rentang 36 - 39°C dengan kelembaban relatif di rentang 50% – 75%. Penelitian diatas telah menunjukkan potensi penggunaan PCM untuk menjaga kestabilan temperatur dan kelembaban dengan penggunaan energi yang minim karena menggunakan energi terbarukan.

Dengan mengamati perkembangan teknologi inkubasi telur yang telah dipaparkan diatas, kita dapat melihat adanya beberapa hal yang belum pernah dilakukan oleh peneliti lain. Oleh karena itu penulis mengusulkan sebuah pendekatan yang berbeda guna mengatasi persoalan yang sering dihadapi pada inkubator telur ayam. Studi eksperimental untuk mengetahui bagaimana pengaruh PCM parafin yang terintegrasi dengan penukar panas tipe tabung bersirip terhadap distribusi temperatur, kelembaban, dan konsumsi energi sistem inkubator. Selain itu bagaimana pengaruh laju aliran air panas dan temperatur yang masuk kedalam penukar panas juga perlu dianalisis guna melihat efeknya pada performa *charging* dan *discharging* parafin yang pada akhirnya berdampak pada distribusi temperatur, kelembaban, dan konsumsi energi inkubator telur ayam itu sendiri.

Skema penelitian diatas layak untuk dilakukan karena beberapa alasan berikut. Pertama, penelitian yang secara komprehensif menunjukkan bagaimana pengaruh PCM parafin terhadap distribusi temperatur, kelembaban, dan konsumsi energi inkubator telur ayam konvensional belum pernah dilakukan. Kedua, penggunaan penukar panas terutama tipe tabung bersirip secara efektif dapat meningkatkan kecepatan *charging* parafin guna mengatasi konduktivitas termalnya yang rendah[9], [10], [11]. Ketiga, studi tentang bagaimana pengaruh laju aliran air panas dan temperatur inlet terhadap distribusi temperatur, kelembaban, dan konsumsi energi inkubator telur ayam juga belum pernah dilakukan. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penggunaan PCM parafin yang terintegrasi dengan penukar panas tipe tabung bersirip terhadap distribusi temperatur, kelembaban, dan konsumsi energi inkubator telur ayam.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan PCM parafin dalam penukar panas tipe tabung bersirip terhadap distribusi temperatur, aktivasi *mist maker*, dan konsumsi energi inkubator telur ayam ?
2. Sejauh mana variasi temperatur inlet dan laju aliran air panas berpengaruh terhadap distribusi temperatur, aktivasi *mist maker*, dan konsumsi energi inkubator telur ayam ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan karakteristik pengaruh penggunaan PCM parafin dalam penukar panas tipe tabung bersirip terhadap distribusi temperatur, aktivasi *mist maker*, dan konsumsi energi inkubator telur ayam.
2. Menghasilkan karakteristik pengaruh perubahan temperatur inlet dan laju aliran air panas terhadap distribusi temperatur, aktivasi *mist maker*, dan konsumsi energi inkubator telur ayam.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah kajian ilmiah mengenai pengaruh penambahan PCM parafin dalam penukar panas tipe tabung bersirip terhadap distribusi temperatur, aktivasi *mist maker*, dan konsumsi energi inkubator telur ayam.
2. Memberikan dasar teoritis untuk pengembangan sistem inkubator telur ayam otomatis dengan PCM parafin.
3. Memberikan informasi kepada pelaku usaha dan peternak mengenai potensi peningkatan kualitas sistem inkubator telur ayam.
4. Menjadi referensi bagi peneliti dan mahasiswa dalam mengembangkan teknologi inkubator telur ayam secara lebih efektif dan efisien.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus, maka ditetapkan beberapa batasan sebagai berikut:

1. Inkubator telur ayam dimodelkan sebagai kotak berukuran 60×40×45 cm.
2. Jenis parafin yang digunakan adalah *Fully Refined Paraffin Wax* (FRW-52) dengan titik leleh 52°C dan kapasitas sebanyak 10 kg.
3. Air panas bersumber dari pemanas konvensional yang dipompakan dan dianggap konstan.
4. Pengujian hanya melihat distribusi temperatur dan kelembaban melalui aktivasi *mist maker* ruang inkubator tanpa melibatkan telur ayam asli untuk ditetaskan.
5. Sistem kendali otomatis hanya berupa kontrol on/off pemanas dan *mist maker* inkubator telur ayam tanpa kontrol aliran udara, dan ventilasi.
6. Penelitian berfokus pada karakteristik dan performa dari inkubator tanpa pembahasan yang detail pada karakteristik dan performa dari parafin yang digunakan.

1. 6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini disusun dalam beberapa bab agar pembahasan tersusun secara sistematis dan mudah dipahami. Adapun sistematika penulisan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. **Bab I – Pendahuluan**, bab ini berisi latar belakang penelitian yang menjelaskan dasar dan urgensi dilakukannya penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan laporan.
2. **Bab II – Tinjauan Pustaka**, bab ini berisi landasan teori dan hasil penelitian terdahulu yang relevan. Pembahasan meliputi konsep dasar, *phase change material (PCM)*, karakteristik termal parafin, prinsip kerja penukar panas, perpindahan panas, dan inkubator telur ayam serta penelitian-penelitian terkait peningkatan efisiensi sistem penyimpanan panas.
3. **Bab III – Metodologi Penelitian**, bab ini menjelaskan tahapan dan metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian, termasuk rancangan eksperimen, alat dan bahan yang digunakan, variabel penelitian, prosedur pengujian, serta metode pengambilan dan analisis data untuk mengkaji pengaruh keberadaan PCM parafin, temperatur inlet, dan laju aliran air panas terhadap distribusi temperatur, kelembaban, dan konsumsi energi inkubator telur ayam.
4. **Bab IV – Hasil dan Pembahasan**, bab ini menjelaskan hasil dan analisis dari penelitian yang telah dilaksanakan sesuai prosedur bab 3 sebelumnya. Hasilnya dapat berupa tabel, grafik, dan diagram dari eksperimen yang telah dilakukan, produk-produk tersebut akan digunakan untuk menulis analisis yang diperlukan untuk memenuhi tujuan penelitian.
5. **Bab V – Kesimpulan dan Saran**, bab ini merupakan tahapan akhir dari penelitian yang berisi kesimpulan dari penelitian berdasarkan hasil dan analisis yang telah dilakukan pada bab 4, kemudian ditambahkan saran dari penulis untuk penelitian berikutnya.