

## **Inseminasi Buatan dan Teknik Penetasan Telur terhadap Keberhasilan Reproduksi Ayam Lokal**

### **Artificial Insemination and Egg Incubation Techniques on the Reproductive Success of Indigenous Chickens**

**Fadilla Meidita<sup>1\*</sup>, Nadia Rahma<sup>2</sup>, Dwi Ananta<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknologi Produksi Ternak, Jurusan Peternakan dan Kesehatan Hewan

e-mail: [fadillameidita05@gmail.com](mailto:fadillameidita05@gmail.com)

#### **Abstrak**

*Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas proses penetasan telur ayam lokal melalui penerapan berbagai jenis mesin tetas (manual, semi-manual, dan otomatis) serta mengkaji pengaruh faktor-faktor teknis seperti suhu inkubasi, frekuensi dan sudut pemutaran telur, kualitas telur tetas, dan prosedur penanganan anak ayam pasca menetas (pull chick) terhadap tingkat keberhasilan daya tetas. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan metode observasi langsung terhadap 72 butir telur ayam lokal yang ditetaskan menggunakan ketiga jenis mesin tetas tersebut. Parameter yang diamati meliputi tingkat fertilitas (melalui candling hari ke-3 dan ke-18), jumlah telur menetas, jumlah telur tidak menetas, serta kondisi anak ayam saat proses penanganan DOC pasca menetas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hanya mesin otomatis yang menghasilkan daya tetas sebesar 11,76% (2 dari 17 telur fertil), sementara mesin manual dan semi-manual tidak menghasilkan penetasan sama sekali. Rendahnya tingkat keberhasilan penetasan terutama disebabkan oleh suhu inkubasi yang tidak stabil pada mesin manual dan semi-manual, serta frekuensi pemutaran telur. Selain itu, proses pull chick dilakukan sebelum bulu anak ayam kering sempurna, yang berpotensi menimbulkan stres dan cacat pada DOC. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa keberhasilan penetasan telur sangat dipengaruhi oleh pengaturan suhu yang stabil, frekuensi pemutaran yang memadai, kualitas telur tetas yang baik, serta prosedur pascamenetas yang tepat.*

**Kata kunci:** ayam lokal, daya tetas, mesin tetas, suhu inkubasi, pemutaran telur

#### **Abstract**

*This study aimed to evaluate the effectiveness of hatching local chicken eggs using different types of incubators (manual, semi-manual, and automatic) and to analyze the influence of technical factors such as incubation temperature, egg turning frequency and angle, egg quality, and post-hatch chick handling (pull chick) on hatchability performance. The research was conducted experimentally by observing 72 local chicken eggs incubated using the three incubator types. Observed parameters included fertility rate (through candling on day 3 and day 18), number of hatched eggs, unhatched eggs, and the physical condition of chicks during the pull chick process. The results showed that only the automatic incubator produced hatched chicks with a hatchability rate of 11.76% (2 out of 17 fertile eggs), while the manual and semi-manual incubators failed to produce any hatched chicks. The low hatchability was mainly attributed to unstable incubation temperatures in the manual and semi-manual incubators and the insufficient turning frequency, which was only three times per day compared to the standard*

of 96 turns. Additionally, the pull chick process was conducted prematurely before the chick feathers dried completely, which potentially increased stress and the risk of deformities. This study concludes that successful egg hatching is strongly influenced by stable temperature regulation, adequate turning frequency, good egg quality, and proper post-hatch management procedures.

**Keywords:** egg hatching, local chicken, incubator, incubation temperature, egg turning, hatchability

## 1. Pendahuluan

Perkawinan alami masih menjadi metode yang paling umum diterapkan dalam kegiatan pembibitan unggas di tingkat masyarakat maupun skala kecil-menengah. Metode ini dinilai lebih sederhana dan praktis, karena memungkinkan pejantan untuk secara langsung mengawini beberapa betina dalam satu koloni tanpa intervensi manusia. Bagi peternak, hal ini tentu mempermudah manajemen reproduksi, mengingat tidak diperlukan pemisahan individu atau penanganan khusus selama proses perkawinan berlangsung. Namun demikian, di balik kemudahan tersebut, terdapat keterbatasan dalam hal kontrol kualitas keturunan, terutama dalam menjamin mutu anak ayam (*day old chick*/DOC) yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena seleksi pejantan dan betina yang melakukan perkawinan tidak dapat diawasi secara spesifik, sehingga potensi genetik unggas yang dihasilkan pun tidak dapat dimaksimalkan.

Sebagai solusi terhadap kendala tersebut, penerapan teknologi inseminasi buatan (IB) pada unggas, khususnya ayam lokal, mulai dikembangkan. IB merupakan salah satu teknologi reproduksi yang dapat digunakan secara cepat dan tepat untuk meningkatkan produktivitas ayam melalui perbaikan mutu genetik ayam [1]. IB memberikan keuntungan signifikan dalam efisiensi reproduksi dan pengendalian kualitas genetik. Melalui teknik ini, peternak dapat memilih pejantan dan betina dengan karakter genetik unggul untuk dikawinkan secara selektif. Teknik IB pada unggas dilakukan dengan cara menyuntikkan semen yang didapat dari pejantan unggul ke dalam saluran reproduksi betina unggas [2]. Selain itu, satu kali ejakulasi dari seekor pejantan unggul dapat digunakan untuk menginseminasi beberapa betina, sehingga sangat efisien dalam penggunaan sumber daya genetik. Pejantan yang memiliki potensi genetik baik namun mengalami cedera atau gangguan fisik tetap dapat dimanfaatkan dalam program pemuliaan, karena proses perkawinan tidak lagi mengandalkan kemampuan kawin alami. Oleh karena itu, metode IB menjadi salah satu teknologi reproduksi yang sangat penting dalam upaya peningkatan mutu dan efisiensi produksi ternak unggas lokal.

Di sisi lain, keberhasilan program pembibitan unggas tidak hanya ditentukan oleh keberhasilan perkawinan, tetapi juga oleh teknik penetasan telur yang digunakan. Di tingkat peternak tradisional, penetasan umumnya masih mengandalkan induk betina untuk mengerami telurnya. Meski metode ini bersifat alami, namun kurang efisien karena selama masa pengeraman, induk betina akan berhenti bertelur. Akibatnya, produktivitas telur menurun. Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif metode penetasan yang mampu meningkatkan efisiensi dan kontinuitas produksi DOC. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah penetasan buatan dengan mesin tetas (*hatching machine*), yang memungkinkan pengaturan suhu, kelembapan, dan waktu penetasan secara terkontrol. Dengan metode ini, telur dapat ditetaskan secara serempak, waktu penetasan lebih terprediksi, dan produksi DOC menjadi lebih terjadwal.

Penguasaan terhadap kedua aspek, yaitu inseminasi buatan dan teknik penetasan telur, merupakan kompetensi esensial dalam manajemen reproduksi unggas. Pengetahuan ini sangat penting dalam mendesain sistem produksi yang efisien dan berkelanjutan pada unit usaha hatchery maupun breeding farm. Melalui pemahaman yang baik mengenai proses reproduksi dan penetasan, strategi produksi dapat disusun dengan lebih tepat sasaran, mulai dari seleksi induk, manajemen perkawinan, hingga pengaturan jadwal penetasan yang optimal. Selain itu, aplikasi teknologi ini juga menjadi dasar dalam pengembangan program pemurnian ras ayam lokal yang adaptif, produktif, dan memiliki nilai ekonomi tinggi.

Berdasarkan pentingnya penerapan inseminasi buatan dan teknik penetasan telur dalam meningkatkan efisiensi dan keberhasilan reproduksi ayam lokal, maka diperlukan kajian dan praktik nyata di lapangan yang dapat mendukung pengembangan ilmu dan teknologi pembibitan unggas. Artikel ini disusun untuk menggambarkan penerapan metode inseminasi buatan dan teknik penetasan telur sebagai upaya meningkatkan keberhasilan reproduksi ayam lokal, sekaligus menjadi referensi ilmiah bagi pengembangan sistem produksi unggas lokal yang berkelanjutan. Selain itu tujuan artikel ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis mesin tetas terhadap daya tetas

## 2. Metode Penelitian

Materi yang digunakan meliputi alat dan bahan yang terbagi dalam dua tahapan, yaitu pembibitan dan penetasan. Pada tahap pembibitan, alat yang digunakan mencakup kandang untuk kawin alami, kandang inseminasi buatan, tempat pakan dan minum, lampu penerangan, penampung sperma, dan spuit injeksi. Adapun bahan yang digunakan meliputi ayam jantan dan betina lokal siap produksi, pakan komersial, air minum, sperma ayam pejantan terpilih, serta larutan NaCl fisiologis 0,9% sebagai pengencer semen.

Pada tahap penetasan, alat yang digunakan meliputi mesin tetas otomatis, semi-manual, dan manual yang dirakit dari bahan styrofoam berbentuk kubus. Peralatan tambahan yang digunakan dalam pembuatan mesin tetas antara lain kaca mika untuk pengamatan, lampu bohlam 15 watt sebagai sumber panas, kabel, obeng, gunting, pisau, cutter, selotip, nampan plastik, egg tray, termostat manual, termometer raksa, dan egg candling light. Bahan yang digunakan dalam tahap ini adalah telur ayam fertil hasil inseminasi, alkohol 70% untuk sanitasi, serta bahan fumigan berupa formaldehid dan kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua tahap utama. Pertama, tahap inseminasi buatan dilakukan dengan mengoleksi sperma dari ayam pejantan terpilih, kemudian diencerkan menggunakan larutan NaCl fisiologis dengan perbandingan 1:10. Sperma yang telah diencerkan kemudian dimasukkan ke dalam spuit steril dan diinjeksi secara intra-vaginal ke ayam betina yang telah ditentukan. Proses ini dilakukan dalam satu siklus reproduktif ayam betina yang sedang bertelur aktif.

Tahap kedua adalah penetasan telur. Mesin tetas manual dibuat dari styrofoam berbentuk kubus dengan lubang ventilasi untuk sirkulasi udara, serta dipasang instalasi listrik yang terdiri dari lampu pijar, kabel, termostat, dan termometer raksa untuk mengontrol suhu. Fumigasi dilakukan sebelum telur dimasukkan ke dalam mesin tetas, menggunakan campuran formalin dan kalium permanganat untuk mensterilkan ruang inkubasi dan mencegah kontaminasi mikroorganisme. Mesin tetas dipanaskan terlebih dahulu (*warming-up*) hingga suhu stabil pada 37–38°C. Inkubasi dilakukan selama 21 hari dengan pemutaran telur manual setiap tiga jam pada sudut 45°, sedangkan pada mesin otomatis pemutaran berlangsung secara mekanik. Candling dilakukan dua kali, yaitu pada hari ke-3 untuk mengetahui fertilitas telur, dan hari ke-18 untuk mengevaluasi perkembangan embrio.

Pada hari ke-21, telur yang menetas dikeluarkan dari mesin tetas setelah bulu anak ayam mengering. Anak ayam yang telah menetas ditimbang dan diidentifikasi, sedangkan telur yang tidak menetas dilakukan pemecahan untuk mengetahui stadium kematian embrio (awal, tengah, atau akhir) guna dianalisis lebih lanjut.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Inseminasi Buatan (IB) pada Ayam Lokal

Pelaksanaan IB pada ayam lokal dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu penampungan sperma dari ayam jantan, pengenceran menggunakan larutan NaCl fisiologis 0,9%, serta deposisi sperma ke dalam saluran reproduksi ayam betina. Teknik IB pada ayam dilakukan dengan cara menyuntikkan semen dari pejantan unggul ke dalam saluran reproduksi ayam betina. Berbeda dengan mamalia seperti sapi, kambing, babi, maupun kuda yang memiliki siklus birahi yang jelas, ayam tidak mengalami fase birahi, melainkan hanya memiliki irama bertelur yang terdiri dari fase folikuler tanpa keberadaan fase luteal atau

pembentukan korpus luteum [2,3]. Secara fisiologis, spermatozoa ayam mampu bertahan hidup dalam saluran reproduksi betina selama 4 hingga 32 hari [2,3]. Oleh karena itu, pelaksanaan IB pada ayam dilakukan cukup dua kali dalam satu minggu. Hal ini berkaitan dengan frekuensi ovulasi pada ayam yang berlangsung secara harian selama satu periode bertelur. Waktu optimal pelaksanaan inseminasi adalah segera setelah oviposisi atau peletakan telur selesai. Sebelum digunakan untuk inseminasi, semen dari pejantan terlebih dahulu diencerkan menggunakan larutan pengencer tertentu untuk menjaga viabilitas dan efektivitasnya dalam proses pembuahan [2,3].

Teknologi inseminasi buatan memiliki berbagai keunggulan dibandingkan metode perkawinan alami, terutama dalam hal efisiensi penggunaan pejantan dan peningkatan mutu genetik. IB memungkinkan satu ekor pejantan unggul untuk menginseminasi sejumlah besar ayam betina, tergantung pada volume dan kualitas sperma yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Heafiz *et al.*, [4], yang menjelaskan bahwa penerapan teknologi akan diperoleh peningkatan produksi telur tetas yang berasal dari induk dan pejantan yang mempunyai produksi tinggi, sehingga apabila telur tersebut ditetaskan maka akan diproduksi anak dalam jumlah banyak dan kualitasnya baik. Efisiensi yang dihasilkan dari penerapan IB juga berpengaruh pada aspek ekonomi, di mana kebutuhan akan jumlah pejantan dapat ditekan secara signifikan. Mohan *et al.*, [5] menambahkan bahwa IB memungkinkan penggunaan pejantan dalam jumlah yang lebih sedikit, tanpa mengurangi produktivitas kawin, sehingga biaya pemeliharaan pejantan dapat ditekan dan efisiensi kandang dapat ditingkatkan.

Semen ayam cenderung memiliki volume yang sedikit serta memiliki viabilitas yang rendah ketika berada di luar tubuh induk, sehingga diperlukan penggunaan bahan pengencer untuk meningkatkan volume dan menjaga kualitas semen [6]. Salah satu pengencer yang umum digunakan dalam IB unggas adalah larutan NaCl fisiologis 0,9% [7]. Larutan NaCl fisiologis 0,9% merupakan larutan elektrolit isotonik yang memiliki tekanan osmosis seimbang dengan cairan tubuh, sehingga mampu menjaga kestabilan lingkungan fisiologis spermatozoa [7]. Selain itu, larutan ini bersifat buffer, yang berperan penting dalam mempertahankan pH lingkungan dan mendukung motilitas spermatozoa selama berada di luar tubuh induk [7,1]. Dengan demikian, pengenceran semen menggunakan NaCl fisiologis 0,9% tidak hanya meningkatkan volume, tetapi juga memperpanjang viabilitas spermatozoa hingga 12 jam pasca penampungan [1].

Keberhasilan inseminasi sangat dipengaruhi oleh teknik pelaksanaan dan pemilihan induk. Pemilihan ayam betina dan pejantan dilakukan dengan kriteria tertentu untuk menjamin kualitas hasil reproduksi. Safitri dan Hani [3] menyebutkan bahwa ayam betina yang digunakan sebagai akseptor IB harus berada dalam masa produksi, ditandai dengan riwayat pernah bertelur dan menunjukkan gejala birahi sebagai tanda estrus. Sementara itu, ayam jantan sebagai donor semen harus memiliki performa tubuh yang baik, tidak cacat genetik, serta sesuai dengan tujuan pemeliharaan (petelur, pedaging, dwiguna, aduan, suara, atau hias). Jantan yang ideal berusia 10–20 bulan karena pada usia ini produksi semen berada pada tingkat optimal; jika umur tidak diketahui, dapat diperkirakan dari panjang taji antara 0,5–2 cm. Libido seksual tinggi juga menjadi indikator penting, ditunjukkan oleh perilaku aktif dalam mengawini betina dan kemampuan menghasilkan semen dalam jumlah yang cukup [2,3].

Hasil pengamatan selama penelitian menunjukkan bahwa teknik inseminasi buatan ini dapat diterapkan secara efektif pada ayam lokal dengan menggunakan perlakuan pengenceran sperma yang tepat. Penerapan teknologi ini diharapkan dapat menjadi alternatif strategis dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi bibit unggas lokal secara berkelanjutan. Selain itu, dalam konteks pengembangan peternakan rakyat, teknologi IB memberikan peluang besar untuk memperbaiki mutu genetik dan menekan biaya produksi, sehingga dapat meningkatkan pendapatan peternak.

### **Produktivitas Reproduksi pada Ayam Kampung melalui Inseminasi Buatan**

Produktivitas ayam kampung, khususnya dalam hal produksi telur, sangat dipengaruhi oleh faktor genetik, faktor lingkungan [8], manajemen pemeliharaan, dan metode perkawinan

yang digunakan. Produksi telur pada ayam kampung secara umum jauh lebih rendah dibandingkan ayam ras. Rata-rata produksi telur ayam kampung bervariasi tergantung pada sistem pemeliharaannya. Pada sistem pemeliharaan semi intensif, tingkat produksi mencapai sekitar 20%, setara dengan 73 butir per ekor per tahun. Sementara itu, pada sistem pemeliharaan intensif, produksinya meningkat hingga 30%, atau sekitar 110 butir per ekor per tahun.

Penerapan IB dalam sistem pembibitan ayam kampung menjadi salah satu alternatif teknologi yang potensial untuk meningkatkan produktivitas telur tetas dan efisiensi reproduksi. Penerapan sistem perkawinan alami dengan rasio pejantan dan betina sekitar 1:8 hingga 1:9 mampu menghasilkan tingkat fertilitas yang tinggi dalam reproduksi ayam [9]. Hal ini tidak hanya meningkatkan biaya pemeliharaan, tetapi juga menyulitkan pengendalian mutu genetik keturunan. Sebaliknya, dengan metode IB, memungkinkan satu ekor pejantan unggul untuk meng inseminasi sejumlah besar ayam betina, tergantung pada volume dan kualitas sperma yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Heafiz *et al.*, [4], yang menjelaskan bahwa penerapan teknologi akan diperoleh peningkatan produksi telur tetas yang berasal dari induk dan pejantan yang mempunyai produksi tinggi, sehingga apabila telur tersebut ditetaskan maka akan diproduksi anak dalam jumlah banyak dan kualitasnya baik.

Penelitian ini menunjukkan bahwa inseminasi buatan tidak hanya memungkinkan pengaturan keturunan secara lebih terkendali, tetapi juga dapat mempercepat siklus produksi telur tetas tanpa mengorbankan kualitas induk. IB memungkinkan penggunaan pejantan unggul secara lebih luas, yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan mutu genetik dan produktivitas keturunan. Dengan penerapan manajemen pemeliharaan intensif serta teknologi reproduksi seperti IB, potensi genetik ayam kampung dapat dioptimalkan untuk memenuhi kebutuhan DOC unggul dalam skala usaha peternakan rakyat maupun komersial. Dengan demikian, penerapan inseminasi buatan dalam sistem pemeliharaan ayam kampung berperan strategis dalam meningkatkan efisiensi reproduksi, menekan biaya produksi, serta mendukung keberlanjutan program pembibitan ayam lokal yang produktif dan kompetitif.

### **Penetasan dan Pembuatan Mesin Tetas Sederhana**

Penetasan telur unggas secara buatan merupakan salah satu bentuk intervensi teknologi reproduksi yang dirancang untuk menggantikan peran induk betina dalam proses pengeraman. Prinsip dasar penggunaan mesin tetas adalah menciptakan kondisi lingkungan yang optimal bagi perkembangan embrio, yaitu melalui pengaturan suhu, kelembapan, dan frekuensi pemutaran telur secara tepat [10]. Berdasarkan mekanisme pembalikan telurnya, mesin tetas dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu manual, semi otomatis, dan otomatis. Mesin tetas manual dibuat secara sederhana dari bahan seperti ember atau kardus dengan sumber panas berupa lampu, dan pembalikan telur dilakukan secara manual oleh operator, sehingga sangat bergantung pada kedisiplinan. Mesin semi otomatis dilengkapi rak yang posisinya dapat diubah dengan memutar tuas secara manual. Sementara itu, mesin otomatis memiliki sistem rak yang digerakkan oleh motor terhubung dengan timer, sehingga pembalikan telur berlangsung otomatis sesuai jadwal yang telah diatur, baik dengan mekanisme rolling, geser, maupun goyang, dan cocok digunakan pada skala kecil hingga industri [11].

Dalam penelitian ini, pembuatan mesin tetas dilakukan menggunakan bahan sederhana berupa styrofoam (Gambar 1). Styrofoam dipilih karena sifatnya yang ringan, murah, mudah dibentuk, serta memiliki daya isolasi panas yang cukup baik. Mesin dilengkapi dengan lampu pijar 15 watt sebagai sumber panas, termostat manual untuk pengaturan suhu, dan termometer raksa sebagai alat pengukur suhu aktual di dalam ruang penetasan. Kelembapan dijaga dengan menempatkan wadah air di dasar mesin. Jendela pengamatan dibuat dari mika bening yang dipasang pada bagian atas styrofoam untuk memudahkan pemantauan perkembangan telur tanpa membuka mesin. Sistem ventilasi terdiri dari dua lubang kecil yang dibuat di sisi kiri dan kanan mesin. Namun demikian, jumlah ventilasi yang terbatas menjadi salah satu kekurangan dari rancangan ini, karena tidak cukup efektif dalam memastikan pertukaran udara yang memadai. Sirkulasi udara yang baik sangat penting untuk menyediakan oksigen bagi embrio dan membuang gas-gas hasil metabolisme seperti karbondioksida dan amonia. Hal ini sejalan

dengan pendapat Nurhadi dan Puspita [12] yang menekankan pentingnya desain ventilasi yang tepat untuk mendukung keberhasilan penetasan.



Gambar 1. Mesin tetas manual

Komponen kelistrikan yang digunakan meliputi fitting dan kabel yang dipasang dengan aman di bagian atas mesin. Lampu pijar diposisikan sedemikian rupa agar panas dapat tersebar merata di dalam ruang inkubasi. Termostat berfungsi untuk menjaga kestabilan suhu pada kisaran optimal (sekitar 37–38,5) [13], di mana lampu akan otomatis padam jika suhu melebihi ambang batas yang ditentukan. Termometer raksa memberikan informasi visual suhu aktual, yang berguna untuk validasi kinerja termostat dan sebagai referensi pemantauan manual.

Dari hasil pengamatan selama proses penetasan, mesin tetas yang dirancang telah berfungsi dengan baik dalam mempertahankan suhu dan kelembaban mendekati kondisi ideal. Namun, perlu dilakukan perbaikan khususnya pada aspek ventilasi dan distribusi panas agar daya tetas dapat ditingkatkan secara maksimal. Inovasi seperti penambahan kipas kecil untuk sirkulasi udara internal dan modifikasi pada posisi serta jumlah ventilasi dapat menjadi solusi untuk mengoptimalkan performa mesin tetas sederhana ini.

Dengan demikian, penerapan teknologi mesin tetas sederhana berbasis bahan lokal seperti styrofoam menunjukkan potensi besar dalam mendukung program penetasan mandiri di tingkat peternak kecil dan menengah. Teknologi ini dapat menjadi alternatif yang ekonomis dan aplikatif, terutama di wilayah pedesaan yang memiliki keterbatasan akses terhadap peralatan komersial berteknologi tinggi.

### Persiapan Mesin Tetas

Persiapan mesin tetas merupakan tahapan krusial yang berperan penting dalam menentukan keberhasilan proses penetasan telur secara buatan. Tahapan ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan yang steril dan optimal bagi perkembangan embrio, sebelum telur dimasukkan ke dalam mesin tetas. Dua aspek utama dalam persiapan mesin tetas adalah proses *warming up* (pemanasan awal) dan fumigasi. Pemanasan awal atau *warming up* dilakukan dengan cara menyalakan sumber panas pada mesin tetas hingga suhu mencapai kisaran optimal penetasan, yaitu antara 37°C hingga 38°C [13]. Tahap ini bertujuan untuk menstabilkan suhu internal mesin sehingga ketika telur dimasukkan, perubahan suhu mendadak dapat dihindari. Ketidaksiuaian suhu saat awal penetasan dapat mengganggu aktivitas metabolisme embrio dan menurunkan persentase daya tetas [14].

Selain *warming up*, fumigasi mesin tetas merupakan prosedur penting dalam menjamin sanitasi dan mencegah kontaminasi mikroorganisme patogen. Fumigasi merupakan kegiatan membersihkan mesin tetas dari periode pelaksanaan penetasan sebelumnya, agar terhindar dari bakteri dan virus yang dapat mempengaruhi proses penetasan. Proses fumigasi dilakukan ketika sebelum memasukan telur tetas, agar mesin benar-benar steril dari semua mikrobial yang dapat mempengaruhi hasil tetas [15]. Fumigasi mesin tetas umumnya dilakukan menggunakan berbagai jenis bahan fumigan yang memiliki sifat antimikroba, seperti alkohol, formalin

kandang, formades, serta kombinasi kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) dengan formalin 40% [16]. Bahan-bahan ini efektif dalam menonaktifkan mikroorganisme patogen yang dapat mengganggu perkembangan embrio selama inkubasi. Namun demikian, menurut Christanty dan Suryanto [17], formalin diketahui bersifat karsinogenik serta dapat menimbulkan risiko terhadap kesehatan embrio dan operator, sehingga penggunaannya perlu dilakukan secara hati-hati dengan memperhatikan dosis dan prosedur keamanan kerja.

Pada penelitian ini, tahapan persiapan mesin tetas telah dilakukan sesuai dengan protokol standar sebagaimana dijelaskan oleh Manggiasih *et al.* [14]. Telur yang telah diseleksi dan dibersihkan dimasukkan ke dalam mesin tetas yang sebelumnya telah difumigasi dan dipanaskan. Fumigasi dilakukan untuk menghindari kemungkinan penetrasi mikroorganisme patogen ke dalam pori-pori cangkang telur yang dapat menyebabkan kontaminasi embrio dan kegagalan penetasan. Fumigasi yang dilakukan sebelum proses inkubasi tidak hanya menjaga sanitasi ruang inkubasi, tetapi juga memperpanjang daya simpan telur tetas serta meningkatkan tingkat keberhasilan embrio dalam menyelesaikan proses perkembangan hingga menetas. Oleh karena itu, tahapan ini tidak boleh diabaikan dalam proses penetasan telur, baik pada skala kecil maupun industri.

Hasil pelaksanaan fumigasi dan pemanasan pada penelitian ini menunjukkan bahwa mesin tetas mampu mencapai suhu optimal sebelum telur dimasukkan, dan tidak ditemukan tanda-tanda infeksi atau kontaminasi selama masa inkubasi. Hal ini menunjukkan bahwa tahapan persiapan mesin tetas yang dilakukan telah mendukung terciptanya lingkungan inkubasi yang ideal.

### **Pre-warming Telur**

*Pre-warming* merupakan salah satu tahapan penting dalam proses persiapan penetasan telur secara buatan yang bertujuan untuk menyesuaikan suhu telur dengan suhu lingkungan inkubasi sebelum telur dimasukkan ke dalam mesin tetas. Tahap ini dimaksudkan untuk menghindari kejutan suhu (*thermal shock*) yang dapat terjadi akibat perbedaan drastis antara suhu penyimpanan telur dan suhu dalam inkubator. Selain itu, tahap *Pre-warming* juga dilakukan setelah telur dikeluarkan dari ruang penyimpanan bersuhu rendah (*cooling room*) dengan tujuan untuk mencegah terjadinya fenomena *egg sweating* atau pengembunan pada permukaan telur. Proses ini dilakukan dengan menempatkan telur pada suhu ruang yang dikontrol antara  $24^\circ\text{C}$  hingga  $26^\circ\text{C}$  selama 14 hingga 16 jam, sehingga telur dapat beradaptasi secara bertahap terhadap suhu inkubasi dan mengurangi risiko kerusakan pada cangkang serta perkembangan embrio [18]. Pemanasan bertahap ini memungkinkan embrio dalam telur menyesuaikan diri secara fisiologis terhadap kondisi suhu yang lebih tinggi, terutama jika telur sebelumnya disimpan pada suhu rendah, misalnya di bawah  $15^\circ\text{C}$ . Dengan proses ini, inkubator tidak hanya berfungsi untuk menetas, tetapi juga mendukung stabilitas metabolisme awal embrio, sehingga dapat mengurangi risiko kematian embrionik dini (*early embryonic mortality*) dan perkembangan embrio yang tidak normal.

Namun demikian, dalam penelitian ini, tahap *Pre-warming* tidak dilakukan. Hal ini disebabkan oleh kondisi suhu lingkungan tempat penelitian yang relatif tinggi dan stabil, yakni di atas  $21^\circ\text{C}$ , serta telur tidak mengalami penyimpanan pada suhu ekstrem di bawah  $0^\circ\text{C}$ . Oleh karena itu, adaptasi suhu yang biasanya diperlukan melalui *Pre-warming* menjadi kurang relevan dalam konteks lingkungan tersebut. Meskipun tidak dilakukan, absennya proses *Pre-warming* dalam penelitian ini tidak menimbulkan gangguan yang signifikan terhadap hasil penetasan. Hal ini dapat dijelaskan melalui dua hal: (1) stabilitas suhu lingkungan penelitian yang telah mendekati suhu optimal inkubasi, sehingga risiko *thermal shock* pada embrio dapat dihindari secara alami; dan (2) telur yang digunakan berasal dari sistem produksi yang langsung menuju tahapan penetasan tanpa penyimpanan jangka panjang di suhu rendah.

Namun demikian, berdasarkan kajian ilmiah, disarankan bahwa *Pre-warming* tetap diterapkan pada situasi di mana telur berasal dari tempat bersuhu rendah, disimpan dalam waktu lama, atau suhu lingkungan berfluktuasi ekstrem. *Pre-warming* tidak hanya meningkatkan

efisiensi penetasan, tetapi juga mendukung keseimbangan suhu internal mesin tetas, sehingga mencegah kerja mesin secara berlebihan dalam mengimbangi suhu telur yang terlalu dingin.

### **Pengaturan Suhu**

Suhu inkubasi merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan proses penetasan telur secara buatan. Suhu yang optimal akan mendukung pertumbuhan dan perkembangan embrio secara fisiologis, sedangkan suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menyebabkan gangguan metabolisme dan bahkan kematian embrio [15]. Selama masa inkubasi, terjadi penyusutan bobot telur yang disebabkan oleh penguapan air melalui pori-pori kerabang dan aktivitas metabolisme embrio, termasuk pertukaran gas oksigen dan karbon dioksida [14].

Pada umumnya, suhu dan kelembaban yang disarankan untuk proses inkubasi telur unggas berkisar antara 37,5°C sampai 38°C, sedangkan kelembaban relatif antara 55% sampai 70% [19]. Suhu ini memungkinkan embrio berkembang dengan kecepatan normal dan mengurangi risiko abnormalitas perkembangan atau kegagalan penetasan. Dalam penelitian ini, pengaturan suhu dilakukan secara manual menggunakan thermostat mekanik yang mengatur nyala dan mati lampu bolam sebagai sumber panas. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa suhu di dalam mesin tetas telah stabil dalam kisaran yang dianjurkan. Dengan demikian, pengaturan suhu pada mesin tetas manual yang digunakan dalam penelitian telah sesuai dengan acuan literatur. Meskipun pengaturan dilakukan secara manual, kestabilan suhu tetap dapat dijaga melalui pemantauan rutin dan penyesuaian nyala lampu bolam berdasarkan pembacaan suhu termometer. Hal ini menunjukkan bahwa mesin tetas sederhana dapat berfungsi optimal selama dilakukan pengawasan yang cermat terhadap suhu inkubasi.

### **Pemutaran Telur**

Pemutaran telur selama masa inkubasi memiliki peranan penting dalam mencegah pelekatan embrio pada membran cangkang telur [20] serta mendukung perkembangan organ embrionik secara normal. Proses pemutaran telur yang tidak teratur dapat menyebabkan distribusi panas yang tidak merata pada permukaan telur, yang berakibat pada menempelnya embrio pada kerabang dan akhirnya meningkatkan risiko kematian embrio [21]. Pada mesin tetas manual dan semi otomatis, pemutaran dilakukan secara manual dengan membalikkan telur ke kanan dan ke kiri pada sudut 45°, sedangkan pada mesin otomatis, pemutaran dilakukan dengan memiringkan *egg tray* secara mekanis pada sudut yang sama.

Menurut rekomendasi, pemutaran sebaiknya dilakukan paling sedikit 2 kali atau lebih baik diputar 6, 8, sampai 10 kali sehari dengan setengah putaran untuk menjaga perkembangan embrio secara optimal [21]. Dalam penelitian ini, pemutaran dilakukan secara manual setiap tiga jam, dengan frekuensi delapan kali dalam 24 jam, yang sudah mendekati standar pemutaran ideal. Namun demikian, keberhasilan penetasan tidak hanya ditentukan oleh frekuensi pemutaran, tetapi juga oleh posisi telur.

Eoudia *et al.* [22] menyatakan bahwa posisi telur horizontal (0°) dengan frekuensi pemutaran dua kali per hari menunjukkan daya tetas lebih tinggi dibandingkan dengan posisi miring 60° atau tegak 90°. Selain sudut dan frekuensi, temperatur juga menjadi faktor krusial dalam proses inkubasi. Sudut pemutaran antara 43° hingga 45° memberikan hasil terbaik terhadap peningkatan daya tetas [23]. Faktor lain seperti suhu, kelembaban, ventilasi, dan rotasi telur saling berinteraksi dalam menentukan kualitas dan kuantitas anak ayam yang dihasilkan. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan susut bobot telur berlebihan akibat penguapan air, sehingga embrio mengalami dehidrasi dan gagal menetas. Sebaliknya, suhu yang terlalu rendah menghambat metabolisme embrio, yang juga berdampak negatif terhadap daya tetas. Hal ini diperkuat oleh Mariani *et al.* [24] yang menunjukkan bahwa keseimbangan suhu inkubasi sangat berpengaruh terhadap keberhasilan penetasan.

### **Kualitas Telur**

Kualitas telur tetas merupakan faktor krusial yang sangat menentukan keberhasilan penetasan telur secara buatan. Proses ini diawali dengan tahap seleksi atau grading telur, yang

bertujuan untuk memastikan bahwa hanya telur dengan karakteristik fisik dan fisiologis optimal yang digunakan dalam inkubasi. Menurut Sitorus dan Dakhi [25], kualitas telur tetap dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kualitas indukan, komposisi pakan, status kesehatan ayam, *week production*, dan suhu lingkungan. Grading dilakukan dengan mengelompokkan telur menjadi dua kategori, yaitu telur layak tetas (*hatching egg*) dan telur yang tidak layak tetas (*grade out*).

Telur yang layak tetas umumnya memiliki bentuk oval yang proporsional, warna kerabang coklat gelap seragam, permukaan halus tanpa bintik, serta ketebalan kerabang sekitar 0,3 mm [15]. Sebaliknya, telur yang tidak memenuhi kriteria tersebut dikategorikan sebagai telur afkir, yang mencakup telur kotor, cacat (seperti bentuk lonjong atau benjol), terlalu besar, kerabang tipis, warna tidak merata, permukaan kasar berbintik, serta telur retak [15]. Keberadaan telur afkir dalam proses inkubasi dapat meningkatkan risiko kegagalan embrio akibat kontaminasi, kerusakan mekanis, atau ketidakseimbangan suhu dan kelembaban di dalam telur. Dalam praktiknya, proses grading kerap menemui kendala, di antaranya masih adanya telur yang seharusnya diklasifikasikan sebagai *grade out* namun secara keliru masuk ke kelompok telur layak tetas. Hal ini menandakan perlunya ketelitian dan standar yang lebih ketat dalam proses seleksi awal untuk meningkatkan efisiensi dan keberhasilan penetasan.

Pada penelitian ini, seleksi telur dilakukan sebelum proses inkubasi. Hasil *candling* pertama pada hari ke-7 setelah inkubasi menunjukkan tingkat fertilitas yang rendah pada seluruh jenis mesin tetas yang digunakan. Rincian data *candling* 1 disajikan dalam Tabel 1:

Tabel 1. Data *candling* 1

Kode Mesin	Fertil	Infertil
Manual (M)	2	28
Semi Manual (SM)	2	13
Otomatis (O)	1	26

Berdasarkan Tabel 1, dari total 72 butir telur yang diamati, hanya 5 butir telur yang menunjukkan tanda fertil, sedangkan 67 butir lainnya tergolong infertil. Mesin tetas manual dan semi manual masing-masing menghasilkan 2 telur fertil, sedangkan mesin otomatis hanya menghasilkan 1 telur fertil. Jumlah telur infertil paling banyak ditemukan pada mesin otomatis (26 butir), diikuti mesin manual (28 butir), dan semi manual (13 butir).

Rendahnya tingkat fertilitas pada penelitian ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satu faktor utama adalah kualitas sperma yang digunakan dalam proses IB. Fertilitas sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pakan, sistem perkawinan, nisbah jantan betina saat perkawinan, pengelolaan telur sebelum masuk mesin tetas termasuk pemilihan bobot telur tetas dan penyimpanan telur tetas [26]. Jika kualitas semen rendah, volume terlalu sedikit, atau proses IB tidak dilakukan pada waktu optimal setelah oviposisi, maka kemungkinan terjadinya pembuahan juga akan rendah. Faktor lain yang juga memengaruhi hasil fertilitas adalah kondisi ayam betina sebagai akseptor IB. Ayam yang tidak berada pada fase produksi aktif atau dalam kondisi stres akan cenderung menghasilkan telur infertil. Suhu lingkungan, stres, dan kesalahan teknis selama proses IB, seperti injeksi yang tidak tepat sasaran, juga dapat menurunkan keberhasilan fertilisasi.

Berdasarkan hasil ini, terlihat bahwa tidak ada perbedaan dalam tingkat fertilitas antar jenis mesin tetas, karena perbedaan tersebut lebih berkaitan dengan proses sebelum inkubasi dimulai, yakni tahap pembibitan dan inseminasi. Oleh karena itu, perbaikan prosedur dan teknik IB sangat diperlukan untuk meningkatkan keberhasilan fertilisasi sebelum proses penetasan dilakukan di mesin tetas.

## Pull Chick

Pasca telur menetas selama 21 hari masa pengeraman didalam mesin tetas, doc yang telah sehat dipindahkan kedalam boks pemanas sebagai indukan buatan. DOC ayam membutuhkan tingkat panas yang sama dengan kondisi mesin tetas yaitu pada suhu 37-38 °C. Suhu yang diperlukan dalam proses pengeluaran anak ayam dari cangkang telur memerlukan suhu minimal 37,5°C sampai batas atas 38°C serta kelembaban yang diperlukan yaitu 65-70%. Anak ayam yang telah menetas sebaiknya tidak langsung dikeluarkan dari mesin tetas, namun dibiarkan terlebih dahulu di dalam mesin hingga bulunya mengering dan anak ayam mampu berdiri tegak dengan stabil [20]. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stres dan cacat fisik akibat penanganan yang terlalu dini. Data hasil *pull chick* pada penelitian disajikan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data jumlah *pullchick*

Kode Mesin	Jumlah Telur Menetas (butir)	Jumlah Telur Tidak Menetas (butir)
Manual (M)	0	30
Semi Manual (SM)	0	15
Otomatis (O)	2	25

Berdasarkan data pada Tabel 2, diketahui bahwa dari tiga jenis mesin tetas yang digunakan dalam penelitian ini, hanya mesin tetas otomatis yang berhasil menghasilkan anak ayam menetas (DOC). Mesin otomatis mampu menetas 2 butir telur dari total 27 telur yang diinkubasi, sedangkan mesin manual dan semi manual tidak menunjukkan adanya telur yang menetas sama sekali. Mesin manual menunjukkan 0 butir menetas dari total 30 butir telur, dan mesin semi manual juga menunjukkan hasil yang sama, yaitu 0 dari 15 butir telur.

Rendahnya angka penetasan, terutama pada mesin manual dan semi manual, kemungkinan besar disebabkan oleh ketidakteraturan suhu dan kelembaban selama proses inkubasi. Kedua jenis mesin ini bergantung pada pemantauan dan pengaturan manual oleh operator, sehingga risiko fluktuasi suhu sangat tinggi. Hal ini sejalan dengan pendapat Manggiasih *et al.* [14] yang menyatakan bahwa suhu inkubasi yang tidak stabil dapat menyebabkan dehidrasi embrio dan kegagalan perkembangan. Sebaliknya, mesin otomatis memiliki sistem kontrol suhu dan kelembaban yang lebih stabil, yang memungkinkan kondisi inkubasi lebih mendekati optimal, meskipun tingkat keberhasilannya dalam penelitian ini masih sangat rendah.

Selain faktor suhu, kemungkinan lain penyebab rendahnya daya tetas adalah frekuensi pemutaran telur yang kurang optimal, kualitas telur yang digunakan (infertilitas tinggi), serta sanitasi mesin yang tidak memadai. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun penggunaan mesin otomatis memberikan hasil lebih baik dibanding mesin lainnya, perbaikan pada tahap pra-inkubasi (seperti pemilihan telur, proses IB, dan sanitasi) tetap sangat diperlukan untuk meningkatkan daya tetas secara keseluruhan.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa inseminasi buatan berperan penting dalam meningkatkan kualitas telur tetas dari sisi genetik dan fertilitas, serta menjadi metode reproduksi unggul dalam program pembibitan unggas lokal. Proses penetasan menggunakan mesin tetas dengan rentang suhu inkubasi optimal antara 37–38°C selama 21 hari, dan evaluasi fertilitas telur dilakukan melalui candling pada hari ke-3 dan ke-18. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan daya tetas sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu kestabilan suhu inkubasi, frekuensi dan sudut pemutaran telur, serta kualitas dan fertilitas telur itu sendiri. Mesin tetas otomatis cenderung lebih efektif dalam menjaga suhu inkubasi yang konstan dibandingkan mesin manual dan semi-manual, meskipun daya tetas masih rendah akibat tidak optimalnya frekuensi pemutaran dan pengelolaan suhu. Proses *pull chick* yang dilakukan sebelum bulu DOC kering turut memengaruhi kualitas anak ayam yang dihasilkan. Dengan demikian,

keberhasilan penetasan buatan dipengaruhi oleh integrasi antara teknologi mesin tetas yang tepat, manajemen inkubasi yang baik, dan seleksi telur yang sesuai standar, sehingga diperlukan peningkatan standar operasional prosedur (SOP) dalam seluruh tahapan untuk memperoleh hasil tetas yang maksimal.

#### Daftar Pustaka

- [1] M. U. Al-din, Nuraini, dan A. Indi, "Fertilitas, daya tetas dan bobot tetas ayam ras petelur hasil inseminasi buatan menggunakan spermatozoa ayam kampung dengan konsentrasi larutan NaCl fisiologis berbeda," *J. Ilm. Peternak. Halu Oleo*, vol. 2, no. 2, pp. 150–155, 2020.
- [2] E. Safitri, P. Srianto, dan T. Hernawati, *Peningkatan Reproduksi Unggas melalui Keilmuan Pembibitan & Pemuliabiakan*. Surabaya: Airlangga University Press, 2020.
- [3] E. Safitri dan H. Plumerastuti, *Ayam Broiler: Aspek Fisiologi Reproduksi & Patologinya* [E-book]. Surabaya: Airlangga University Press, 2023.
- [4] E. Heafiz, U. Utia, A. Kurnia, dan Y. Atifah, "Literature review: Inseminasi buatan pada ayam," dalam *Prosiding SEMNAS BIO 2023 – Produktivitas dan Pelestarian Biodiversitas Lahan Basah dalam Perwujudan Ekonomi Rendah Karbon Menuju SDGs 2045*, Palembang: UIN Raden Fatah Palembang, 2023, pp. 589–599.
- [5] J. Mohan dan S. K. Sharma, "Recent advance in poultry semen diluent," *Proc. 26th Annu. Conf. Soc. Anim. Physiol. India*, Bidar, India, pp. 103–108, 2018.
- [6] Sutiyono, *Pelatihan Usaha Penakaran dan Inseminasi Buatan Ayam Bekisar dalam Rangka Pengelolaan Sumber Daya Hutan Bersama Masyarakat*. Semarang, 2001.
- [7] Sulfiana, N. Sandiah, dan A. Indi, "Fertilitas dan daya tetas telur ayam kampung hasil inseminasi buatan menggunakan konsentrasi larutan NaCl fisiologis berbeda," *J. Ilm. Peternak. Halu Oleo (JIPHO)*, vol. 5, no. 3, pp. 183–187, Jul. 2023.
- [8] F. N. A. P. Dameanti, M. A. Firdaus, N. Titisari, S. Aditya, dan I. Guritno, "Pengaruh faktor lingkungan terhadap produktivitas telur ayam kampung unggulan Balitbangtan (KUB) fase layer," *J. Medik Veteriner*, vol. 3, no. 2, pp. 166–172, Okt. 2020.
- [9] B. P. Suciati, L. Herlina, dan S. Kuswaryan, "Manajemen penetasan telur ayam Sentul (Studi kasus di UPTD. Balai Pengembangan Perbibitan Ternak Unggas (BPPTU) Jatiwangi)," *J. Ilm. Ilmu-Ilmu Peternakan*, vol. 26, no. 2, pp. 80–88, Nov. 2023.
- [10] P. Lestari, P. B. Pramono, dan M. Sihite, "Pengaruh letak telur pada mesin tetas terhadap persentase daya hidup embrio, lama menetas dan gagal menetas," dalam *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari, 31 Juli 2021, pp. 177.
- [11] S. D. Incubators, *Sukses Menetaskan Telur Unggas Hingga 90%*. Jakarta Selatan: PT AgroMedia Pustaka, 2019.
- [12] I. Nurhadi dan E. Puspita, *Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega8 Menggunakan Sensor SHT11*. Skripsi, Universitas Negeri Semarang, 2011.
- [13] Y. Mariani, N. M. A. Kartika, dan M. A. Hamzani, "Pengaruh suhu penetasan terhadap fertilitas, mortalitas dan daya tetas telur ayam kampung (*Gallus domesticus*) pada inkubator," *AGRIPTEK: J. Agribisnis dan Peternakan*, vol. 1, no. 1, pp. 23–28, Apr. 2021.
- [14] N. Manggiasih, N. Nisa, Dani, Garnida, dan M. Andi, "Susut telur, lama dan bobot tetas itik lokal (*Anas sp.*) berdasarkan pola pengaturan temperatur mesin tetas," Laporan Penelitian, Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran, Bandung, 2015.
- [15] B. A. Fitroh, D. I. N. Rois, N. Oktyajati, M. M. K. Malik, dan B. W. Adhi, "Pelatihan mesin tetas otomatis kepada siswa dalam menerapkan kurikulum peternakan dan kewirausahaan di MI Hidayatul Insan Karanganyar Jawa Tengah," *J. Pengabd. Masy. Indones. (JPMI)*, vol. 2, no. 5, pp. 561–570, Okt. 2024.
- [16] H. M. Christanty dan D. Suryanto, "Pengaruh pemberian formalin terhadap warna bulu kuning, daya tetas dan mortalitas DOC pada saat penetasan," *Jurnal Penelitian*, vol. 2, no.

- 1, pp. 89–93, 2020.
- [17] H. B. Fadillah, M. J. Wattiheluw, dan W. M. Horhoruw, “Pengaruh formaldehyde dan ekstrak daun miana (*Coleus scutellaroides* (L.) Bth) terhadap mortalitas dan daya tetas telur ayam buras,” *Agrinimal: Jurnal Ilmu Ternak dan Tanaman*, vol. 10, no. 2, pp. 79–85, 2022.
- [18] Haryanti, “Analisis pengendalian kualitas telur tetas ayam ras di PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Hatchery Parungkuda Sukabumi,” Skripsi, Program Studi Agribisnis, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, 2024.
- [19] Y. Hidayat, W. Dirgantara, dan Subairi, “Monitoring suhu dan kelembaban pada penetas telur otomatis menggunakan metode Fuzzy Sugeno berbasis IoT,” *Blend Sains J. Tek.*, vol. 2, no. 2, pp. 177–183, 2023.
- [20] S. Andaruisworo, “Tatalaksana penetasan telur ayam Joper (Jowo Super) di CV Joper Indonesia Unit Hatchery Desa Kencong Kecamatan Kepung Kabupaten Kediri,” dalam *Prosiding Seminar Nasional Cendekia Peternakan 2022*, pp. 104–110.
- [21] Lukman, B. Syamsuryadi, dan I. Mutmainna, “Frekuensi pemutaran telur terhadap nilai mortalitas, daya tetas dan bobot tetas telur puyuh,” *J. Agrominansia*, vol. 5, no. 1, pp. 89–97, Jun. 2020, ISSN: 2527–4538.
- [22] J. C. Eoudia, L. J. Lambey, J. L. Saerang, dan F. J. Nangoy, “Pengaruh frekuensi pemutaran dan posisi telur pada keberhasilan penetasan telur ayam kampung (*Gallus gallus domesticus*),” *J. Zootec*, vol. 39, no. 2, pp. 444–450, 2019.
- [23] M. El-Ashram, “Egg turning during incubation,” *EMTECH Systems*, 2020. [Online]. Tersedia: <https://www.emtech-systems.com/technical-talk/egg-turning-during-incubation-a-review-by-mohamed-mostafa-el-ashram/>. [Diakses: 23-Jun-2025].
- [24] Y. Mariani dan M. A. Hamzani, “Pengaruh suhu penetasan terhadap fertilitas, mortalitas dan daya tetas telur ayam kampung (*Gallus domesticus*) pada inkubator,” *AGRIPTEK: J. Agribisnis dan Peternakan*, vol. 1, no. 1, pp. 23–28, 2021.
- [25] T. F. M. P. Sitorus dan D. Dakhi, “Pengaruh lama penyimpanan dan frekuensi pemutaran telur terhadap daya tetas ayam buras,” *J. Peternak. Unggul*, vol. 3, no. 2, pp. 10–19, 2022.
- [26] S. L. Muhliah, W. Tanwiriah, dan I. Y. Asmara, “Inventarisasi fertilitas, daya tetas telur, dan bobot tetas DOC berdasarkan umur induk ayam Sentul Barokah Abadi Farm Ciamis,” *Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran*, 2021.