Jurnal Life Science (2025), **7(1)**, 10-18

ARTIKEL

Faktor Kestabilan Suhu terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Embrio pada Ayam Broiler (*Gallus Domesticus*) dalam Pengeraman Telur Menggunakan Inkubator Sederhana

Malika Nurul Husna[1], Maryam Ghurafus Salimah[1], Laela Sumiyati[1], Nabila Firizqi Azmi[1], Nadifatun Nabilah[1], Linda Komalasari[1], Epa Paujiah[1], Sofia Fikria Nurfina[1], Nur Hamidah[1,2]

[1]Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati, Bandung, Indonesia
[2]Pendidikan Biologi, Fakultas Pendidikan dan Ilmu Keguruan, Univesitas Pendidikan Indonesia.
Email:malikanurulnusna@gmail.com

(Received 16 Januari 2025; revised 10 Februari 2025; accepted 10 Februari 2025 ; published 15 Februari 2025)

Abstrak

Suhu merupakan salah satu faktor eksternal yang tidak bisa dilepaskan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan mahkluk hidup termasuk dalam pengeraman telur ayam. Kestabilan suhu perlu diperhatikan untuk keberhasilan pertumbuhan dan perkembangan embrio. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen dengan membuat inkubator sederhana dan melakukan pemecahan satu butir telur setiap harinya untuk melihat tahapan perkembangan embrio selama 21 hari. Hasil dari penelitian ini menunjukan adanya pertumbuhan dan perkembangan embrio pada telur ayam dengan kestabilan suhu 38°C. Sehingga dapat disimpulkan kestabilan suhu berpengaruh besar pada pertumbuhan dan perkembangan embrio telur ayam.

Kata Kunci: Suhu, Perkembangan, Telur ayam, Inkubator

1. Pendahuluan

Pentingnya protein hewani yang dibutuhkan oleh masyarakat mengharuskan adanya persediaan pangan sumber protein untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Salah satu hewan unggas yang dapat memenuhi kebutuhan protein hewani yaitu ayam broiler. Ayam broiler (pedaging) merupakan salah satu komiditas unggas yang memiliki kontribusi dalam memenuhi kebutuhan protein hewani bagi masyarakat indonesia. Ayam broiler adalah jenis ternak unggas yang memiliki laju pertumbuhan yang cepat karena dapat dipanen pada umur 5 minggu. Keunggulan ayam broiler didukung oleh adanya sifat genetik serta keadaan lingkungan yang meliputi makanan, temperatur, dan pemeliharaannya.

Budidaya ayam broiler sebagai penghasil daging memerlukan adanya perkembangan dalam penyediaan bibit. Pembibitan telur ayam memiliki tujuan utama yaitu untuk menghasilkan telur yang dapat ditetaskan. Telur ayam yang ditetaskan adalah telur yang telah mengalami proses pembuahan oleh jantan atau disebut dengan telur fertil. Sedangkan telur yang tidak dibuahi oleh jantan atau telur infertil tidak akan menghasilkan embrio, sehingga anak ayam tersebut tidak akan berkembang. Bibit dapat diperoleh dengan keragaman yang sama dan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat maka perlu dilakukan pembiakan salah satunya dengan menggunakan mesin penetes sederhana. Penetasan telur ayam merupakan rekayasa menggunakan mesin tetas dengan cara menyediakan lingkungan yang sesuai untuk perkembangan embrio telur sehingga dapat berkembang dengan optimal. Dalam penetasan telur ayam, telut perlu disortir dari mesin tetas agar tidak membusuk dan meledak di mesin tetas. Proses penyortiran ini dilakukan dengan meneropong telur menggunakan senter atau lampu yang diletakkan dibalik telur. Proses ini disebut dengan candling.

Penetasan telur ayam dapat meningkatkan skala produksi dan daya tetas telur karena aspek lingkungan yang dibutuhkan dalam proses penetasan seperti suhu dapat di atur secara tepat. Daya tetas merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui keberhasilan suatu uasaha penetasan. Menurut Mariani (2021) dalam jurnalnya mengatakan bahwa daya tetas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu cara penyimpanan, lama penyimpanan, tempat penyimpanan, suhu lingkungan, suhu mesin tetas dan pembalikan selama penetasan. Suhu merupakan salah satu faktor penting untuk mengontrol perkembangan embrio dan daya tetas telur ayam. Agar embrio ayam dapat berkembang, suhu yang terdapat pada mesin tetas harus ideal. Suhu yang ideal pada hewan unggas berkisaran 37oC sampai 390C. Kestabilan suhu penting untuk diperhatikan karena suhu yang terlalu tinggi akan menyebabkan embrio lemah untuk perkembangan bahkan mengalami kematian embrio pada telur, sedangkan suhu yang rendah akan menyebabkan embrio ayam tidak berkembang secara maksimal. Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan kestabilan suhu pada proses pengeraman dan penetasan telur ayam serta mengamati perkembangan embrio telur ayam selama proses pengeraman dan penetasan.

2. Metode Penelitian

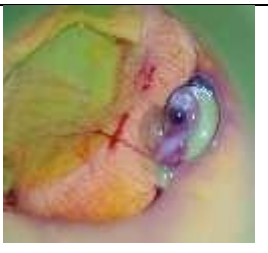
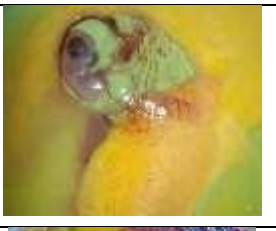
Penelitian mengguanakn metode deskriptif kualitatiif melalui eksperimen pembuatan mesin inkubator sederhana dan studi pustaka atau kepustakaan sumber data.Penelitian ini dilakukan selama 21 hari pada tanggal 05 Mei 2024 sampai 26 Mei 2024. Alat dan bahan dalam pembuatan inkubator sederhana menggunakan kardus yang diberi ventilasi sebagai tempat penetasan, lampu pijar 15 watt untuk meningkatkan suhu, termometer sebagai pengukur suhu, air berfungsi untuk menstabilkan suhu dan kelembapan inkubator, dan jerami kering untuk menjaga kelembapan dan suhu pada telur. Bahan utama dalam penelitian ini adalah 23 telur ayam fertil yang setiap butirnya diberi tanda seperti huruf ‘Y’ dan setiap sisi diberi angka. Inkubator sederhana diatur dengan suhu 380C selama 2 jam untuk melihat kestabilan suhu. Telur dimasukkan ke dalam inkubator dengan suhu 380C dan diputar setiap sisinya setiap 8 jam sekali. Pengambilan data dilakukan setiap hari dengan cara memecahkan satu butir telur untuk melihat perkembangan embrio.

3. Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang dilakukan selama 21 hari menunjukan adanya perkembangan embrio telur ayam yang signifikan setiap harinya. Berikut tabel hasil penetasan telur ayam selama 21 hari.

Tabel 1. Penetasan Telur Ayam

Hari	Gambar	Keterangan
1		Hari/tanggal : Senin, 06 Mei 2024 Waktu : 09.00 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : Sudah nampak bulatan embrio
2		Hari/tanggal : Selasa, 07 Mei 2024 Waktu : 08.30 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : Nampak embrionya mulai bergeser ke sisi kiri
3		Hari/tanggal : Rabu, 08 Mei 2024 Waktu : 08.30 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : Terlihat adanya pembuluh darah dan terdapat selaput cairan yang menutupi embrio
4		Hari/tanggal : Kamis, 09 Mei 2024 Waktu : 10.25 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : Pembuluh darah semakin terlihat dan terdapat bagian jantung yang mulai berdenyut
5		Hari/tanggal : Jumat, 10 Mei 2024 Waktu : 09.20 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : Perkembangan embrio mulai terlihat jelas, posisi embrio mulai berputar dan tampak pembuluh darah yang semakin banyak
6		Hari/tanggal : Sabtu, 11 Mei 2024 Waktu : 08.40 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : Mata mulai terbentuk, terdapat adanya selaput amnion, cairan korio-alantois, dan umbilicalis. Ketiga cairan tersebut berfungsi untuk menyalurkan nutrisi

7		Hari/tanggal : Minggu, 12 Mei 2024 Waktu : 09.19 WIB suhu : 38ºC Deskripsi : Bentuk embrio sudah semakin tampak jelas dan bakal anggota tubuh mulai terbentuk. Ekor dan kepala sudah berdekatan sehingga tampak seperti huruf C. embrio terletak di dalam amnion. Pembuluh darah semakin banyak dibandingkan pada hari sebelumnya
8		Hari/tanggal : Senin, 13 Mei 2024 Waktu : 10.14 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : Bakal paruh dan kaki sudah mulai terbentuk, tulang punggung mulai mengeras, dan optic fesikel telah berubah sempurna menjadi mata
9		Hari/tanggal : Selasa, 14 Mei 2024 Waktu : 12.03 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : Mata dan paruh mulai terlihat jelas dan pembentukan anggota tubuh sudah nampak
10		Hari/tanggal : Rabu, 15 Mei 2024 Waktu : 11.08 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : Mata dan bentuk tubuh sudah mulai nampak makin jelas
11		Hari/tanggal : Kamis, 16 Mei 2024 Waktu : 09.09 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : embrio mulai berkembang, mata terlihat lebih jelas dibandingkan dengan perkembangan sebelumnya, bakal paruh yang akan tumbuh mulai terlihat, dilanjut dengan organ – organ lain yang juga sedang Berkembang
12		Hari/tanggal : Jum’at, 17 Mei 2024 Waktu : 10.40 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : sama seperti hari sebelumnya, tetapi paruh yang sudah terbentuk hampir sempurna leher yang mulai memanjang, mata yang mulai membesar, dan alat gerak yang sudah mulai terbentuk.

13		Hari/tanggal : Sabtu 18 Mei 2024 Waktu : 16. 03 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : perkembangan ayam sudah hampir sempurna organ – organ dan anggota gerak yang sudah berukuran semestinya, seperti mata, paruh, sayap, ceker, dan lain – lain.
14		Hari/tanggal : Minggu, 19 Mei 2024 Waktu : 10.20 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : ukuran ayam sudah mulai membesar sama seperti perkembangan sebelumnya, ditambah bulu – bulu ayam yang sudah mulai menutupi tubuh ayam sepenuhnya.
15		Hari/tanggal : Senin, 20 Mei 2024 Waktu : 13.18 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : pada perkembangan kali ini kelompok kami mendapatkan telur yang infertil, dengan kondisi kuning telur yang cair dan pecah,dan bakal ayam yang tidak berbentuk.
16		Hari/tanggal : Selasa, 21 Mei 2024 Waktu : 09.09 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : sama seperti hari sebelumnya kami menemukan telur yang infertil dengan kondisi, kuning telur masih berbentuk bulat dan ada embrio ayam yang tidak berbentuk menempel pada kuning telur tersebut.
17		Hari/tanggal : Rabu, 22 Mei 2024 Waktu : 08.41 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : sama seperti dua hari sebelumnya kami kembali menemukan telur yang infertil dengan kondisi kuning telur yang cair dan pecah dan tidak menemukan bakalembrio ayam yang akan berkembang
18		Hari/tanggal : Kamis, 23 Mei 2024 Waktu : 10.03 WIB Suhu : 38ºC Deskripsi : berbeda dengan tiga hari sebelumnya embrio ayam sudah berkembang dengan pesat sama seperti hari ke 14 dengan bulu bulu ayam yang sudah lebat menutupi seluruh tubuh ayam.

19		Hari/tanggal : Jum'at, 24 Mei 2024 Waktu : 09.15 WIB Suhu : 38^{o}C Deskripsi : kondisi ayam yang sudah sepenuhnya hampir sempurna dengan kondisi mata yang masih tertutup, bulu bulu ayam yang mentupi tubuh ayam, dan kuning telur yang sudah mulai habis.
20	 a b	Hari/tanggal : Sabtu, 25 Mei 2024 Waktu : 08.47 WIB Suhu : 38^{o}C Deskripsi : pada gambar (a) Telur ayam anggota gerak yang sudah sempurna dan organ- organ yang sudah mulai berfungsi, dan perbedaan dari hari sebelumnya kuning telur dan darah yang mulai sedikit-sedikit habis. Pada gambar (b) terdapat dua telur ayam yang sudah menetas yaitu dipukul 12.48 WIB dan 20.20 WIB dengan memiliki bulu yang tipis dan belum bisa berjalan dengan lancar.
21		Hari/tanggal : Sabtu, 26 Mei 2024 Waktu : 16.12 WIB Suhu : 38^{o}C Deskripsi : tidak seperti yang diharapkan pada hari penentuan kelahiran anak ayam sejati, tetapi kami mendapatkan telur yang infertil dengan kondisi kuning telur yang pecah, putih telur yang terlihat busuk, dan embrio ayam yang tidak berkembang.

4. Pembahasan

Berdasarkan tabel hasil pengamatan, suhu memainkan peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan embrio pada ayam broiler dalam proses inkubasi selama 21 hari. Suhu dan kelembapan merupakan faktor penting untuk perkembangan embrio (Mariani, Kartika, & Hamzani, 2021). Suhu yang konsisten dalam inkubator sederhana dapat membantu mempertahankan kondisi yang optimal dalam mendukung pertumbuhan embrio pada telur ayam broiler. Sementara itu, terjadinya fluktuasi suhu yang signifikan dapat mengganggu proses metabolisme dan pertumbuhan sel, yang dapat berdampak pada kesehatan dan perkembangan embrio. Dalam pengontrolan suhu yang kami lakukan terhadap telur ayam broiler kami menggunakan termometer suhu yang terbuat dari kayu untuk membantu kami mengetahui derajat atau ukuran panas pada telur-telur ayam broiler.

Pada hari ke-1 sampai hari ke-3, setelah melakukan pemecahan telur, sudah mulai terlihat adanya pembuluh darah yang dibuktikan dengan jaringan berwarna merah dan terdapat selaput cairan yang menutupi embrio. Pada hari ke-4 dan ke-5, jaringan pembuluh darah semakin banyak, terdapat bentuk bulatan yang dapat dipastikan bagian tersebut adalah cikal bakal jantung yang terlihat berdenyut. Sementara itu, perkembangan embrio lebih terlihat jelas diperkuat dengan posisi embrio yang mulai berputar. Pada hari ke-6, saat telur dipecahkan ternyata sudah ada bagian mata yang mulai terbentuk. Selain itu, terdapat cairan pelindung embrio yang disebut selaput amnion, cairan korio-alantois, dan umbilicalis. Selaput dan cairan tersebut mengelilingi dan melindungi embrio serta berfungsi untuk mendistribusikan nutrisi atau makanan ke embrio (Zulfa, Yogica, Atifah, & D, 2021). Selanjutnya pada hari ke-7 perkembangan embrio sudah semakin meningkat dan tampak lebih jelas, ditambah bakal anggota tubuhnya mulai terbentuk. Bagian ekor dan kepala sudah berdekatan sehingga tampak seperti huruf C. Selain itu, pembuluh darahnya juga semakin banyak dibandingkan pada hari sebelumnya.

Sementara itu, di hari ke-8 hingga hari ke-10, terlihat berkembang organ baru yaitu bakal paruh dan kaki. Bakal paruh dan kaki sudah mulai terbentuk walaupun masih belum terlihat jelas, selain itu ada juga bagian yang sudah mengeras ketika diraba kemungkinan bagian tersebut adalah tulang bagian belakang atau punggung. Kemudian pada 3 hari ini, berkembang juga optic fesikel atau struktur saraf mata yang telah berubah sempurna menjadi organ mata dengan bulatan hitam ditengahnya. Pada hari ke-11 dan 12 dengan suhu yang masih tetap sama yaitu 38°C, perkembangan embrio pada ayam broiler semakin pesat. Organ tubuh yang tadinya nampak kurang jelas, pada kedua hari ini sudah mulai nampak jelas. Hal ini di buktikan dengan paruh yang terbentuk sudah hampir sempurna, bagian leher yang mulai memanjang, organ mata yang nampak membesar, dan alat gerak yang sudah mulai terbentuk.

Kemudian pada hari ke-13 dan 14, terlihat ukuran ayam sudah semakin besar dibuktikan dengan organ-organ yang telah berkembang secara sempurna dan semakin jelas. Selain itu, bulu-bulu ayam juga sudah mulai menutupi tubuh ayam sepenuhnya. Sampai hari ke-14 perkembangan telur ayam broiler ini sangat baik dan bagus, hal ini karena suhu yang stabil mendukung perkembangan sistem organ seperti jantung, mata, paruh, dan sistem gerak. Sementara itu jika terjadi perubahan suhu yang drastis kemungkinan akan menyebabkan perkembangan organ tidak sempurna atau bahkan cacat pada embrio. Suhu dan kelembapan dalam incubator sederhana haruslah stabil sehingga dapat mempertahankan kondisi telur agar tetap berkualitas selama proses pengeraman dan penetasan (Hasanuddin, 2017).

Embrio yang terpapar pada fluktuasi suhu yang ekstrem atau tidak stabil memiliki risiko lebih tinggi terhadap kematian dalam telur atau kelahiran prematur. Berbeda dari hari sebelumnya, pada hari ke-15 dan 16 telur yang diamati mengalami kegagalan embrio yang disebabkan karena faktor internal gen telur tersebut. Sedangkan di hari ke-17 telur ayam broiler yang kami amati ternyata infertil. Telur infertil adalah telur yang tidak mengalami pembuahan (fertilisasi) oleh sel sperma dari ayam jantan, telur ini dikenal dengan istilah hatched egg (HE) atau telur busuk.

Hal ini dibuktikan dengan kondisi telur yang mengeluarkan bau tidak sedap, kuning telur yang cair dan warnanya nampak tidak seperti biasanya. Walaupun begittu, dalam telur infertil tersebut terlihat ada struktur yang berbentuk bulat dengan warna kecoklatan yang kami percayai sebagai embrio yang gagal berkembang. Namun, telur yang infertil tersebut gagal untuk berkembang bukan karena pengaruh suhu yang berubah, hal ini dikuatkan dengan penunjukan pada termometer suhu yang kami gunakan saat itu masih stabil pada 38°C dan tidak terjadi penurunan ataupun kenaikan yang signifikan. Kami mengira telur tersebut gagal berkembang karena memang kualitas ketiga telur tersebut kurang baik dan tidak mengalami pembuahan. Berbeda dari tiga hari sebelumnya, pada hari ke-18, 19, dan 20 kondisi ayam saat ditetaskan dari telurnya jauh lebih baik dan perkembangannya semakin pesat. Anggota gerak sudah sempurna, organ-organ tubuh sudah mulai berfungsi, ukuran tubuhnya juga semakin besar, bulu-bulu semakin banyak menutupi tubuh ayam, dan cairan kuning telur ataupun putih telurnya sudah semakin berkurang.

Pada hari ke-20 juga ada telur yang sudah menetas dan melahirkan anak ayam yang sehat ditandai dengan kelincahan dan keaktifan serta suaranya yang nyaring. Diikuti pada hari ke-21, anak ayam lainnya juga menetas dengan kualitas fisik yang sama-sama baik. Selama 21 hari kami menetaskan satu per satu telur ayam brooiler, kami membuktikan bahwa suhu yang stabil dapat membantu memastikan bahwa waktu inkubasi yang diperlukan untuk menetas tetap sesuai dengan yang diharapkan untuk ayam broiler. Suhu yang akurat juga memungkinkan mereka untuk menetas dengan baik dan kuat. Pemerataan suhu pada incubator sederhana akan berdampak pada proses tetas dari telur (Setyaningsih & Mustofa, 2019) Embrio yang mengalami kondisi suhu yang stabil pada 37°C-39°C cenderung menghasilkan ayam yang lebih kuat dan sehat setelah menetas. Hal tersebut akan berdampak positif pada produktivitas dan kesejahteraan ayam broiler setelah dipelihara. Perlu untuk dipahami bahwa kestabilan suhu bukan hanya masalah kuantitatif (misalnya suhu rata-rata), tetapi juga mengenai fluktuasi suhu secara keseluruhan selama proses inkubasi. Pengaturan yang tepat dan pemantauan terhadap suhu dalam inkubator sangat penting untuk memastikan hasil yang optimal dalam pertumbuhan dan perkembangan embrio pada ayam broiler.

5. Kesimpulan

Kestabilan suhu memiliki pengaruh besar terhadap pertumbuhan dan perkembangan embrio pada telur ayam broiler selama proses penetasan. Pada penelitian ini suhu yang stabil pada 38oC merupakan suhu yang ideal untuk perkembangan embrio ayam broiler. Kestabilan suhu pada inkubator atau mesin tetas harus benar-benar diperhatikan untuk keberhasilan penetasan telur ayam broiler. Hasil penelitian menunjukkan adanya pertumbuhan dan perkembangan embrio pada telur ayam dengan kestabilan suhu 38°C mempercepat proses penetasan dari 21 hari menjadi 20 hari, sehingga dapat disimpulkan bahwa stabilitas suhu berperan penting dalam proses tumbuh kembang embrio ayam broiler selama masa inkubasi.

Ucapan Terima Kasih

Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia serta mukjizat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan penelitian dengan judul ''Faktor Kestabilan Suhu Terhadap Pertumbuhan Dan Perkembangan Embrio Pada Ayam Broiler (Gallus domesticus) Dalam Pengeraman Telur Menggunakan Inkubator Sederhana''. Kami menyadari betul bahwa ada orang-orang yang berjasa dibalik selesainya penelitian ini. tidak ada persembahan terbaik yang dapat kami berikan selain rasa ucapan terimakasih kepada pihak yang telah banyak membantu dalam penulisan penelitian ini. Secara khusus, kami mengucapkan terimakasih kepada Ibu Dr. Epa Paujiah, M.Si selaku dosen pengampu pada mata kuliah Perkembangan Hewan. Kami juga mengucapkan terimakasih banyak kepada Ibu Nur Hamidah serta Ibu Sofia Fikrina Nurfina selaku asisten praktikum pada mata kuliah Perkembangan Hewan yang telah membimbing serta mengarahkan kami selama proses penulisan jurnal ini.

Daftar Pustaka

Hasanuddin, A. (2017). Pengaruh Suhu Penetasan Terhadap Fertilitas, Daya Tetas, dan Berat Tetas Telur Burung Puyuh. Hasanuddin University, 1-36.

Mariani, Y., Kartika, N. M., & Hamzani, M. A. (2021). Pengaruh Suhu Penetasan Terhadap Fertilitas, Mortalitas, dan Daya Tetas Telur Ayam Kampung (Gallus domesticus) Pada Inkubator. AGRIPTEK: Jurnal Agribisnis dan Peternakan, 23-28.

Setyaningsih, N. Y., & Mustofa, A. N. (2019). Optimalisasi Posisi Heater dan Cooler Terhadap Perubahan Kondisi Suhu Pada Inkubator Tetas Penetas Telur. Jurnal SIMETRIS, 281-286.

Zulfa, C. S., Yogica, R., Atifah, Y., & D, F. A. (2021). Pengaruh Perbedaan Masa Inkubasi Terhadap Perkembangan Embrio Gallus gallus domesticus. Prosiding SEMNAS BIO (hal. 567-573). Padang: Universitas Negeri Padang.

Adame, M. M., & Ameha, N. (2023). Review on Egg Handling and Management of Incubation and Hatchery Environment. Asian J. Biol. Sci, 16(4), 474–484.

Adegbenjo, A. O., Liu, L., & Ngadi, M. O. (2020). Non-destructive assessment of chicken egg fertility. Sensors, 20(19), 5546.

Benalywa, Z. A., Ismail, M. M., Shamsudin, M. N., & Yusop, Z. (2019). REVEALED COMPARATIVE ADVANTAGE AND COMPETITIVENESS OF BROILER MEAT PRODUCTS IN MALAYSIA AND SELECTED EXPORTING COUNTRIES. International Journal of Business & Society, 20(1).

Du, W.-G., Shine, R., Ma, L., & Sun, B.-J. (2019). Adaptive responses of the embryos of birds and reptiles to spatial and temporal variations in nest temperatures. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 286(1915), 20192078. https://doi.org/10.1098/rspb.2019.2078

Gutiérrez, S., Contreras, G., Ponce, H., Cardona, M., Amadi, H., & Enríquez-Zarate, J. (2019). Development of hen eggs smart incubator for hatching system based on internet of things. 2019 IEEE 39th Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXIX), 1–5.

Hall, C. A., Potvin, D. A., & Conroy, G. C. (2023). A new candling procedure for thick and opaque eggs and its application to avian conservation management. Zoo Biology, 42(2), 296–307.

Hasanuddin, A. (2017). Pengaruh Suhu Penetasan Terhadap Fertilitas, Daya Tetas, dan Berat Tetas Telur Burung Puyuh. Hasanuddin University, 1-36.

Mariani, Y., Kartika, N. M., & Hamzani, M. A. (2021). Pengaruh Suhu Penetasan Terhadap Fertilitas, Mortalitas, dan Daya Tetas Telur Ayam Kampung (Gallus domesticus) Pada Inkubator. AGRIPTEK: Jurnal Agribisnis dan Peternakan, 23-28.

Niranjan, L., Venkatesan, C., Suhas, A. R., Satheeskumaran, S., & Nawaz, S. A. (2021). Design and implementation of chicken egg incubator for hatching using IoT. International Journal of Computational Science and Engineering, 24(4), 363– 372.

Selle, P. H., Macelline, S. P., Chrystal, P. V, & Liu, S. Y. (2023). A reappraisal of amino acids in broiler chicken nutrition. World's Poultry Science Journal, 79(3), 429–447.

Setyaningsih, N. Y., & Mustofa, A. N. (2019). Optimalisasi Posisi Heater dan Cooler Terhadap Perubahan Kondisi Suhu Pada Inkubator Tetas Penetas Telur. Jurnal SIMETRIS, 281-286.

Tona, K., Voemesse, K., N'nanlé, O., Oke, O. E., Kouame, Y. A. E., Bilalissi, A., Meteyake, H., & Oso, O. M. (2022). Chicken incubation conditions: role in embryo development, physiology and adaptation to the post-hatch environment. Frontiers in Physiology, 13, 895854.

Yalcin, S., Özkan, S., & Shah, T. (2022). Incubation temperature and lighting: Effect on embryonic development, post-hatch growth, and adaptive response. Frontiers in Physiology, 13, 899977.

Zulfa, C. S., Yogica, R., Atifah, Y., & D, F. A. (2021). Pengaruh Perbedaan Masa Inkubasi Terhadap Perkembangan Embrio Gallus gallus domesticus. Prosiding SEMNAS BIO (hal. 567-573). Padang: Universitas Negeri Padang.