

PENGARUH ZONA DALAM KANDANG TERHADAP PERFORMA AYAM PETELUR YANG DIPELIHARA DI SEMI CLOSED HOUSE

Rizki Al Hazmi Mukhtar¹, M. Farid Wajdi², Dedi Suryanto²

1Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Islam Malang

2Dosen Peternakan Universitas Islam Malang

Email: 21901041109@unisma.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi variasi kondisi iklim mikro di zona masuk (inlet), tengah, dan keluar (outlet) kandang ayam serta mengevaluasi pengaruh variasi tersebut terhadap kinerja produksi ayam petelur, yang mencakup Hen-Day Production (HDP), massa telur, dan Feed Conversion Ratio (FCR). Sebanyak 240 ekor ayam petelur Isa Brown berusia 48 minggu yang dipelihara dalam sistem kandang semi-tertutup digunakan dalam penelitian ini. Tiga perlakuan berdasarkan zona kandang dan empat ulangan diterapkan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Data dianalisis menggunakan Analysis of Variance (ANOVA), dan jika ditemukan pengaruh yang signifikan, dilakukan uji Least Significant Difference (LSD) pada taraf 5%. Berdasarkan data yang diperoleh, zona kandang tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap HDP ($P > 0,05$). Nilai rata-rata HDP untuk zona masuk (P1), tengah (P2), dan keluar (P3) masing-masing adalah 93%, 91%, dan 90%. Perbedaan zona kandang berpengaruh terhadap egg mass, dengan rata-rata berturut-turut sebesar $P1 = 1.230,25g^b$, $P2 = 1.206,25g^{ab}$ dan $P3 = 1.185,75 g^a$. Perbedaan zona juga berpengaruh pada FCR, dengan nilai terendah pada P1 sebesar 1,96^a, diikuti P2 sebesar 2,00^{ab}, dan tertinggi pada P3 sebesar 2,04^b. Dengan demikian, perbedaan zona dalam kandang tidak memengaruhi HDP secara nyata, tetapi berpengaruh terhadap egg mass dan FCR. Perbedaan mikroklimat antarzona diduga belum cukup besar untuk memengaruhi performa produksi ayam petelur secara signifikan.

Kata Kunci : mikroklimat kandang, zona kandang, ayam petelur, performa ayam petelur, semi closed house

THE EFFECT OF CAGE ZONES ON THE PERFORMANCE OF LAYING HENS REARED IN A SEMI-CLOSED HOUSE

Abstract

This study aimed to identify variations in microclimate conditions across the inlet, middle, and outlet zones of a poultry house and to evaluate the impact of these variations on the production performance of laying hens, specifically Hen-Day Production (HDP), egg mass, and Feed Conversion Ratio (FCR). A total of 240 Isa Brown laying hens, aged 48 weeks and housed in a semi-closed system, were used in this study. Three treatments based on housing zones and four replicates were implemented using a Completely Randomized Design (CRD). Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA), and where significant effects were found, the Least Significant Difference (LSD) test was performed at the 5% level. Based on the obtained data, the housing zone did not significantly affect HDP ($P > 0.05$). The mean HDP values for the inlet (P1), middle (P2), and outlet (P3) zones were 93%, 91%, and 90%, respectively. Housing zones did influence egg mass, with mean values of $P1 = 1,230.25g (b)$, $P2 = 1,206.25g (ab)$, and $P3 = 1,185.75g (a)$. Zone differences also affected FCR, with the lowest value observed in P1 (1.96^a), followed by P2 (2.00^{ab}), and the highest in P3 (2.04^b). Thus, while housing zones did not significantly affect HDP, they did influence egg mass and FCR. The microclimate variations between zones were likely insufficient to significantly alter the production performance of the laying hens.

Key Word : coop microclimate, coop zones, laying hens, laying hen performance, semi-closed house

PENDAHULUAN

Ayam petelur merupakan komoditas penting dalam industri unggas yang menjadi sumber protein hewani, khususnya dalam bentuk telur. Pertumbuhan populasi mendorong peningkatan permintaan telur, sehingga memaksimalkan produktivitas ayam petelur menjadi hal yang krusial. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2024, jumlah ayam petelur komersial di Indonesia mencapai 414.758.411 ekor dengan total produksi telur sebesar 6,34 juta ton. Meskipun jumlah populasi ayam terus meningkat belakangan ini, laju produksinya masih tertinggal.

Peningkatan hasil produksi telur per ekor dapat dicapai melalui perbaikan sistemik. Kandang memegang peranan kunci dalam pemeliharaan ayam petelur secara efisien dan intensif. Mengingat kandang adalah tempat berlangsungnya proses produksi, sangatlah penting untuk memastikan ayam merasa nyaman dan terlindungi di dalamnya agar mereka dapat tumbuh optimal dan menghasilkan telur.

Sebagai perpaduan antara sistem kandang terbuka dan tertutup, sistem semi-tertutup menggabungkan keunggulan dari kedua sistem tersebut. Pada Sistem ini, ventilasi dikendalikan dengan kipas (*exhaust fan*) dan *cell deck pad* sehingga suhu dan kelembapan relative lebih stabil dibanding kandang terbuka (Rasyaf, 2003). Sistem kandang ini merupakan alternatif bagi peternak yang ingin meningkatkan produktivitas ayam dengan biaya investasi yang lebih rendah dibandingkan kandang closed house, tetapi tetap mendapatkan sebagian keuntungan dari pengaturan lingkungan yang lebih baik dibandingkan open house. Sistem sirkulasi udara pada kandang *semi closed house* mengandalkan tekanan udara yang dihasilkan kipas (*exhaust Fan*) dan *cell deck* sebagai tempat udara masuk (*Inlet*) sekaligus sebagai sistem pendingin udara. Menurut Yani (2014), massa udara sejuk yang masuk ke dalam kandang unggas melalui *cell deck* lebih besar. Namun, saat udara tersebut bergerak menuju kipas pembuangan (*exhaust fan* atau saluran keluar), massanya berkurang akibat panas yang dihasilkan oleh tirai, dinding, dan langit-langit kandang.

Kandang *semi closed house* memiliki perbedaan kondisi mikroklimat antara area di dekat inlet dan area dekat outlet meliputi suhu,

kelembapan, dan kecepatan angin. perbedaan kondisi mikroklimat mempengaruhi aktivitas produksi dan kualitas telur yang dihasilkan. Stres panas dapat menurunkan produktivitas karena, menurut Kilic dan Simsek (2013), konsumsi pakan menurun, konversi pakan terhambat, tingkat kematian meningkat, serta kualitas dan kuantitas produksi telur menurun. Hal tersebut diakibatkan oleh sistem peredaran yang beraneka ragam dan kondisi lingkungan yang tercipta di dalam kandang (Basmacioğlu, Hatice, Mustafa, Karsten, Patterson, Stout, Crews, Laura, Heflin, 2020). Kondisi yang tidak sama pada setiap bagian kandang sistem cage ayam petelur diakibatkan oleh perbedaan lingkungan mikro seperti ventilasi, pencahayaan, dan suhu (Karaman, Sekeroglu, and Duman. 2013). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan hasil produksi dari berbagai area di dalam kandang semi-tertutup untuk ayam petelur.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Unit Ayam Petelur Balai Pelatihan Peternakan Batu, Kota Batu, Jawa Timur, selama 30 hari, mulai tanggal 1 Januari 2026 hingga 30 Januari 2026. Subjek penelitian adalah ayam petelur jenis Isa Brown berusia 45 minggu. Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan dan empat ulangan, serta melibatkan 240 ekor ayam yang dipelihara dalam sistem kandang semi-tertutup. Setiap harinya, masing-masing ayam diberi 120 gram pakan racikan sendiri. Berikut kandungan nutrisi pakan tercantum pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Nutrisi pakan

No	Satuan	kandungan
1	Kadar air	11.2%
2	Protein Kasar	15.72%
3	Lemak kasar	5.03%
4	Kadar abu	9.68%
5	Serat kasar	6.62%

Pengambilan data dilakukan didalam *semi closed housed* yang terbagi menjadi 3 zona Perlakuan yang berbeda diantaranya zona depan/dekat inlet (T0), zona tengah (T1) dan zona belakang dekat *outlet/exhaust fan* (T2) dengan masing-masing perlakuan terdiri dari 4 kali ulangan dan masing-masing ulangan terdiri dari 20 baterai (*cage*). Tiga perlakuan digunakan dalam analisis data, yang masing-masing melibatkan 20 ekor unggas dan empat

ulangan. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Analisis varians (ANOVA) digunakan untuk menguji data yang terkumpul dan mengidentifikasi pengaruh perlakuan. Untuk menelaah lebih lanjut perbedaan antarperlakuan, analisis dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf signifikansi 5% apabila hasil ANOVA menunjukkan adanya perbedaan nyata ($P < 0,05$) pada performa ayam petelur di antara perlakuan-perlakuan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Mikro Klimat Dalam Kandang

Temuan studi menampakkan jika terdapat perbedaan kondisi mikroklimat pada masing-masing zona dalam kandang *semi closed house*. Perbedaan tersebut terlihat dari adanya variasi suhu, kelembapan relatif, dan kecepatan angin pada zona dekat inlet (P1), zona tengah kandang (P2), dan zona dekat outlet (P3). Meskipun perbedaan yang terjadi relatif kecil, kondisi tersebut menunjukkan bahwa distribusi udara di dalam kandang *semi closed house* belum sepenuhnya seragam. Rataan suhu kandang menunjukkan kecenderungan meningkat dari zona dekat inlet menuju zona dekat outlet. Zona dekat inlet (P1) memiliki rata-rata suhu sebesar $23,50^{\circ}\text{C}$, zona tengah kandang (P2) sebesar $23,81^{\circ}\text{C}$, sedangkan zona dekat outlet (P3) memiliki rata-rata suhu tertinggi yaitu $24,13^{\circ}\text{C}$. Karaman et al. (2013) juga menyatakan bahwa distribusi suhu pada kandang unggas tidak selalu merata sehingga menyebabkan terbentuknya perbedaan suhu antar zona dalam kandang.

Kecepatan angin tertinggi diperoleh pada zona dekat outlet (P3) yaitu sebesar 2,18 m/detik, diikuti zona dekat inlet (P1) sebesar 2,17 m/detik, sedangkan kecepatan angin terendah terdapat pada zona tengah kandang (P2) yaitu sebesar 1,79 m/detik. Kondisi tersebut berkaitan erat dengan keberadaan exhaust fan yang berfungsi menarik udara keluar dari dalam kandang. Kelembapan relatif pada penelitian ini menunjukkan kecenderungan menurun dari zona dekat inlet menuju zona dekat outlet. Kelembapan relatif tertinggi diperoleh pada zona dekat inlet (P1) yaitu sebesar 76,30%, diikuti zona tengah kandang (P2) sebesar 75,11%, sedangkan zona dekat outlet (P3) memiliki kelembapan terendah yaitu sebesar 74,30%. Tingginya kelembapan pada zona dekat inlet diduga

disebabkan oleh udara yang masuk ke dalam kandang masih mengandung uap air yang relative tinggi.

Hen Day Production (HDP)

Berdasarkan hasil analisis varians ($P > 0,05$), produksi telur harian per ekor (*Hen-Day Production* atau HDP) pada ayam petelur tidak dipengaruhi secara signifikan oleh perubahan zona di dalam kandang. Dalam penelitian tersebut, nilai rata-rata HDP adalah 93% pada zona yang paling dekat dengan saluran masuk udara (P1), 91% pada zona tengah (P2), dan 90% pada zona yang paling dekat dengan saluran keluar udara (P3).

Tabel 2. Rataan Hen Day Production (HDP) Ayam Petelur Pada Berbagai Zona Dalam Kandang

Perlakuan	Rataan data transformasi (%)	Rataan Data Asli (%)
P1 (Zona Inlet)	$67,98 \pm 4,41$	$93 \pm 2,88$
P2 (Zona Tengah)	$66,06 \pm 3,82$	$91 \pm 2,50$
P3 (Zona Outlet)	$64,15 \pm 0$	90 ± 0

Secara numerik terlihat adanya kecenderungan penurunan produksi telur dari zona dekat *inlet* menuju zona dekat *outlet*. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan peningkatan suhu lingkungan pada area dekat *outlet* yang dapat memengaruhi kenyamanan ternak. Tidak adanya pengaruh nyata antar perlakuan menunjukkan bahwa kondisi mikroklimat pada seluruh zona dalam kandang masih berada dalam batas toleransi fisiologis ayam petelur. Ayam masih mampu mempertahankan homeostasis tubuh sehingga proses pembentukan telur tetap berlangsung secara normal. Menurut Czarick, and Fairchild, (2008) jika suhu melebihi UCP dan berlangsung terus menerus, dapat mengakibatkan stress panas yang menyebabkan penurunan konsumsi pakan sehingga mengganggu system reproduksi ayam dan berakibat pada penurunan produksi telur. Suhu kandang yang ideal untuk ayam petelur berkisar antara $18-28^{\circ}\text{C}$ (Setiawati dkk. 2014)

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Sharma, Daniel, Kiess, Loar, and Adhikari, (2022) yang menyatakan bahwa perbedaan lokasi pemeliharaan dalam kandang *semi closed house* tidak berpengaruh nyata

terhadap produksi telur selama kondisi lingkungan masih berada pada zona nyaman.

Pengaruh Zona Dalam Kandang terhadap Egg Mass Egg Mass

Hasil analisis varians menampakkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap nilai massa telur ($P < 0,05$). Hal ini didukung oleh nilai F sebesar 4,49, yang lebih tinggi daripada nilai F tabel pada taraf 5% (4,26) namun lebih rendah daripada nilai F tabel pada taraf 1% (8,02). Dengan demikian, selama periode penelitian, perlakuan yang diberikan memengaruhi massa telur ayam petelur. Baik jumlah telur yang dihasilkan setiap hari maupun bobotnya memiliki korelasi langsung dengan total massa telur (Atma dan Kurniawan, 2021).

Tabel 3. Tabel Rataan Egg Mass Yang diperoleh dari Berbagai Zona Dalam Kandang

Perlakuan	Rataan (g)	Notasi
P1 (Zona Inlet)	1230,25 ± 19,81	b
P2 (Zona Tengah)	1206,25 ± 14,97	ab
P3 (Zona Outlet)	1185,75 ± 19,56	a

Berdasarkan temuan tes lanjut LSD pada taraf 5%, perlakuan P1 (1230,25 g) berbeda secara nyata dibandingkan dengan perlakuan P3 (1185,75 g), sedangkan perlakuan P2 (1206,25 g) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan baik terhadap P1 maupun P3. Perubahan pada produksi dan bobot telur di setiap kelompok perlakuan menjadi penyebab perbedaan massa telur antarperlakuan. Mengingat massa telur merupakan hasil perkalian antara bobot telur dan persentase produksi telur (yang juga dikenal sebagai *hen-day production*), perubahan pada salah satu faktor tersebut akan memengaruhi nilai massa telur.

Konsisten dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini menemukan bahwa produksi telur harian dan berat telur mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai massa telur (Wu et al., 2007). Ayam dengan tingkat produksi yang tinggi serta bobot telur yang optimal akan menghasilkan *Egg Mass* yang lebih tinggi dibandingkan ayam dengan salah satu komponen yang lebih rendah. Demikian pula, Samiullah, Roberts, Chousalkar, and Sexton, (2017) menyatakan bahwa peningkatan bobot telur dan persentase produksi telur secara bersamaan akan

meningkatkan nilai *Egg Mass*, sehingga parameter ini menjadi salah satu indikator penting dalam mengevaluasi produktivitas ayam petelur

Pengaruh Zona Dalam Kandang terhadap Feed Conversion Ratio (FCR)

Berdasarkan data analisis varians, perlakuan tersebut berpengaruh nyata terhadap Rasio Konversi Pakan (FCR) ($P < 0,05$). Hal ini dibuktikan oleh nilai F hitung sebesar 5,40; nilai tersebut lebih tinggi daripada nilai F tabel pada taraf 5% (4,26), namun masih lebih rendah daripada nilai F tabel pada taraf 1% (8,02).

Tabel 4. Rataan Feed Conversion Ratio (FCR) Ayam Petelur Pada Berbagai Zona Dalam Kandang

Perlakuan	Rataan	Notasi
P1 (Zona Inlet)	1,96 ± 0,046	a
P2 (Zona Tengah)	2,00 ± 0,025	ab
P3 (Zona Outlet)	2,04 ± 0,017	b

Berdasarkan hasil uji lanjut LSD pada taraf 5%, perlakuan P2 (2,00ab) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan perlakuan P1 (1,96a) maupun perlakuan P3 (2,04b). Perbedaan-perbedaan ini menunjukkan bahwa perlakuan tersebut menyebabkan ayam petelur memberikan respons yang berbeda dalam hal efisiensi pemanfaatan pakan.

Salah satu ukuran efisiensi pemanfaatan pakan untuk produksi telur secara massal adalah *Feed Conversion Ratio* (FCR). Nilai FCR yang lebih rendah mengindikasikan bahwa pakan dimanfaatkan secara lebih efisien. Oleh karena itu, perbedaan FCR antar perlakuan menunjukkan adanya perbedaan kemampuan ayam dalam mengonversi pakan menjadi produksi telur. temuan studi setara studi Bovera et al. (2014) yang menyatakan bahwa nilai FCR dipengaruhi oleh konsumsi pakan dan produktivitas ayam petelur. Ayam yang mampu mempertahankan produksi telur tinggi dengan konsumsi pakan yang efisien akan menghasilkan nilai FCR yang lebih rendah. Selain itu, Leeson dan Summers (2005) menjelaskan bahwa FCR merupakan salah satu indikator utama efisiensi produksi pada ayam petelur, di mana semakin rendah nilai FCR menunjukkan semakin baik kemampuan ayam dalam mengubah pakan menjadi massa telur.

. Pada studi ini, meskipun seluruh ayam dipelihara dalam sistem kandang *semi closed*

house, perbedaan nilai FCR antarperlakuan menunjukkan bahwa kondisi iklim pada masing-masing zona kandang diduga masih memberikan pengaruh terhadap efisiensi pemanfaatan pakan. Nilai FCR yang diperoleh pada penelitian ini berkisar antara 1,96–2,04, yang masih berada dalam kisaran normal untuk ayam petelur komersial fase produksi, sehingga menunjukkan bahwa performa ayam secara umum masih tergolong baik.

Hubungan Kondisi Mikroklimat dengan Performa Ayam Petelur

Kondisi iklim kandang memiliki peranan penting dalam menentukan tingkat kenyamanan dan performa produksi ayam petelur. Suhu, kelembapan, dan kecepatan angin yang berada pada kisaran optimal akan mendukung aktivitas fisiologis, konsumsi pakan, serta produktivitas ayam.

Pada penelitian ini, suhu kandang berkisar antara 23,50–24,13°C, kelembapan relatif berkisar antara 74,30–76,30%, dan kecepatan angin berkisar antara 1,79–2,18 m/detik. Setiawati dkk (2014) menyatakan suhu kandang yang ideal untuk ayam petelur berkisar antara 18–28°C. Dengan demikian, kondisi lingkungan selama penelitian masih berada dalam zona termoneutral sehingga ayam tidak mengalami cekaman panas yang dapat menurunkan performa produksinya.

Meskipun terdapat perbedaan kondisi iklim antar zona dalam kandang, suhu, kelembapan, dan kecepatan angin yang terukur masih berada pada kisaran yang dapat ditoleransi oleh ayam petelur. Kondisi tersebut menyebabkan ayam mampu mempertahankan homeostasis tubuh sehingga performa produksi tidak mengalami perbedaan yang nyata.

Keberadaan sistem *semi closed house* dengan ventilasi mekanis terbukti mampu menjaga kestabilan lingkungan kandang. Sistem ini memungkinkan terjadinya sirkulasi udara yang baik sehingga panas dan kelembapan di dalam kandang dapat dikendalikan. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa perbedaan zona dalam kandang pada sistem *semi closed house* belum memberikan pengaruh yang nyata terhadap performa ayam petelur karena kondisi iklim pada seluruh zona masih berada dalam kisaran nyaman bagi ayam petelur fase produksi.

KESIMPULAN

Pada sistem kandang semi-tertutup, variasi zona kandang tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap *hen-day production* (HDP) ($P > 0,05$). Namun, variasi tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap massa telur dan rasio konversi pakan (FCR) ($P < 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa meskipun perbedaan kondisi iklim antar zona belum mampu memengaruhi tingkat produksi telur harian, kondisi tersebut masih memengaruhi massa telur yang dihasilkan serta efisiensi penggunaan pakan oleh ayam petelur. Sistem kandang *semi closed house* yang diterapkan pada penelitian ini mampu mempertahankan kondisi lingkungan kandang dalam kisaran zona nyaman (*thermoneutral zone*) bagi ayam petelur sehingga ayam tetap mampu mempertahankan fungsi fisiologis dan performa produksinya secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus. Badan Pusat Statistika, 2024. Populasi Ayam Ras Petelur Menurut Provinsi(Ekor).<https://www.bps.go.id/assets/statistics-table/2/NDc3IzI=/populasi-ayam-ras-petelur-menurut-provinsi.html>. (Diakses Pada 25 Februari 2024).
- Atma, A.A., Kurnia, D. Al, 2021. Penggunaan Tepung Daun Indigofera Sp dalam Pakan terhadap Penampilan Produksi, Kualitas Telur dan Lemak Darah Ayam Petelur. Jurnal Rekasatwa Peternakan 3, 8–16.
- Basmacıoğlu, Hatice, Mustafa Ergül, H. D. Karsten, P. H. Patterson, R. Stout, G. Crews and Laura E., 2020. "Poultry Science. Effects of Organic Farming on Egg Quality and Welfare of Laying Hens". Bologna University, Bologna
- Bovera, F., Iannaccone, F., Piccolo, G., Meo, C.D., Russo, F., Piscitelli, D., Attia, Y.A., Hassan, S.A. and Nizza, A., 2014 Effect of Group Size on Performance and Egg Quality of Laying Hens During 20 to 36 Weeks of Age, Italian Journal of Animal Science, 13:1, 3148, <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.4081/ijas.2014.3148>
- Czarick, M. and Fairchild, B. 2008. Heat stress management in poultry flocks. University of Georgia Cooperative Extension, Athens, Georgia..

- Rasyaf, M. 2003. *Beternak Ayam Ras Petelur*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Yani, A. 2014. *Pemodelan pindah panas pada budidaya ayam broiler menggunakan system tertutup di daerah beriklim tropical basah*. Disertasi. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Killic, I. and E. Simsek. 2013. *The effect of heat stress on egg production and quality of laying hens*. *Journal of Animal Veterinary Advances*. 12(1):42-47
- Karaman, S., A. Sekeroglu, and M. Duman. 2013. "Physical Characteristics and Performance of Laying Hens Caged in Different Tiers and Environmental Parameters of Each Tier." *Transactions of the ASABE*. 56(1): 321-328. <https://doi.org/10.13031/2013.42588>
- Setiawati, T., Afnan, R. dan Ulupi, N., 2016. *Performa Produksi Dan Kualitas Telur Pada Sistem Litter Dan Cage Dengan Suhu Kandang Berbeda*. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*, 4(1), 197-203
- Sharma, M. K., McDaniel, C. D., Kiess, A. S., Loar II, R. E., and Adhikari, P. 2022. *Effect of Housing Environment and Hen Strain on Egg Production and Egg Quality as Well as Cloacal and Eggshell Microbiology in Laying Hens*. *Poultry Science*, 101(2), 101595. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101595>
- Samiullah, S., Omar, A.S, [Roberts](#), J. and Chousalkar, K. 2017. *Effect Of Production System And Flock Age On Eggshell And Egg Internal Quality Measurements*, *Poultry Science* 96(1), 246-258, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119312696?via%3Dihub>
- Wu, G., Bryant, M.M., Voitle, R.A., and Roland, D.A. 2007. *Effect of Nutrient Density on Performance, Egg Components, Egg Solids, Egg Quality, and Profits In Eight Commercial Leghorn Strains During Phase One*. *Poultry Science*, 86(4), 714-722
- Leeson, S., and Summers, J. D. 2009. *Commercial Poultry Nutrition* (3rd ed). University of Guelph, Ontario.