

Analisis Pengaruh Suhu dan Durasi Penyimpanan terhadap Indeks Yolk dan Albumen Telur

Analysis of the Effects of Storage Temperature and Duration on Egg Yolk and Albumen Indices

Muhammad Rifqi Ismiraj^{1*}, Lia Apriliyani¹, Dani Garnida², Asri Wulansari¹

¹Program Studi Peternakan PSDKU Pangandaran, Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran, Indonesia

²Departemen Produksi Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia

Abstrak

Kualitas internal telur mengalami penurunan seiring waktu, dipengaruhi oleh suhu dan lama penyimpanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai suhu dan durasi penyimpanan terhadap indeks kuning telur (IKT) dan indeks putih telur (IPT) pada telur ayam petelur strain ISA Brown. Sebanyak 240 butir telur dari ayam petelur berumur 20 minggu disimpan dalam dua kondisi suhu: suhu ruang (25–30 °C) dan suhu refrigerator (7 °C) dengan durasi penyimpanan yang bervariasi. Penyimpanan pada suhu ruang dilakukan selama 1, 5, 10, dan 15 hari, sedangkan penyimpanan dalam refrigerator dilakukan selama 1, 15, 30, dan 45 hari. IKT dan IPT diukur menggunakan prosedur standar, dan data dianalisis menggunakan ANOVA, uji lanjut Duncan, ukuran efek (partial eta-squared), regresi (dengan waktu sebagai prediktor kontinyu), MANOVA, dan analisis korelasi. Perlakuan berpengaruh signifikan terhadap IKT dan IPT ($p < 0.05$). Analisis ANOVA satu arah menunjukkan nilai partial eta-squared (η^2) sebesar 0,888 untuk IKT dan 0,971 untuk IPT, yang menunjukkan bahwa perlakuan menjelaskan sebagian besar variasi yang terjadi. Analisis regresi menunjukkan bahwa penurunan IKT terjadi lebih cepat pada penyimpanan suhu ruang (slope $\approx -0,0102/\text{hari}$) dibandingkan dengan penyimpanan di refrigerator (slope $\approx -0,0020/\text{hari}$). MANOVA menunjukkan adanya pengaruh utama dan interaksi yang signifikan antara suhu dan durasi penyimpanan terhadap kedua indeks telur. Analisis korelasi menunjukkan hubungan positif yang sangat kuat ($r \approx 0,986$) antara IKT dan IPT di semua perlakuan. Suhu dan lama penyimpanan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas telur, di mana penyimpanan dalam refrigerator secara signifikan memperlambat penurunan kualitas kuning dan putih telur. Hasil penelitian ini mendukung rekomendasi penyimpanan telur dalam kondisi dingin untuk mempertahankan kualitas telur dalam jangka waktu yang lebih lama, setidaknya 45 hari berdasarkan penelitian ini.

Kata Kunci: Kualitas Telur, Indeks Kuning Telur, Indeks Putih Telur, Suhu Penyimpanan, Lama Penyimpanan, ISA Brown, MANOVA, Regresi, Partial Eta-Squared.

Abstract

Egg internal quality deteriorates over time, influenced by storage temperature and duration. This study aimed to determine the effects of different storage temperatures and durations on yolk index (YI) and albumen (white) index (AI) of ISA Brown layer eggs. A total of 240 eggs (20-week-old ISA Brown hens) were stored under two temperature conditions: room temperature (25–30 °C) and refrigerator temperature (7 °C) for varying durations. Room-temperature storage included 1, 5, 10, and 15 days, whereas refrigerated storage included 1, 15, 30, and 45 days. YI and AI were measured using standard procedures, and data were analyzed via ANOVA, Duncan's post-hoc test, effect size (partial eta-squared), regression (time as a continuous predictor), MANOVA, and correlation analyses. Treatments significantly influenced YI and AI ($p < 0.05$). One-way ANOVA revealed partial eta-squared (η^2) values of 0.888 and 0.971 for YI and AI, respectively, indicating that treatments explained the majority of variance. Regression analysis suggested that YI declined over time more steeply at room temperature (slope $\approx -0.0102/\text{day}$) than under refrigeration (slope $\approx -0.0020/\text{day}$). MANOVA showed significant main and interaction effects of temperature and duration on both YI and AI. Correlation analysis indicated a very strong positive association ($r \approx 0.986$) between YI and AI across treatments. Storage temperature and duration substantially affect egg quality. Refrigeration significantly slows the deterioration of both yolk and albumen indices. These findings support the recommendation of cold storage for maximizing egg quality over extended periods.

Keywords: Egg Quality, Yolk Index, Albumen Index, Storage Temperature, Storage Duration, ISA Brown, MANOVA, Regression, Partial Eta-Squared.

PENDAHULUAN

Telur merupakan salah satu produk unggas yang paling bernilai karena kandungan gizinya tinggi dan harganya relatif terjangkau. Namun, kualitas telur, yang meliputi

aspek nilai gizi, keamanan, dan sifat fungsional, dapat berubah secara signifikan akibat berbagai faktor, terutama kondisi dan durasi penyimpanan (Rho & Cho, 2024; Ulbad & André, 2024). Penurunan mutu internal telur selama penyimpanan tidak hanya merugikan konsumen,

Artikel diterima pada 20 Desember 2023

Artikel direvisi pada 8 Januari 2024

Artikel disetujui untuk publikasi pada 18 Januari 2024

Dipublikasikan oleh Program Studi Peternakan, PSDKU Pangandaran,
Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran

*Penulis Korespondensi: m.rifqi.ismiraj@unpad.ac.id

ISSN 2774-5805

Doi: <https://doi.org/10.24198/jsdh.v5i1.61158>

tetapi juga memengaruhi industri perunggasan dalam hal penerimaan pasar dan efektivitas rantai distribusi. Oleh karena itu, pemahaman yang komprehensif mengenai dinamika penurunan kualitas telur sangat diperlukan untuk merumuskan strategi penanganan dan penyimpanan yang optimal.

Beberapa penelitian melaporkan bahwa suhu dan waktu penyimpanan merupakan dua faktor utama yang memengaruhi laju kerusakan fisik dan kimia di dalam telur (Malfatti et al., 2021; Oliveira-Boreli et al., 2022; Rodriguez-Hernandez et al., 2024). Suhu tinggi, terutama kisaran 25–34 °C (suhu ruang rata-rata di daerah tropis), mempercepat penurunan Indeks Putih Telur (IPT) dan Indeks Kuning Telur (IKT), yang kerap digunakan sebagai parameter kesegaran dan kualitas internal (Hejdysz et al., 2024; Malfatti et al., 2021; Rho & Cho, 2024). Sementara itu, penyimpanan di suhu rendah ($\approx$ 4–10 °C) terbukti memperlambat laju penurunan kualitas, sehingga umur simpan telur menjadi lebih lama (Enssle et al., 2019; Kodani et al., 2022; Shrinivasan et al., 2024). Penelitian terbaru bahkan menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu rendah dapat menjaga konsistensi albumen dan menekan peningkatan pH, serta mempertahankan kekokohan struktur kuning telur (Carvalho et al., 2023). Dengan demikian, rekomendasi untuk menyimpan telur pada suhu dingin telah banyak diusulkan guna menghambat degradasi internal dan menjaga nilai komersial.

Dari sisi industri, upaya peningkatan efisiensi pengecekan kualitas telur memunculkan beragam teknologi penilaian non-destruktif, misalnya pemanfaatan pencitraan digital, spektroskopi near-infrared, hingga pemodelan berbasis kecerdasan buatan (Oliveira-Boreli et al., 2022; Rho & Cho, 2024; Shrinivasan et al., 2024). Meski demikian, pengukuran konvensional seperti penentuan IKT dan IPT tetap dipandang relevan, terutama karena dapat memberikan data fisik yang mudah diterjemahkan secara langsung dalam konteks kualitas internal (Malfatti et al., 2021; Rho & Cho, 2024). Selain itu, faktor genetik dan nutrisi pakan juga berperan dalam menentukan kandungan nutrisi serta ketahanan fisik telur, walaupun variabel lingkungan seperti suhu dan durasi penyimpanan kerap dianggap paling menonjol dalam memengaruhi karakteristik albumen dan kuning telur (Hejdysz et al., 2024; Kodani et al., 2022; Ulbad & André, 2024).

Beberapa studi sebelumnya menyoroti pentingnya memadukan hasil pengamatan laboratorium dengan analisis statistik yang komprehensif, seperti analisis varians (ANOVA), analisis regresi, hingga pemodelan multivariat (Enssle et al., 2019; Malfatti et al., 2021). Pendekatan ini memungkinkan peneliti dan pelaku industri mendeteksi interaksi faktor lingkungan dengan faktor biologis secara lebih baik. Selain itu, pemanfaatan analisis korelasi antara IKT dan IPT dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai penurunan mutu internal secara simultan (Malfatti et al., 2021). Di samping penanganan suhu, penggunaan kemasan yang sesuai juga dapat berkontribusi menekan laju kerusakan,

meskipun efeknya sering kali tidak sebesar pengaruh pendinginan (Enssle et al., 2019; Rodriguez-Hernandez et al., 2024).

Berbagai kajian terdahulu telah menegaskan bahwa penyimpanan telur pada suhu ruang tropis selama lebih dari 10–15 hari dapat mempercepat laju penurunan kualitas, terutama pada parameter IKT dan IPT (Enssle et al., 2019; Ulbad & André, 2024). Namun, sebagian penelitian lebih banyak berfokus pada telur ayam ras di luar negeri ataupun telur jenis unggas lain, seperti puyuh, dengan kondisi iklim yang berbeda (Hejdysz et al., 2024; Kaya et al., 2024; Rho & Cho, 2024). Oleh sebab itu, masih diperlukan pengujian lebih lanjut mengenai pengaruh penyimpanan suhu ruang dan kulkas (refrigerator) pada telur ayam ras di wilayah tropis, khususnya dengan memadukan analisis regresi, MANOVA, dan korelasi untuk memeriksa secara detail laju penurunan kualitas internal telur.

Bertolak dari permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk (i) mengevaluasi efek suhu dan lama penyimpanan terhadap Indeks Kuning Telur (IKT/IKT) dan Indeks Putih Telur (IPT/IPT) pada telur ayam ras, (ii) menganalisis laju penurunan kedua indeks tersebut dengan menggunakan pendekatan regresi linear, (iii) menilai efek simultan suhu dan lama simpan melalui analisis multivariat, serta (iv) menguji keterkaitan antara IKT dan IPT secara kuantitatif. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan landasan ilmiah bagi industri perunggasan dan konsumen untuk menerapkan metode penyimpanan yang tepat serta memahami urgensi penanganan telur pada suhu rendah demi menjaga kesegaran dan kualitas internalnya.

METODOLOGI

Sampel Telur dan Peralatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan 240 butir telur ayam ras (strain ISA Brown) yang berumur 20 minggu (fase produksi pertama). Telur diperoleh dari sebuah peternakan ayam petelur komersial di Desa Selasari, Kecamatan Parigi, Kabupaten Pangandaran. Sebelum penyimpanan, setiap butir telur dibersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain kering secara hati-hati agar lapisan kutikula pada kerabang tidak rusak. Objek utama yang diamati adalah Indeks Kuning Telur (IKT) dan Indeks Putih Telur (IPT), yang masing-masing diperoleh dengan mengukur tinggi serta diameter kuning telur dan putih telur tebal.

Dalam penelitian ini, alat-alat yang digunakan mencakup jangka sorong (vernier caliper) untuk mengukur tinggi dan diameter kuning serta putih telur, kaca bidang datar sebagai tempat meletakkan telur yang dipecahkan, kulkas bersuhu ± 7 °C, dan termometer guna memantau suhu baik di dalam kulkas maupun suhu ruang (± 25 –30 °C). Selain itu, disediakan pula egg tray untuk menyimpan telur selama perlakuan, baki dan spatula plastik untuk membantu penanganan sampel, kain lap kering untuk pembersihan telur, serta alat tulis dan laptop yang

digunakan untuk mencatat dan menganalisis data. Sementara itu, bahan yang dipakai mencakup 240 butir telur ayam ras (ISA Brown) sebagaimana telah disebutkan di atas.

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian menerapkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) secara faktorial yang memadukan dua faktor, yaitu suhu dan lama penyimpanan. Faktor suhu terdiri atas dua level, yaitu penyimpanan pada suhu ruang (25–30 °C) dan penyimpanan dalam kulkas (7 °C). Faktor lama penyimpanan memiliki empat level untuk masing-masing suhu. Pada suhu ruang, telur disimpan selama 1, 5, 10, dan 15 hari, sedangkan pada suhu kulkas, telur disimpan selama 1, 15, 30, dan 45 hari. Perbedaan masa penyimpanan ini mempertimbangkan aspek keamanan karena penyimpanan telur konsumsi di suhu ruangan selama 15 hari sudah dinyatakan tidak dapat dikonsumsi akibat kontaminasi mikroorganisme yang terlampaui tinggi (Akter et al., 2014; Altunatmaz et al., 2020; Tabidi, 2011). Dengan demikian terdapat delapan kombinasi perlakuan (2 suhu × 4 lama penyimpanan) yang masing-masing diulang tiga kali, sehingga total 24 satuan percobaan. Setiap ulangan menggunakan 10 butir telur, menghasilkan total 240 butir telur sesuai dengan jumlah sampel penelitian.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan membersihkan telur menggunakan kain kering hingga kotoran yang menempel hilang. Setelah itu, telur disusun di atas egg tray dan disimpan sesuai suhu dan durasi yang telah ditentukan. Pada akhir masa penyimpanan masing-masing perlakuan, telur diambil lalu dipecahkan di atas kaca bidang datar. Pengukuran dilakukan dengan menilai tinggi dan diameter kuning telur, kemudian tinggi dan diameter putih telur tebal, menggunakan jangka sorong. Indeks Kuning Telur (IKT) dihitung dengan membagi tinggi kuning telur oleh diameternya, sedangkan Indeks Putih Telur (IPT) dihitung dengan membagi tinggi putih telur tebal oleh diameternya. Data IKT dan IPT yang

diperoleh selanjutnya dikumpulkan untuk dianalisis sesuai rancangan yang telah ditetapkan.

Analisis Statistik

Analisis statistik melibatkan beberapa tahapan. Pertama, dilakukan ANOVA faktorial guna menilai pengaruh suhu, lama penyimpanan, serta interaksinya terhadap IKT dan IPT. Bila diperoleh perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$), uji lanjutan Duncan's Multiple Range Test (DMRT) diterapkan untuk membandingkan rerata antarkelompok perlakuan. Sebagai tambahan, partial eta-squared (η^2) dihitung dari hasil ANOVA guna menilai besarnya efek perlakuan terhadap keragaman data. Selanjutnya, analisis regresi linear dilakukan dengan memandang lama penyimpanan (hari) sebagai peubah kontinyu, terpisah untuk suhu ruang dan suhu kulkas, dengan tujuan memeriksa perubahan IKT dan IPT secara lebih mendalam dari waktu ke waktu. Selain itu, dilakukan pula MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) untuk meninjau kedua variabel (IKT dan IPT) secara simultan dan menilai signifikansi melalui Wilks' Lambda maupun Pillai's Trace. Korelasi Pearson kemudian dihitung untuk menilai sejauh mana IKT dan IPT saling berhubungan dalam setiap perlakuan. Seluruh pengolahan dan analisis data dilakukan menggunakan R Package versi 4.4.0 dan taraf signifikansi ditetapkan pada $p < 0,05$ kecuali dinyatakan lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa indeks kuning telur (IKT) dan indeks putih telur (IPT) mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya lama penyimpanan, baik pada suhu ruang (25–30 °C) maupun suhu kulkas (7 °C). Namun, laju penurunan tersebut secara konsisten lebih lambat pada suhu kulkas dibandingkan suhu ruang. Hal ini tercermin dari hasil analisis varians (ANOVA) yang menunjukkan bahwa kedua faktor utama (suhu dan lama penyimpanan) serta interaksi di antara keduanya berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap IKT dan IPT.

Tabel 1. Hasil perhitungan size effect dengan menggunakan partial eta-squared (η^2).

Parameter	JKP ^a	JKG ^b	JKT ^c	η^2
Indeks Kuning Telur	0.05663	0.00714	0.06377	0,888
Indeks Putih Telur	0.01816	0.00054	0.01870	0,971

Keterangan: 1JKP: Jumlah kuadrat perlakuan

2JKG: Jumlah kuadrat galat

3JKT: Jumlah kuadrat total

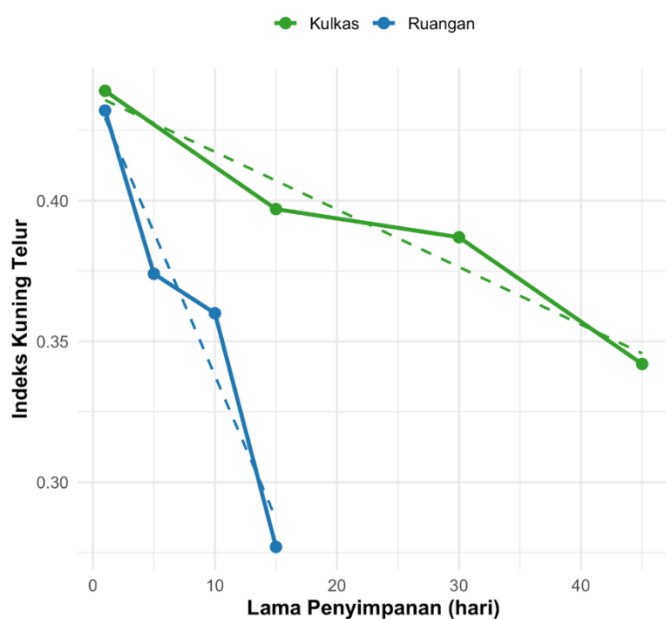
Pada pengamatan Indeks Kuning Telur, nilai rata-rata yang disimpan pada suhu ruang cenderung menurun lebih cepat dibandingkan dengan telur yang disimpan di dalam kulkas. Tabel 2 menggambarkan bahwa penyimpanan selama 1 hari di suhu ruang masih menunjukkan IKT relatif tinggi (0,432), setara secara statistik dengan nilai IKT pada penyimpanan 1 hari di suhu kulkas (0,439). Akan tetapi, perbedaan kedua kondisi penyimpanan kian nyata setelah lebih dari 15 hari, di mana penyimpanan di

suhu ruang menunjukkan IKT yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan penyimpanan di suhu kulkas. Faktor suhu dan lama penyimpanan beserta interaksinya terbukti signifikan terhadap penurunan IKT ($p < 0,05$). Analisis lanjutan menggunakan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT) mendukung temuan ini dengan menunjukkan bahwa kelompok perlakuan yang disimpan di suhu ruang memiliki tingkat penurunan IKT yang lebih cepat.

Tabel 2. Model regresi linier dari kelompok telur yang disimpan dalam kelompok suhu berbeda dengan waktu (hari) sebagai variabel kontinyu.

Kelompok Suhu	Model Linier	R2	Prediksi penurunan nilai parameter per hari	
			IKT	IPT
Ruangan (25–30 °C)	$\hat{Y}=0.4396 - 0.0102 \times \text{hari}$	0,934	0,0102	0,004
Kulkas (7 °C)	$\hat{Y}=0.4379 - 0.0020 \times \text{hari}$	0,950	0,0020	0,001

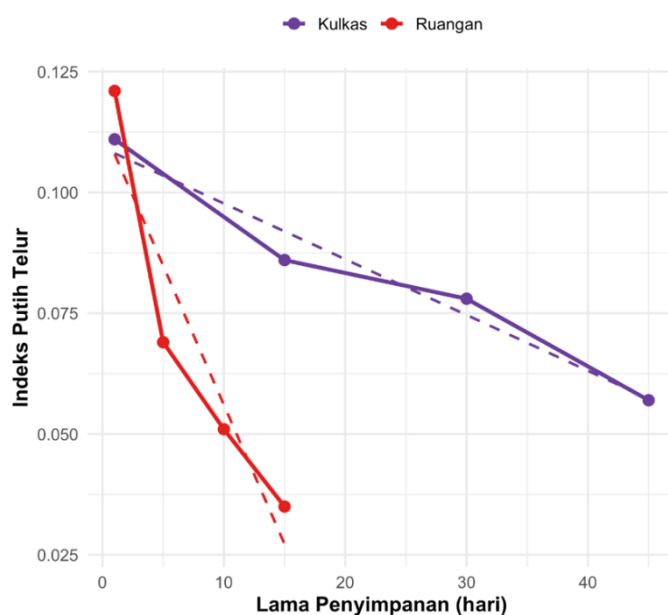
Besarnya pengaruh perlakuan terhadap IKT juga dibuktikan melalui nilai partial eta-squared (η^2) sebesar 0,888, yang menunjukkan bahwa sekitar 88,8% keragaman data pada Indeks Kuning Telur dapat dijelaskan oleh perbedaan suhu dan lama penyimpanan. Untuk menggambarkan kecepatan penurunan IKT secara kuantitatif, analisis regresi linear dengan waktu (hari) sebagai peubah kontinyu turut dilakukan. Hasilnya menunjukkan bahwa laju penurunan IKT di suhu ruang (25–30 °C) mencapai 0,0102 per hari, sedangkan di suhu kulkas (7 °C) laju penurunannya hanya sekitar 0,0020 per hari. Dengan kata lain, penurunan mutu kuning telur berlangsung sekitar lima kali lebih cepat apabila telur disimpan pada suhu ruang dibandingkan suhu kulkas.



Gambar 1. Degradasi (regresi linier: slope ≈ -0.0102) indeks kuning telur yang disimpan pada suhu kulkas dan suhu ruangan pada durasi waktu (hari).

Perilaku yang sama diamati pada Indeks Putih Telur (IPT). Hasil ANOVA juga memperlihatkan efek suhu dan lama penyimpanan yang signifikan ($p < 0,05$), dengan penurunan IPT yang lebih tajam pada suhu ruang dibandingkan dengan di suhu kulkas. Nilai IPT awal (penyimpanan 1 hari) untuk telur yang disimpan di suhu ruang berkisar antara 0,113 hingga 0,130, namun turun drastis hingga di bawah 0,040 setelah 15 hari. Sementara itu, telur yang disimpan di suhu kulkas masih dapat mempertahankan IPT di atas 0,050 hingga 45 hari penyimpanan. Perbedaan ini mencerminkan pentingnya suhu dingin dalam menjaga ketebalan albumen. Pengujian DMRT menegaskan bahwa setiap perbedaan

yang terjadi bersifat nyata secara statistik, dan nilai partial eta-squared pada IPT mencapai 0,971, menandakan hampir seluruh variabilitas data IPT (97,1%) dikendalikan oleh perlakuan penyimpanan. Analisis regresi linear pun mendukung temuan ini, di mana kecepatan penurunan IPT di suhu ruang mencapai sekitar 0,004 per hari, sedangkan di suhu kulkas hanya 0,001 per hari.



Gambar 2. Degradasi (regresi linier: slope ≈ -0.0102) indeks putih telur yang disimpan pada suhu kulkas dan suhu ruangan pada durasi waktu (hari).

Ketika kedua parameter (IKT dan IPT) dianalisis secara bersamaan melalui MANOVA, pengaruh suhu dan lama penyimpanan beserta interaksinya juga terbukti signifikan ($p < 0,05$). *Wilks' Lambda* maupun *Pillai's Trace* mengindikasikan bahwa perlakuan mampu menjelaskan sebagian besar variabilitas multivariat dari kedua indeks tersebut. Selain itu, uji korelasi Pearson antara rerata IKT dan setiap kombinasi perlakuan menunjukkan nilai r mendekati 0,986 ($p < 0,001$), menandakan korelasi positif yang sangat kuat. Dengan kata lain, ketika IKT cenderung menurun, IPT juga menurun secara paralel, yang memperlihatkan keterkaitan fisiologis atau sifat fisik yang serupa dalam proses degradasi kuning dan putih telur saat penyimpanan.

Tabel 3. Korelasi Pearson antara indeks kuning telur (IKT) dengan indeks putih telur (IPT) berdasarkan data yang diamati (** menunjukkan korelasi signifikan pada $p < 0.01$).

	IKT	IPT
IKT	1.000	0.986**
IPT	0.986**	1.000

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suhu penyimpanan dan durasi penyimpanan memiliki pengaruh signifikan terhadap Indeks Kuning Telur (IKT) dan Indeks Putih Telur (IPT). Penurunan kedua indeks tersebut lebih cepat pada suhu ruang (25–30 °C) dibandingkan dengan penyimpanan dalam refrigerator (7 °C). Temuan ini konsisten dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menegaskan bahwa suhu dan waktu penyimpanan merupakan faktor utama yang memengaruhi kualitas internal telur (Meijerhof, 1994; Noiva et al., 2014; Tainika et al., 2024).

Pada suhu ruang, penurunan IKT dan IPT terjadi lebih cepat, yang dapat dijelaskan oleh percepatan proses metabolisme dan transfer kelembapan di dalam telur pada suhu yang lebih tinggi (Noiva et al., 2014). Hal ini sejalan dengan temuan Meijerhof (1994) yang menunjukkan bahwa suhu rendah memperlambat proses metabolik dan transfer kelembapan, sehingga menjaga viabilitas embrio dan kualitas internal telur lebih baik. Selain itu, penelitian oleh Carvalho et al. (2023) dan Yildirim & Yetisir (2004) juga menemukan bahwa penyimpanan pada suhu tinggi meningkatkan tingkat kematian embrio dan malformasi, yang secara langsung mempengaruhi penurunan IKT dan IPT.

Refrigerasi terbukti efektif dalam memperlambat penurunan IKT dan IPT, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Souza et al. (2021) dan Kaya et al. (2024). Suhu rendah dalam refrigerator menghambat degradasi fisik dan kimia di dalam telur, menjaga ketebalan albumen dan kestabilan struktur kuning telur lebih baik dibandingkan penyimpanan pada suhu ruang. Selain itu, penelitian oleh Meijerhof (1994) menegaskan bahwa perlakuan penyimpanan yang tepat, termasuk penggunaan suhu rendah, dapat menjelaskan sebagian besar variabilitas dalam IKT dan IPT, yang ditunjukkan oleh nilai partial eta-squared yang tinggi.

Analisis regresi linear dalam penelitian ini menunjukkan bahwa laju penurunan IKT dan IPT sekitar lima kali lebih cepat pada suhu ruang dibandingkan dengan refrigerator. Temuan ini sejalan dengan studi oleh Nasri et al. (2020) yang menunjukkan bahwa suhu tinggi selama penyimpanan meningkatkan laju penurunan kualitas internal telur. Selain itu, penelitian oleh da Cruz Ferreira Júnior et al. (2022) juga menemukan bahwa suhu penyimpanan yang lebih rendah dapat mempertahankan kualitas telur lebih lama, meskipun pengaruhnya tidak sebesar pendinginan.

MANOVA yang dilakukan menunjukkan bahwa kedua indeks, IKT dan IPT, mengalami penurunan secara simultan ketika telur disimpan lebih lama atau pada suhu

yang lebih tinggi. Ini mendukung temuan sebelumnya bahwa kedua indeks tersebut saling berkorelasi tinggi, seperti yang ditunjukkan oleh korelasi Pearson yang mendekati sempurna ($r \approx 0.986$). Studi oleh Oliveira-Boreli et al. (2022) juga menunjukkan bahwa bentuk telur yang lebih bulat memiliki kualitas internal yang lebih baik, yang mungkin terkait dengan kestabilan IKT dan IPT yang lebih tinggi.

Selain itu, penelitian oleh Kruenti et al. (2022) dan Al Amaz et al. (2024) menunjukkan bahwa manipulasi suhu selama periode penyimpanan atau inkubasi dapat mempengaruhi kualitas telur dan hasil penetasan secara signifikan. Meskipun penelitian ini tidak secara langsung membahas IKT dan IPT, dampak suhu terhadap perkembangan embrio dan kualitas telur secara keseluruhan dapat diinterpretasikan sebagai faktor yang juga mempengaruhi IKT dan IPT.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan pentingnya pengendalian suhu dalam penyimpanan telur untuk mempertahankan kualitas internal, khususnya IKT dan IPT. Penyimpanan pada suhu rendah dalam refrigerator terbukti efektif dalam memperlambat penurunan kualitas, yang sejalan dengan rekomendasi berbagai studi yang menekankan pentingnya suhu dingin dalam menjaga kesegaran dan kualitas telur (Meijerhof, 1994; Noiva et al., 2014; Souza et al., 2021).

Namun, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, hanya dua tingkat suhu yang diuji, sehingga pengaruh suhu di luar rentang ini belum dieksplorasi. Kedua, penelitian ini tidak mempertimbangkan faktor tambahan seperti kelembapan atau kualitas kemasan, yang juga dapat mempengaruhi kualitas telur selama penyimpanan (Carvalho et al., 2023; Souza et al., 2021). Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi kombinasi faktor-faktor tersebut serta menguji pengaruh suhu dan durasi penyimpanan pada varietas ayam ras lainnya untuk memperoleh generalisasi yang lebih luas.

Selain itu, penggunaan metode non-destruktif seperti analisis citra dan teknologi pembelajaran mesin (machine learning) dapat diintegrasikan dalam penelitian mendatang untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam penilaian kualitas telur (Oliveira-Boreli et al., 2022; Shrinivasan et al., 2024). Pendekatan ini dapat memberikan solusi yang lebih praktis bagi industri perunggasan dalam memonitor kualitas telur secara real-time tanpa merusak sampel.

Dalam konteks industri perunggasan di wilayah tropis, hasil penelitian ini memberikan wawasan penting bahwa penerapan suhu penyimpanan yang optimal adalah kunci untuk mempertahankan kualitas telur, khususnya dalam jangka panjang. Strategi penyimpanan yang melibatkan pendinginan harus menjadi prioritas bagi produsen dan distributor telur untuk memastikan bahwa produk yang sampai ke konsumen tetap berkualitas tinggi dan memenuhi standar yang diharapkan.

KESIMPULAN

Penelitian ini secara tegas menunjukkan bahwa durasi dan suhu penyimpanan telur memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas internal telur, khususnya indeks kuning telur (IKT) dan indeks putih telur (IPT). Telur yang disimpan pada suhu ruang (25–30 °C) mengalami penurunan IKT dan IPT lima kali lebih cepat dibandingkan dengan telur yang disimpan dalam kondisi pendinginan (7 °C), menyoroti pentingnya pengendalian suhu dalam praktik penyimpanan telur. Hasil MANOVA menguatkan bahwa IKT dan IPT menurun secara bersamaan seiring meningkatnya durasi dan suhu penyimpanan, meskipun pengemasan memberikan perlindungan tertentu, pendinginan tetap metode paling efektif untuk menjaga kualitas telur.

DAFTAR PUSTAKA

- Akter, Y., Kasim, A., Omar, H., & Sazili, A. Q. (2014). Effect of storage time and temperature on the quality characteristics of chicken eggs. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 12(3–4), 87–92.
- Al Amaz, S., Shahid, M. A. H., Chaudhary, A., Jha, R., & Mishra, B. (2024). Embryonic thermal manipulation reduces hatch time, increases hatchability, thermotolerance, and liver metabolism in broiler embryos. *Poultry Science*, 103(4), 103527.
- Altunatmaz, S. S., Filiz, A., Bala, D. A., Akyazi, I., & Celik, C. (2020). Evaluation of quality parameters of chicken eggs stored at different temperatures. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 26(2).
- Carvalho, D. C. de O., Nunes, K. R. B., Gois, G. C., Moraes, E. A., Gonçalves-Gervásio, R. de C. R., Borges, M. C. R. Z., Rodrigues, R. T. de S., & Brito, C. O. (2023). Quality of Japanese quail eggs according to different storage periods and temperatures. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 45, e61040.
- da Cruz Ferreira Júnior, H., da Silva, D. L., de Carvalho, B. R., de Oliveira, H. C., Cunha Lima Muniz, J., Junior Alves, W., Eugene Pettigrew, J., Eliza Facione Guimarães, S., da Silva Viana, G., & Hannas, M. I. (2022). Broiler responses to copper levels and sources: Growth, tissue mineral content, antioxidant status and mRNA expression of genes involved in lipid and protein metabolism. *BMC Veterinary Research*, 18(1), 223. <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03286-5>
- Enssle, B. D., Morrison, S. R., McKinnon, R. A., & Brightwell, D. B. (2019). System and method for egg quality control.
- Hejdysz, M., Nowaczewski, S., Perz, K., Szablewski, T., Super-Szablewska, K., Cegielska-Radziejewska, R., Tomczyk, Ł., Przybylska-Balcerek, A., Buśko, M., Kaczmarek, S. A., & Ślósarz, P. (2024). Influence of the genotype of the hen (*Gallus gallus domesticus*) on main parameters of egg quality, chemical composition of the eggs under uniform environmental conditions. *Poultry Science*, 103(1), 103165. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103165>
- Kaya, S., Özdemir, H. H., & Erdem, B. G. (2024). Physical changes in hen eggs stored at different temperatures. *Food and Health*, 10(4), 253–261.
- Kodani, S., Msamala, D., Chigumira, R., Shumba, T., & Muzofa, P. (2022). Implications of diet and quality consistence of feed on poultry layers egg quality. *African Journal of Agricultural Research*, 18(8), 617–631.
- Kruenti, F., Hagan, J. K., Ansong, M. O., & Lampitey, V. K. (2022). The quality of white and brown chicken eggs kept under different storage length and storage temperatures. *Journal of Innovative Agriculture*, 9(2), 1–11.
- Malfatti, L. H., Zampar, A., Galvão, A. C., da Silva Robazza, W., & Boiago, M. M. (2021). Evaluating and predicting egg quality indicators through principal component analysis and artificial neural networks. *LWT*, 148, 111720. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111720>
- Meijerhof, R. (1994). Theoretical and empirical studies on temperature and moisture loss of hatching eggs during the pre-incubation period. Wageningen University and Research.
- Nasri, H., van Den Brand, H., Najjar, T., & Bouzouaia, M. (2020). Egg storage and breeder age impact on egg quality and embryo development. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(1), 257–268.
- Noiva, R. M., Menezes, A. C., & Peleteiro, M. C. (2014). Influence of temperature and humidity manipulation on chicken embryonic development. *BMC Veterinary Research*, 10, 1–10.
- Oliveira-Boreli, F. P. de, Pereira, D. F., Gonzalves, J., Silva, V. Z. da, & Naas, I. de A. (2022). Non-destructive assessment of hens' eggs quality using image analysis and machine learning. *Smart Agricultural Technology*, 4, 100161–100161. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100161>
- Rho, T.-G., & Cho, B.-K. (2024). Non-Destructive Evaluation of Physicochemical Properties for Egg Freshness: A Review. *Agriculture*, 14(11), 2049–2049. <https://doi.org/10.3390/agriculture14112049>
- Rodriguez-Hernandez, R., Rondan-Barragan, I. S., & Oviedo-Rondan, E. O. (2024). Egg Quality, Yolk Fatty Acid Profiles from Laying Hens Housed in Conventional Cage and Cage-Free Production Systems in the Andean Tropics. *Animals*, 14. <https://doi.org/10.3390/ani14010168>
- Shrinivasan, L., Verma, R., Ramaswamy, M., Goudar, V. B., & Rashmi, T. (2024). Prediction of Quality of Eggs in Poultry Farming. 202–206.
- Souza, R., Mello, J., Ferrari, F., Giampietro-Ganeco, A., Souza, P., Borba, H., & Pizzolante, C. (2021). Internal quality of commercial eggs stored under conditions that simulate storage from laying to consumption. *South African Journal of Animal Science*, 51(1).
- Tabidi, M. H. (2011). Impact of storage period and quality on composition of table egg. *Advances in Environmental Biology*, 5(5), 856–861.
- Tainika, B., Abdallah, N., Damaziak, K., Waithaka Ng'ang'a, Z., Shah, T., & Wójcik, W. (2024). Egg storage conditions and manipulations during storage: Effect on egg quality traits, embryonic development, hatchability and chick quality of broiler hatching eggs. *World's Poultry Science Journal*, 80(1), 75–107.
- Ulbad, T. P., & André, T. (2024). Factors affecting egg quality and functional properties. *International Journal of Advanced Research*. <https://doi.org/10.21474/ijar01/19366>
- Yildirim, I., & Yetisir, R. (2004). Effects of different hatcher temperatures on hatching traits of broiler embryos during the last five days of incubation. *South African Journal of Animal Science*, 34(4), 211–216.