

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Berat Telur Ayam KUB

Berdasarkan hasil penelitian rata-rata kualitas berat telur ayam KUB yang dipelihara selama penelitian disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rataan Kualitas Berat Telur Ayam KUB

Perlakuan	Bobot Telur (gram/butir)
RA (Komersil)	53,45 ^a
RB ($\lambda = 0$)	46,59 ^c
RC ($\lambda = 1$)	50,19 ^{ab}
RD ($0 \leq \lambda \leq 1$ (Kompromi))	49,19 ^b
Koefisien keragaman (%)	5,78

Keterangan : Simbol angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda adalah berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Berat telur merupakan salah satu indikator penting dalam menentukan kualitas dan produktivitas telur ayam KUB, karena berkaitan langsung dengan kecukupan nutrisi terutama energi dan protein dalam ransum (Baidi, dkk. 2025). Pengukuran berat telur pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh formulasi ransum yang disusun dengan *fuzzy linear programming* (FLP) dalam memenuhi kebutuhan nutrisi ayam sehingga tetap mampu menghasilkan telur dengan bobot optimal. Metode FLP digunakan karena mampu menyusun formulasi ransum secara lebih fleksibel berdasarkan rentang ketidakpastian kandungan nutrisi bahan pakan lokal, sehingga dapat diketahui pengaruh tingkat kecukupan nutrisi terhadap berat telur yang dihasilkan.

Berdasarkan Tabel 4, rata-rata berat telur pada masing-masing perlakuan menunjukkan bahwa perlakuan Ransum A sebesar 53,45, Ransum C sebesar 50,19, dan Ransum D sebesar 49,19 menghasilkan bobot telur yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan Ransum B sebesar 46,59. Secara umum, perlakuan

Ransum B menunjukkan nilai rata-rata terendah, sedangkan perlakuan lainnya cenderung berada pada kisaran yang lebih baik dan mendekati kontrol.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (ANOVA), perlakuan formulasi ransum memberikan pengaruh nyata terhadap berat telur ($P < 0,05$). Hasil uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) menunjukkan bahwa perlakuan Ransum B berbeda nyata ($P < 0,05$) dibandingkan dengan perlakuan Ransum A, Ransum C, dan Ransum D. Sementara itu, antara perlakuan Ransum A, Ransum C, dan Ransum D tidak menunjukkan perbedaan nyata ($P > 0,05$), yang ditandai dengan adanya huruf superskrip yang sama pada tabel. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan formulasi ransum menyebabkan perbedaan kecukupan nutrisi yang dimanfaatkan ayam selama proses pembentukan telur.

Berat telur merupakan salah satu indikator produktivitas ayam petelur yang sangat dipengaruhi oleh keseimbangan energi metabolis, protein kasar, serta kecukupan asam amino esensial terutama lisin dan metionin. Energi metabolis diperlukan sebagai sumber energi untuk sintesis komponen telur, sedangkan protein dan asam amino dimanfaatkan sebagai prekursor utama dalam pembentukan albumen dan kuning telur. Kekurangan energi akan menyebabkan protein digunakan sebagai sumber energi sehingga sintesis protein telur menjadi kurang optimal dan bobot telur menurun. Sebaliknya, apabila kebutuhan energi dan protein terpenuhi secara seimbang maka deposisi protein albumen dan kuning telur berlangsung lebih optimal sehingga menghasilkan telur dengan bobot yang lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan Macelline *et al.*, (2021) yang menyatakan bahwa keseimbangan energi dan asam amino terutama lisin dan metionin merupakan

faktor utama yang menentukan massa telur melalui peningkatan sintesis protein albumen dan deposisi nutrisi pada kuning telur.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan Ransum B menghasilkan berat telur paling rendah (46,59 g) dibandingkan perlakuan lainnya. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan kandungan pada Tabel 2. protein kasar (15,00%) dan energi metabolis (2500 kkal/kg) yang lebih rendah dibandingkan perlakuan Ransum A dan Ransum C yang masing-masing mengandung protein kasar 17,32% dan 17,00% dengan energi metabolis 2700 kkal/kg. Rendahnya kandungan protein dan energi pada perlakuan Ransum B menyebabkan sintesis albumen dan deposisi nutrisi pada kuning telur berlangsung kurang optimal sehingga bobot telur yang dihasilkan menjadi lebih rendah. Menurut Leeson and Summers (2008), peningkatan kandungan protein dan energi ransum dalam batas kebutuhan ayam petelur akan meningkatkan berat telur karena tersedia lebih banyak nutrisi yang dapat dimanfaatkan untuk pembentukan komponen telur.

Perbedaan berat telur pada penelitian ini juga dipengaruhi oleh komposisi bahan penyusun ransum. Pada Tabel 2. Perlakuan Ransum C memiliki proporsi jagung (41,76%) dan bungkil kedelai (11,71%) lebih tinggi dibandingkan Ransum B yang hanya menggunakan bungkil kedelai sebesar 3,76%. Jagung merupakan sumber energi utama dengan kandungan pati yang mudah dicerna sehingga mampu menyediakan energi selama proses pembentukan telur, sedangkan bungkil kedelai merupakan sumber protein nabati berkualitas tinggi dengan kandungan lisin yang tinggi sehingga berperan penting dalam sintesis protein albumen. Selain itu, tepung ikan yang digunakan pada seluruh perlakuan sebesar 10% menyediakan protein dengan nilai biologis tinggi serta mengandung metionin yang berperan dalam

pembentukan protein telur. Menurut Ravindran (2013), kombinasi jagung, bungkil kedelai, dan tepung ikan mampu menghasilkan keseimbangan energi dan asam amino yang lebih baik sehingga mendukung peningkatan produksi dan berat telur.

Sebaliknya, dilihat pada Tabel 2. perlakuan Ransum B mengandung dedak padi sebesar 16,95%, lebih tinggi dibandingkan Ransum C (9,33%) dan Ransum D (9,48%). Dedak padi mengandung serat kasar relatif tinggi sehingga apabila penggunaannya meningkat dapat menurunkan pencernaan nutrisi dan mengurangi efisiensi pemanfaatan energi maupun protein. Kondisi tersebut diduga menyebabkan nutrisi yang tersedia untuk sintesis komponen telur menjadi lebih sedikit sehingga berat telur menurun. Abdollahi *et al.*, (2021) melaporkan bahwa peningkatan kandungan serat kasar dalam ransum dapat menurunkan pencernaan nutrisi dan efisiensi penggunaan energi pada ayam petelur apabila tidak diimbangi dengan peningkatan kualitas bahan baku lainnya.

Berdasarkan hasil tersebut dapat dijelaskan bahwa perbedaan berat telur pada penelitian ini bukan disebabkan oleh penggunaan satu jenis bahan pakan tertentu, melainkan oleh keseimbangan nutrisi yang dihasilkan dari kombinasi berbagai bahan pakan melalui formulasi *Fuzzy Linear Programming* (FLP). Metode FLP memungkinkan penyusunan ransum berdasarkan tingkat kecukupan nutrisi sehingga kombinasi jagung, bungkil kedelai, tepung ikan, dedak padi, bungkil kelapa, pensi, dan bahan pakan lainnya mampu memenuhi kebutuhan nutrisi ayam secara lebih efisien Adrizal *et al.*, (2026). Dengan demikian, berat telur yang dihasilkan lebih mencerminkan keberhasilan metode FLP dalam mengoptimalkan keseimbangan energi, protein, dan asam amino dibandingkan pengaruh satu bahan pakan secara individual.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, Gümüş *et al.*, (2025) melaporkan bahwa berat telur ayam berada pada kisaran 52,00–54,00 g dan tidak berbeda nyata antar perlakuan ($P>0,05$). Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan hasil pada perlakuan Ransum B sebesar 46,59 g, namun relatif mendekati perlakuan Ransum A sebesar 53,45 g pada penelitian ini. Selain itu, Baidi, dkk. (2025) melaporkan bahwa ayam KUB menghasilkan telur dengan bobot berkisar antara 34,9–55,7 g. Hal itu menunjukkan seluruh hasil pada penelitian ini masih berada dalam kisaran berat telur ayam KUB yang dilaporkan sebelumnya. Perbedaan telur yang terjadi menunjukkan bahwa keseimbangan nutrisi ransum merupakan faktor penting dalam menentukan berat telur yang dihasilkan.

4.2. Indeks Putih Telur Ayam KUB

Berdasarkan hasil penelitian rata-rata kualitas indeks putih telur ayam KUB yang dipelihara selama penelitian disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rataan Kualitas Indeks Putih Telur Ayam KUB

Perlakuan	Indeks Putih Telur (mm)
RA (Komersil)	0,09 ^b
RB ($\lambda = 0$)	0,11 ^a
RC ($\lambda = 1$)	0,11 ^a
RD ($0 \leq \lambda \leq 1$ (Kompromi))	0,10 ^{ab}
Koefisien keragaman (%)	10,19

Keterangan : Simbol angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda adalah berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Indeks putih telur diukur untuk mengetahui kualitas albumen dan tingkat kesegaran telur, karena parameter ini berkaitan dengan kekentalan putih telur yang dipengaruhi oleh kualitas protein dalam ransum (Yimenu *et al.*, 2020). Pengukuran parameter ini penting untuk melihat pengaruh formulasi ransum yang disusun dengan *fuzzy linear programming* (FLP) dalam mempertahankan kualitas internal telur meskipun menggunakan bahan pakan lokal dengan kandungan nutrisi yang

tidak pasti. Melalui pendekatan FLP, formulasi ransum disusun secara fleksibel sehingga keseimbangan protein tetap dapat dipertahankan dan kualitas albumen telur tetap optimal.

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 5, nilai indeks putih telur menunjukkan adanya variasi antar perlakuan, dimana perlakuan Ransum B sebesar 0,11, Ransum C sebesar 0,11, dan Ransum D sebesar 0,10 cenderung memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan Ransum A sebesar 0,09.

Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan ransum memberikan pengaruh nyata terhadap indeks putih telur ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa komposisi ransum berpengaruh terhadap kualitas albumen telur. Berdasarkan uji lanjut DMRT, perlakuan Ransum B dan Ransum C menghasilkan nilai indeks putih telur yang lebih tinggi, perlakuan ini menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$), terutama antara perlakuan dengan kualitas ransum lebih rendah dan perlakuan dengan formulasi nutrisi lebih seimbang. Namun demikian, antara perlakuan Ransum C dan Ransum D berada pada posisi keduanya atau tidak selalu berbeda nyata ($P > 0,05$). Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa formulasi ransum yang berbeda mampu memengaruhi kualitas albumen telur melalui perbedaan keseimbangan nutrien yang tersedia selama proses pembentukan telur.

Indeks putih telur merupakan salah satu parameter kualitas internal telur yang menggambarkan kekentalan albumen. Semakin tinggi nilai indeks putih telur, semakin kental albumen yang dihasilkan sehingga menunjukkan kualitas internal telur yang semakin baik. Kekentalan albumen terutama dipengaruhi oleh kandungan protein struktural, khususnya *ovomucin*, yang berfungsi mempertahankan struktur gel albumen. Pembentukan *ovomucin* sangat dipengaruhi

oleh kecukupan protein dan asam amino esensial dalam ransum, terutama lisin dan metionin, karena kedua asam amino tersebut berperan dalam sintesis protein albumen selama proses pembentukan telur di magnum saluran reproduksi ayam. Macelline *et al.*, (2021) menyatakan bahwa keseimbangan asam amino esensial merupakan faktor penting dalam mendukung sintesis protein telur sehingga dapat mempertahankan kualitas albumen dan mutu internal telur.

Perbedaan nilai indeks putih telur pada penelitian ini berkaitan dengan keseimbangan nutrisi yang dihasilkan oleh masing-masing formulasi ransum. Pada Tabel 2. perlakuan Ransum C memiliki kandungan protein kasar sebesar 17,00% dengan energi metabolis 2700 kkal/kg, sedangkan Ransum B mengandung protein 15,00% dengan energi metabolis 2500 kkal/kg. Meskipun kandungan protein Ransum B lebih rendah, nilai indeks putih telur tetap tinggi, yang menunjukkan bahwa kualitas albumen tidak hanya dipengaruhi oleh kadar protein kasar, tetapi juga oleh keseimbangan asam amino, efisiensi pemanfaatan protein, dan proses sintesis albumen. Menurut Leeson and Summers (2008), kualitas albumen lebih dipengaruhi oleh kecukupan protein yang dapat dicerna (*digestible protein*) dan keseimbangan asam amino dibandingkan hanya oleh kadar protein kasar ransum.

Selain kandungan nutrisi, komposisi bahan penyusun ransum juga berperan dalam menentukan kualitas albumen. Bungkil kedelai dan tepung ikan merupakan sumber protein berkualitas tinggi yang menyediakan asam amino esensial, terutama lisin dan metionin, yang dibutuhkan dalam sintesis protein albumen. Kecukupan asam amino tersebut berperan penting dalam pembentukan *ovomucin* sebagai komponen utama penyusun struktur gel albumen sehingga mampu mempertahankan kekentalan putih telur. Macelline *et al.*, (2021) menjelaskan

bahwa keseimbangan asam amino esensial dalam ransum merupakan faktor penting dalam sintesis protein telur dan berpengaruh terhadap kualitas internal telur, termasuk kualitas albumen. Selain itu, suplementasi maupun peningkatan ketersediaan asam amino esensial dilaporkan mampu meningkatkan kualitas albumen melalui peningkatan sintesis protein di magnum saluran reproduksi ayam (Obianwuna *et al.*, 2022).

Jagung sebagai sumber energi utama menyediakan energi metabolis yang diperlukan selama proses sintesis protein, sedangkan dedak padi dan bungkil kelapa berperan sebagai sumber energi sekaligus serat. Penggunaan dedak padi dalam jumlah tinggi perlu memperhatikan kandungan serat dan faktor antinutrisi karena dapat menurunkan pencernaan nutrisi apabila tidak diimbangi dengan formulasi ransum yang tepat. Dedak padi diketahui memiliki kandungan serat kasar, fitat, dan senyawa antinutrisi yang dapat membatasi pemanfaatan nutrisi oleh unggas monogastrik sehingga penggunaannya harus disesuaikan dengan kebutuhan nutrisi ayam petelur (Aktor *et al.*, 2026).

Pada penelitian ini, metode *Fuzzy Linear Programming* (FLP) memungkinkan kombinasi jagung, bungkil kedelai, tepung ikan, dedak padi, bungkil kelapa, dan bahan pakan lainnya disusun sehingga kebutuhan energi metabolis, protein kasar, dan asam amino esensial tetap terpenuhi. Dengan demikian, kualitas albumen yang dihasilkan masih berada pada kisaran normal meskipun komposisi bahan pakan berbeda antarperlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan formulasi ransum tidak hanya ditentukan oleh satu jenis bahan pakan, tetapi oleh keseimbangan nutrisi yang dihasilkan dari kombinasi seluruh bahan penyusun ransum. Konsep tersebut sejalan dengan pendekatan *precision*

nutrition, yaitu penyusunan ransum berdasarkan keseimbangan nutrisi untuk mengoptimalkan performa dan kualitas telur ayam petelur (Desbruslais *et al.*, 2021).

Jika dibandingkan dengan penelitian Gümüş *et al.*, (2025), indeks putih telur yang dilaporkan berada pada kisaran 0,08–0,10. Nilai pada penelitian ini cenderung sedikit lebih tinggi, terutama pada perlakuan Ransum C sebesar 0,11. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas albumen pada penelitian ini relatif lebih baik. Selain itu, penelitian Leeson and Summers (2008) menyebutkan bahwa nilai indeks putih telur normal berkisar antara 0,08–0,12. Dengan demikian, seluruh hasil pada penelitian ini masih berada dalam kisaran normal tersebut.

4.3. Indeks Kuning Telur Ayam KUB

Berdasarkan hasil penelitian rata-rata kualitas indeks kuning telur ayam KUB yang dipelihara selama penelitian disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rataan Kualitas Indeks Kuning Telur Ayam KUB

Perlakuan	Indeks Kuning Telur (mm)
RA (Komersil)	0,45
RB ($\lambda = 0$)	0,45
RC ($\lambda = 1$)	0,45
RD ($0 \leq \lambda \leq 1$ (Kompromi))	0,45
Koefisien keragaman (%)	3,26

Keterangan : Simbol angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda adalah berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Indeks kuning telur diukur karena merupakan parameter yang menunjukkan kualitas dan kestabilan struktur kuning telur. Nilai indeks kuning telur dipengaruhi oleh kandungan protein, lemak, dan keseimbangan nutrisi dalam ransum (Yimenu *et al.*, 2020). Pengukuran parameter ini bertujuan untuk mengetahui apakah formulasi ransum yang disusun dengan *fuzzy linear programming* (FLP) mampu

mempertahankan kualitas kuning telur meskipun terdapat ketidakpastian kandungan nutrisi bahan pakan lokal yang digunakan.

Berdasarkan Tabel 6, nilai indeks kuning telur pada semua perlakuan menunjukkan nilai yang relatif sama sebesar 0,45, yaitu berada pada kisaran normal telur segar. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan ransum tidak memberikan pengaruh nyata terhadap indeks kuning telur ($P>0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa variasi formulasi ransum tidak memengaruhi kestabilan kuning telur. Hasil uji lanjut DMRT juga menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berada pada kelompok yang sama sebesar 0,45, sehingga menunjukkan bahwa struktur kuning telur masih dapat dipertahankan dengan baik pada semua perlakuan.

Indeks kuning telur merupakan parameter yang menggambarkan kekuatan membran vitelin dan bentuk kuning telur. Semakin tinggi nilai indeks kuning telur, maka semakin bulat dan kokoh struktur kuning telur yang dihasilkan. Nilai tersebut dipengaruhi oleh integritas membran vitelin, keseimbangan protein dan lipid dalam kuning telur, serta proses deposisi nutrisi selama pembentukan folikel di ovarium. Roberts (2004) menjelaskan bahwa kualitas kuning telur sangat dipengaruhi oleh proses pembentukan membran vitelin dan keseimbangan komponen protein-lipid selama perkembangan folikel, sedangkan perubahan komposisi ransum tidak selalu menyebabkan perubahan indeks kuning telur apabila kebutuhan nutrisi ayam masih terpenuhi.

Tidak adanya perbedaan indeks kuning telur pada penelitian ini karena seluruh perlakuan masih mampu memenuhi kebutuhan nutrisi ayam KUB. Berdasarkan formulasi ransum pada Tabel 2., kandungan protein kasar berkisar antara 15,00–17,32%, sedangkan energi metabolis berkisar 2500–2700 kkal/kg.

Meskipun terdapat variasi kandungan nutrisi antarperlakuan, seluruh ransum masih mampu memenuhi kebutuhan nutrisi ayam fase produksi sehingga proses pembentukan kuning telur berlangsung secara normal. Menurut Macelline *et al.*, (2021), keseimbangan protein dan asam amino esensial lebih berperan dalam mempertahankan kualitas internal telur dibandingkan peningkatan kadar protein kasar semata, selama kebutuhan nutrisi ayam telah tercukupi.

Komposisi bahan penyusun ransum juga berkontribusi dalam mempertahankan kualitas kuning telur. Jagung berfungsi sebagai sumber energi utama yang menyediakan energi metabolis untuk proses sintesis lipid dan protein selama pembentukan kuning telur. Bungkil kedelai dan tepung ikan merupakan sumber protein berkualitas tinggi yang kaya lisin dan metionin sehingga mendukung sintesis lipoprotein dan protein penyusun membran vitelin. Dedak padi dan bungkil kelapa berfungsi sebagai sumber energi dan serat, sedangkan pensi merupakan sumber mineral terutama kalsium yang berperan dalam metabolisme dan produksi telur. Kombinasi seluruh bahan pakan tersebut menghasilkan keseimbangan nutrisi yang relatif beragam sehingga kualitas kuning telur tetap dapat dipertahankan meskipun proporsi masing-masing bahan berbeda antarperlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas kuning telur tidak ditentukan oleh satu jenis bahan pakan tertentu, tetapi oleh keseimbangan nutrisi yang dihasilkan dari keseluruhan formulasi ransum (Leeson and Summers, 2008).

Metode *Fuzzy Linear Programming* (FLP) memungkinkan penyusunan formulasi ransum berdasarkan keseimbangan kebutuhan nutrisi ayam dengan mempertimbangkan variasi kandungan nutrisi setiap bahan pakan lokal. Pendekatan tersebut menghasilkan kombinasi bahan pakan yang tetap mampu

memenuhi kebutuhan protein, energi, asam amino, mineral, dan nutrisi lainnya sehingga proses pembentukan kuning telur berlangsung secara normal. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode FLP mampu mempertahankan kualitas internal telur, khususnya indeks kuning telur, meskipun menggunakan berbagai kombinasi bahan pakan lokal yang memiliki karakteristik nutrisi berbeda.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Attia *et al.*, (2020) yang menyatakan bahwa perubahan formulasi ransum tidak selalu memberikan pengaruh terhadap indeks kuning telur apabila kebutuhan nutrisi ayam petelur masih terpenuhi. Selain itu, nilai indeks kuning telur pada penelitian ini sebesar 0,45, nilai tersebut masih berada dalam kisaran normal yang dilaporkan oleh Gümüş *et al.*, (2025), yaitu 0,43–0,46, hasil tersebut didukung oleh Baidi, dkk (2025) yang menyatakan bahwa nilai indeks kuning telur berkisar antara 0,43–0,46. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa formulasi ransum hasil optimasi FLP mampu mempertahankan kualitas kuning telur ayam KUB pada kondisi yang baik.

4.4. Warna Kuning Telur Ayam KUB

Berdasarkan hasil penelitian rata-rata kualitas warna kuning telur ayam KUB yang dipelihara selama penelitian disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rataan Kualitas Warna Kuning Telur Ayam KUB

Perlakuan	Warna Kuning Telur
RA (Komersil)	8,01 ^b
RB ($\lambda = 0$)	9,73 ^a
RC ($\lambda = 1$)	9,67 ^a
RD ($0 \leq \lambda \leq 1$ (Kompromi))	9,59 ^a
Koefisien keragaman (%)	3,82

Keterangan : Simbol angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda adalah berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Warna kuning telur diukur karena menjadi salah satu indikator kualitas visual telur yang sangat memengaruhi tingkat kesukaan konsumen. Intensitas warna kuning telur dipengaruhi oleh kandungan pigmen seperti karotenoid dan xantofil dalam bahan pakan (Baidi, dkk. 2025). Dalam penelitian ini, metode *fuzzy linear programming* (FLP) memungkinkan penggunaan bahan pakan lokal seperti limbah kubis secara lebih fleksibel tanpa mengurangi keseimbangan nutrisi ransum. Oleh karena itu, pengukuran warna kuning telur dilakukan untuk melihat pengaruh formulasi ransum terhadap penyerapan pigmen pada kuning telur.

Berdasarkan Tabel 7, warna kuning telur pada perlakuan ransum berbasis FLP menunjukkan intensitas warna yang lebih tinggi dibandingkan kontrol sebesar 8,01, terutama pada perlakuan Ransum B sebesar 9,73, Ransum C sebesar 9,67 dan Ransum D sebesar 9,59. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan ransum memberikan pengaruh nyata terhadap warna kuning telur ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa komposisi ransum mempengaruhi intensitas warna kuning telur. Hasil uji lanjut DMRT menunjukkan adanya perbedaan nyata ($P < 0,05$) antar beberapa perlakuan, terutama antara ransum dengan kandungan nutrisi lebih optimal dibandingkan ransum dengan kualitas lebih rendah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan formulasi ransum memengaruhi intensitas pigmentasi kuning telur melalui perbedaan ketersediaan pigmen alami yang dapat dideposisikan ke dalam kuning telur.

Warna kuning telur merupakan salah satu parameter kualitas eksternal yang sangat dipengaruhi oleh kandungan pigmen karotenoid, terutama xantofil dan lutein, yang berasal dari bahan pakan. Unggas tidak mampu mensintesis pigmen karotenoid di dalam tubuh sehingga seluruh pigmen yang terdapat pada kuning telur

berasal dari pakan yang dikonsumsi. Setelah diserap di saluran pencernaan, pigmen karotenoid akan diangkut bersama lipoprotein menuju ovarium dan selanjutnya dideposisikan ke dalam kuning telur selama proses pembentukan folikel. Semakin tinggi ketersediaan pigmen dalam ransum dan semakin baik efisiensi penyerapannya, maka intensitas warna kuning telur akan semakin meningkat (Nys *et al.*, 2022; Surai and Kochish, 2020).

Perbedaan warna kuning telur pada penelitian ini berkaitan dengan komposisi bahan penyusun ransum yang memengaruhi ketersediaan pigmen alami serta efisiensi pemanfaatan nutrisi. Jagung merupakan salah satu sumber xantofil alami yang berkontribusi terhadap pembentukan warna kuning telur. Berdasarkan formulasi ransum pada Tabel 2., proporsi jagung pada perlakuan Ransum C (41,76%) dan Ransum D (40,87%) lebih tinggi dibandingkan perlakuan Ransum B (36,89%), sedangkan seluruh perlakuan menggunakan tepung ikan dan bungkil kedelai sebagai sumber protein yang mendukung metabolisme pembentukan telur. Meskipun kandungan pigmen pada masing-masing bahan berbeda, keseimbangan energi dan protein yang dihasilkan melalui formulasi FLP diduga meningkatkan efisiensi absorpsi dan deposisi karotenoid ke dalam kuning telur sehingga menghasilkan skor warna yang relatif tinggi pada perlakuan Ransum B, Ransum C, dan Ransum D. Menurut Leeson and Summers (2008), warna kuning telur tidak hanya ditentukan oleh jumlah pigmen dalam pakan, tetapi juga dipengaruhi oleh keseimbangan nutrisi yang mendukung proses absorpsi dan transport pigmen menuju ovarium.

Selain kandungan pigmen dalam bahan pakan, keseimbangan nutrisi dalam formulasi ransum juga memengaruhi efisiensi absorpsi, transport, dan deposisi

karotenoid ke dalam kuning telur. Karotenoid merupakan pigmen yang bersifat larut lemak sehingga proses penyerapannya di dalam usus dipengaruhi oleh ketersediaan lemak dan pembentukan lipoprotein sebagai media transport menuju ovarium. Selanjutnya, karotenoid akan dideposisikan ke dalam kuning telur selama proses perkembangan folikel sehingga menentukan intensitas warna kuning telur yang dihasilkan. Oleh karena itu, selain kandungan pigmen dalam ransum, keseimbangan energi, protein, dan lemak juga berperan penting dalam mendukung efisiensi pemanfaatan karotenoid (Surai and Kochish, 2020; Zaheer, 2017).

Nilai warna kuning telur yang diperoleh pada penelitian ini berkisar antara 8,01–9,73 dan masih berada dalam kisaran yang disukai konsumen. Menurut Leeson and Summers (2008), skor warna kuning telur antara 8–10 menunjukkan intensitas warna kuning yang baik dan umumnya dapat diterima konsumen. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan Tugiyanti *et al.*, (2025) yang melaporkan skor warna kuning telur berkisar 9–10 pada ayam petelur yang diberi ransum berbahan pakan lokal. Oleh karena itu, formulasi ransum hasil optimasi FLP mampu mempertahankan bahkan meningkatkan kualitas visual telur ayam KUB.

4.5. Haugh Unit

Berdasarkan hasil penelitian rata-rata kualitas haugh unit telur ayam KUB yang dipelihara selama penelitian disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rataan Kualitas Haugh Unit Telur Ayam KUB

Perlakuan	Haugh Unit
RA (Komersil)	87,39 ^b
RB ($\lambda = 0$)	92,34 ^a
RC ($\lambda = 1$)	93,69 ^a
RD ($0 \leq \lambda \leq 1$ (Kompromi))	91,14 ^a
Koefisien keragaman (%)	2,84

Keterangan : Simbol angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda adalah berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Haugh Unit (HU) diukur untuk mengetahui kualitas internal telur, khususnya kesegaran dan kekentalan putih telur. Nilai HU berkaitan erat dengan tinggi albumen dan berat telur yang dipengaruhi oleh kualitas nutrisi dalam ransum (Baidi, dkk. 2025). Pengukuran parameter ini penting untuk mengevaluasi kemampuan formulasi ransum yang disusun dengan *fuzzy linear programming* (FLP) dalam mempertahankan mutu internal telur meskipun menggunakan bahan pakan lokal dengan kandungan nutrisi yang bervariasi.

Berdasarkan Tabel 8, Rataan nilai Haugh Unit pada perlakuan Ransum A sebesar 87,39, Ransum B sebesar 92,34, Ransum C sebesar 93,69, dan Ransum D sebesar 91,14. Berdasarkan Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan ransum memberikan pengaruh nyata terhadap nilai Haugh Unit ($P < 0,05$). Namun, hasil uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa perlakuan Ransum B, Ransum C, dan Ransum D tidak berbeda nyata ($P > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa kualitas internal telur pada perlakuan tersebut relatif sama dan masih berada dalam kondisi baik. Perbedaan yang terjadi pada perlakuan Ransum A yang menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$). Namun, hal tersebut menunjukkan bahwa seluruh telur masih termasuk dalam kategori kualitas sangat baik. Berdasarkan klasifikasi USDA, telur dengan nilai HU di atas 72 termasuk dalam mutu AA, yang menunjukkan albumen masih memiliki kekentalan tinggi dan kualitas internal telur tetap terjaga (USDA, 2000).

Haugh Unit merupakan parameter kualitas internal telur yang menggambarkan hubungan antara tinggi albumen dan berat telur. Nilai HU dihitung berdasarkan tinggi albumen yang dikoreksi terhadap berat telur, sehingga peningkatan nilai HU tidak selalu diikuti oleh peningkatan berat telur. Tinggi

albumen merupakan komponen yang paling berpengaruh terhadap nilai HU karena mencerminkan kekentalan albumen dan integritas protein penyusunnya, terutama ovomucin dan ovalbumin (Silversides and Budgell, 2004). Oleh karena itu, telur dengan berat yang lebih rendah masih dapat memiliki nilai HU yang tinggi apabila tinggi albumennya tetap tinggi.

Kondisi tersebut juga terlihat pada penelitian ini, dimana perlakuan dengan berat telur yang relatif lebih rendah justru menghasilkan nilai HU yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan berat telur tidak disebabkan oleh menurunnya kualitas albumen, melainkan lebih berkaitan dengan berkurangnya deposisi massa telur secara keseluruhan. Sementara itu, kekentalan albumen tetap dapat dipertahankan sehingga tinggi albumen meningkat dan menghasilkan nilai HU yang lebih tinggi. Menurut Silversides and Scott (2001), perubahan berat telur tidak selalu diikuti oleh perubahan kualitas albumen karena kedua parameter tersebut dipengaruhi oleh mekanisme fisiologis yang berbeda. Berat telur lebih dipengaruhi oleh jumlah deposisi nutrisi selama pembentukan telur, sedangkan Haugh Unit lebih ditentukan oleh struktur protein albumen dan kemampuan albumen mempertahankan kekentalannya.

Selain dipengaruhi oleh tinggi albumen, nilai HU juga berkaitan dengan keseimbangan nutrisi dalam ransum. Protein berkualitas tinggi beserta asam amino esensial, terutama lisin dan metionin, diperlukan untuk sintesis protein albumen yang berperan dalam mempertahankan kekentalan putih telur. Pada penelitian ini, tepung ikan dan bungkil kedelai merupakan sumber protein utama yang menyediakan asam amino esensial, sedangkan jagung berfungsi sebagai sumber energi yang mendukung proses sintesis protein. Dedak padi, bungkil kelapa, pensil,

serta bahan pakan lainnya melengkapi kebutuhan energi, mineral, dan nutrisi sehingga menghasilkan formulasi ransum yang seimbang. Menurut Macelline *et al.*, (2021), keseimbangan protein dan asam amino esensial lebih berpengaruh terhadap kualitas albumen dibandingkan peningkatan kadar protein kasar semata, sehingga kecukupan nutrisi yang seimbang mampu mempertahankan kualitas internal telur.

Penerapan metode *Fuzzy Linear Programming* (FLP) pada penelitian ini memungkinkan penyusunan formulasi ransum yang mampu memenuhi kebutuhan energi, protein, dan asam amino secara optimal meskipun menggunakan kombinasi bahan pakan lokal yang berbeda. Pendekatan tersebut menghasilkan keseimbangan nutrisi yang mendukung pembentukan albumen dengan kualitas yang baik sehingga nilai Haugh Unit tetap tinggi pada seluruh perlakuan. Dengan demikian, peningkatan nilai HU pada penelitian ini menunjukkan bahwa formulasi ransum hasil optimasi FLP mampu mempertahankan kualitas internal telur, meskipun berat telur yang dihasilkan tidak selalu lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa keberhasilan formulasi ransum tidak hanya diukur dari peningkatan berat telur, tetapi juga dari kemampuannya mempertahankan kualitas albumen sebagai komponen utama penentu Haugh Unit.

Hasil penelitian ini sejalan dengan Silversides and Budgell (2004) yang melaporkan bahwa nilai Haugh Unit lebih dipengaruhi oleh tinggi albumen dibandingkan berat telur. Selain itu, Roberts (2004) menjelaskan bahwa kualitas albumen dipertahankan oleh integritas protein ovomucin dan ovalbumin sehingga telur dengan berat yang lebih rendah masih dapat memiliki nilai HU yang tinggi apabila struktur albumennya tetap baik.

Jika dibandingkan dengan penelitian Gümüş *et al.*, (2025), nilai Haugh Unit yang dilaporkan berada pada kisaran 85–92. Nilai pada penelitian ini cenderung sedikit lebih tinggi, terutama pada perlakuan Ransum C sebesar 93,69. Selain itu, menurut Sudaryani (2003), nilai Haugh Unit di atas 72 termasuk dalam kategori kualitas telur yang baik (grade A). Dengan demikian, seluruh perlakuan pada penelitian ini masih berada dalam standar kategori kualitas tinggi (A–AA) USDA (2000). Nilai yang lebih tinggi pada penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas albumen masih sangat baik.

