

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Susut Bobot

Hasil pengujian terhadap susut bobot telur ayam ras yang di celupkan dalam konsentrasi kitosan yang berbeda dan setelah penyimpanan selama 2 sampai 5 minggu pada suhu ruang dapat dilihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Rataan Susut Bobot Telur Ayam Ras (%) Selama Penelitian

Faktor A (Lama Penyimpanan)	Faktor B (Konsentrasi Kitosan)				Rataan
	B0 (0%)	B1 (1,5%)	B2 (3%)	B3 (4,5%)	
A1 (2 Minggu)	2,29 ^{bc}	0,57 ^d	0,58 ^d	0,58 ^d	1,00
A2 (3 Minggu)	2,03 ^c	1,01 ^d	0,73 ^d	0,72 ^d	1,12
A3 (4 Minggu)	3,05 ^b	0,72 ^d	0,72 ^d	0,71 ^d	1,30
A4 (5 Minggu)	4,50 ^a	1,46 ^{cd}	0,86 ^d	0,85 ^d	1,92
Rataan	2,97	0,94	0,72	0,72	
SE	0,31				

Keterangan: Huruf superskrip yang berbeda pada setiap kombinasi perlakuan menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$).

Berdasarkan Tabel 2, terdapat interaksi antara lama penyimpanan dan konsentrasi kitosan, rataan susut bobot telur ayam ras selama penelitian berkisar antara 0,57% - 4,50%. Nilai susut bobot tertinggi diperoleh pada perlakuan A4B0 (penyimpanan 5 minggu tanpa kitosan) yaitu sebesar 4,50%, sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan A1B1 (penyimpanan 2 minggu konsentrasi 1,5%) yaitu sebesar 0,57%.

Perlakuan A4B0 berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya. Pada minggu ke-5, telur tanpa perlakuan kitosan menghasilkan persentase susut bobot yaitu 4,50%. Tingginya nilai susut bobot tersebut menunjukkan bahwa kehilangan air dan gas dari dalam telur berlangsung lebih besar akibat tidak adanya lapisan pelindung yang dapat menghambat proses evaporasi melalui pori-pori kerabang. Memasuki minggu ke-5 penyimpanan, lapisan kutikula kerabang semakin menipis

sehingga pori-pori telur menjadi lebih terbuka dan mempermudah pertukaran gas serta penguapan air. Kondisi ini menyebabkan bobot telur terus menurun selama penyimpanan. Hasil penelitian ini sejalan dengan Revanda dan Puspitarini (2024) yang melaporkan bahwa semakin lama penyimpanan, pori-pori kerabang telur semakin terbuka sehingga pertukaran gas antara bagian dalam dan luar telur berlangsung lebih mudah dan meningkatkan susut bobot telur.

Perlakuan A3B0 berbeda nyata dengan perlakuan A2B0, A4B0, A1B1, A2B1, A3B1, A4B1, A1B2, A2B2, A3B2, A4B2, A1B3, A2B3, A3B3, dan A4B3, namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan A1B0. Telur tanpa perlakuan kitosan pada minggu ke-4 menghasilkan susut bobot sebesar 3,05%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa selama penyimpanan terjadi kehilangan air dan gas yang cukup tinggi melalui pori-pori kerabang telur akibat tidak adanya lapisan pelindung yang dapat menghambat proses tersebut. Menurut Djaelani (2016), susut bobot telur cenderung meningkat seiring bertambahnya lama penyimpanan, di mana telur dapat kehilangan bobot sekitar 3–4% setiap minggu akibat keluarnya uap air dan gas melalui pori-pori kerabang.

Pada perlakuan A2B0 berbeda nyata dengan perlakuan A3B0, A4B0, A1B1, A1B2, A1B3, A2B1, A2B2, A2B3, A3B1, A3B2, A3B3, A4B2, dan A4B3, tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan A1B0 dan A4B1. Pada minggu ke-3, telur tanpa perlakuan kitosan menghasilkan susut bobot sebesar 2,03%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kehilangan air dan gas dari dalam telur terus meningkat seiring bertambahnya lama penyimpanan. Pada periode ini, lapisan kutikula yang menutupi pori-pori kerabang mulai mengering dan menyusut sehingga pori-pori menjadi lebih terbuka dan mempercepat proses penguapan air serta keluarnya gas CO₂.

Kondisi tersebut menyebabkan susut bobot telur semakin tinggi dan berpotensi menurunkan kualitas telur. Selain itu, pori-pori yang semakin terbuka juga mempermudah masuknya mikroorganisme ke dalam telur. Hasil penelitian ini sejalan dengan Andika dkk. (2021), yang menyatakan bahwa mikroorganisme yang masuk ke dalam telur dapat mendegradasi berbagai senyawa penyusunnya sehingga mempercepat proses kerusakan dan penurunan kualitas telur selama penyimpanan.

Pada perlakuan A1B1 berbeda nyata dengan perlakuan A1B0, A2B0, A3B0, dan A4B0, tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan A2B1, A3B1, A4B1, A2B2, A3B2, A4B2, A2B3, A3B3, A4B3. Telur yang diberi perlakuan kitosan 1,5% pada minggu ke-2 hingga ke-5 menunjukkan susut bobot berkisar antara 0,57%–1,46%. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa pelapisan kitosan mampu menghambat kehilangan air dan gas dari dalam telur selama penyimpanan sehingga susut bobot dapat ditekan. Konsentrasi kitosan 1,5% telah memberikan efek yang optimal dalam mempertahankan bobot telur, yang ditunjukkan oleh tidak adanya perbedaan nyata dengan penggunaan kitosan 3% dan 4,5%. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan di atas 1,5% belum memberikan tambahan efektivitas yang signifikan dalam mengurangi susut bobot telur ayam ras. Hasil penelitian ini berbeda dengan yang dilaporkan oleh Falahudin (2014), yang melaporkan bahwa susut bobot telur baik kontrol maupun yang dilapisi kitosan 1%, 2% dan 3% dari limbah kulit udang dengan derajat deasetilasi 80% adalah berturut-turut berkisar antara 8,28%; 5,47%; 5,35% dan 4,94% setelah disimpan selama 5 minggu pada suhu ruang. Perbedaan susut bobot tersebut kemungkinan disebabkan oleh perbedaan produk kitosan yang digunakan, masa penyimpanan dan suhu, ukuran telur dan sifat porositas kerabang telur.

4.2. Haugh Unit Putih Telur

Hasil pengujian terhadap haugh unit telur ayam ras yang di celupkan dalam konsentrasi kitosan yang berbeda dan setelah penyimpanan selama 2 sampai 5 minggu pada suhu ruang dapat dilihat dalam tabel 3.

Tabel 3. Rataan Haugh Unit Telur Ayam Ras Selama Penelitian

Faktor A (Lama Penyimpanan)	Faktor B (Konsentrasi kitosan)				Rataan
	B0 (0%)	B1 (1,5%)	B2 (3%)	B3 (4,5%)	
A1 (2 Minggu)	78,21 ^g	79,95 ^f	83,36 ^{ab}	84,36 ^a	81,47
A2 (3 Minggu)	74,77 ^h	78,47 ^g	82,69 ^{bc}	83,53 ^{ab}	79,87
A3 (4 Minggu)	68,41 ^j	75,82 ^h	82,06 ^{cd}	82,84 ^{bc}	77,28
A4 (5 Minggu)	57,15 ^k	73,32 ⁱ	80,54 ^{ef}	81,32 ^{de}	73,08
rataan	69,64	76,89	82,16	83,01	
SE	0,41				

Keterangan: Huruf superskrip yang berbeda pada setiap kombinasi perlakuan menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$).

Berdasarkan Tabel 3, terdapat interaksi antara lama penyimpanan dan konsentrasi kitosan, rataan nilai HU ayam ras selama penelitian berkisar antara 57,15 – 84,36. Nilai HU tertinggi diperoleh pada perlakuan A1B3 (penyimpanan 2 minggu konsentrasi 4,5%) yaitu sebesar 84,36, sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan A4B0 (penyimpanan 5 minggu tanpa kitosan) yaitu sebesar 57,15.

Perlakuan A1B3 berbeda nyata dengan perlakuan A3B3, A4B3, A2B2, A3B2, A4B2, A1B1, A2B1, A3B2, A4B1, A1B0, A2B0, A3B0, dan A4B0, tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan A1B2, dan A2B3. Pada minggu ke-2, telur yang diberi perlakuan kitosan 4,5% menghasilkan nilai HU tertinggi, yaitu 84,36. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas internal telur, khususnya kekentalan putih telur, masih dapat dipertahankan dengan baik selama penyimpanan. Semakin tinggi nilai HU, semakin baik kualitas dan kesegaran telur yang dihasilkan. Hasil ini menunjukkan bahwa pelapisan kitosan 4,5% mampu menghambat penurunan

kualitas putih telur selama penyimpanan. Hal ini sejalan dengan pendapat Sudaryani (2003), yang menyatakan bahwa semakin besar nilai HU, semakin baik kualitas putih telur dan menunjukkan bahwa telur masih dalam kondisi segar.

Pada Perlakuan A3B3 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A4B3, A3B2, A4B2, A1B1, A2B1, A3B1, A4B1, A1B0, A2B0, A3B0, dan A4B0, namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan A2B3, A1B2, dan A2B2. Pada minggu ke-4, telur yang diberi perlakuan kitosan 4,5% menghasilkan nilai HU tertinggi, yaitu 82,84. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas putih telur masih dapat dipertahankan dengan baik selama penyimpanan. Tingginya nilai HU pada perlakuan ini mengindikasikan bahwa kitosan mampu memperlambat penurunan mutu internal telur dengan mengurangi kehilangan air dan gas dari dalam telur. Hasil ini menunjukkan bahwa pelapisan kitosan 4,5% efektif dalam menjaga kesegaran telur selama penyimpanan. Hal ini sesuai dengan pendapat Buckle *et al.* (2007), yang menyatakan bahwa kitosan mampu membentuk lapisan tipis yang bersifat kedap air sehingga dapat menghambat pertukaran gas dan penguapan melalui pori-pori kerabang telur.

Perlakuan A3B2 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A2B3, A4B3, A1B2, A4B2, A1B1, A2B1, A3B1, A4B1, A1B0, A2B0, A3B0, A4B0, tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan A3B3, dan A2B2. Pada minggu ke-4, telur yang diberi perlakuan kitosan 3% masih mampu mempertahankan nilai HU lebih baik dibandingkan telur tanpa perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa pelapisan kitosan efektif dalam memperlambat penurunan kualitas internal telur, terutama kekentalan putih telur, selama penyimpanan pada suhu ruang. Kemampuan kitosan dalam membentuk lapisan pelindung pada kerabang telur membantu menghambat

kehilangan air dan gas sehingga kesegaran telur dapat dipertahankan lebih lama. Hasil penelitian ini sejalan dengan Bhale *et al.* (2003), No *et al.* (2005), dan Kim *et al.* (2007), yang melaporkan bahwa penggunaan kitosan sebagai bahan pelapis efektif dalam mempertahankan kualitas telur selama penyimpanan.

Pada perlakuan A4B3 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A2B3, A3B3, A1B2, A2B2, A4B2. A1B1, A2B1, A3B1, A4B1, A1B0, A2B0, A3B0, dan A4B0. Namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan A3B2. Pada minggu ke-5, telur yang diberi perlakuan kitosan 4,5% menghasilkan nilai HU tertinggi, yaitu 81,32. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas internal telur masih dapat dipertahankan dengan baik meskipun telah disimpan selama lima minggu. Tingginya nilai HU mengindikasikan bahwa kekentalan putih telur masih terjaga, sehingga telur tetap berada dalam kondisi segar. Hal ini diduga karena pelapisan kitosan mampu menghambat kehilangan air dan gas yang dapat menyebabkan pengenceran albumen selama penyimpanan. Menurut Purwati dkk. (2015), ovomusin pada albumen berperan dalam membentuk jaringan gel yang mempertahankan kekentalan putih telur. Semakin kuat jaringan ovomusin yang terbentuk, semakin tinggi viskositas albumen dan nilai Haugh Unit yang dihasilkan. Oleh karena itu, tingginya nilai HU pada perlakuan kitosan 4,5% menunjukkan bahwa mutu dan kesegaran telur masih terjaga dengan baik selama penyimpanan.

Perlakuan A4B2 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A2B3, A3B3, A1B2, A2B2, A3B2, A2B1, A3B1, A4B1, A1B0, A2B0, A3B0, dan A4B0, tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan A4B3, dan A1B1. Pada minggu ke-5, telur yang diberi perlakuan kitosan 3% masih menghasilkan nilai HU yang tergolong baik, yaitu 80,54. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas interior telur,

khususnya kekentalan albumen, masih dapat dipertahankan selama penyimpanan. Tingginya nilai HU pada perlakuan ini mengindikasikan bahwa pelapisan kitosan mampu memperlambat penurunan mutu internal telur dengan menghambat kehilangan air dan gas dari dalam telur. Menurut Sudaryani (2003), nilai HU merupakan indikator kekentalan albumen, di mana semakin rendah nilai HU maka albumen semakin encer dan kualitas telur semakin menurun. Pengenceran albumen terjadi akibat hilangnya CO_2 dan H_2O selama penyimpanan melalui proses penguapan. Oleh karena itu, nilai HU sebesar 80,54 pada minggu ke-5 menunjukkan bahwa pelapisan kitosan 3% masih efektif dalam mempertahankan kesegaran dan kualitas telur selama penyimpanan.

Pada perlakuan A1B1 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A2B3, A3B3, A4B3, A1B2, A2B2, A3B2, A1B1, A2B1, A3B1, A4B1, A1B0, A2B0, A3B0, A4B0, namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan A4B2. Pada minggu ke-2, telur yang diberi perlakuan kitosan 1,5% menghasilkan nilai HU sebesar 79,95. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas internal telur masih tergolong baik dan kesegaran telur masih dapat dipertahankan selama penyimpanan. Tingginya nilai HU pada perlakuan ini mengindikasikan bahwa pelapisan kitosan mampu menghambat penurunan kekentalan albumen dengan mengurangi kehilangan air dan gas dari dalam telur. Hasil penelitian ini sejalan dengan Caner dan Yuceer (2015) yang melaporkan bahwa penggunaan kitosan sebagai bahan pelapis mampu mempertahankan nilai HU telur pada tingkat yang lebih tinggi secara signifikan selama penyimpanan dibandingkan telur tanpa pelapisan.

Pada perlakuan A2B1 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A2B3, A3B3, A4B3, A1B2, A2B2, A3B2, A4B2, A1B1, A3B1, A4B1, A2B0, A3B0, A4B0,

tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan A1B0. Pada minggu ke-3, telur yang dilapisi kitosan 1,5% menghasilkan nilai HU sebesar 78,47 yang masih termasuk dalam kategori mutu I. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas internal telur, khususnya kekentalan putih telur, masih dapat dipertahankan dengan baik selama penyimpanan. Tingginya nilai HU mengindikasikan bahwa albumen masih berada dalam kondisi kental sehingga telur tetap tergolong segar. Menurut Andi (2013), ovomusin yang terkandung dalam putih telur merupakan salah satu faktor yang memengaruhi nilai HU. Semakin baik kualitas putih telur yang dipertahankan, semakin tinggi pula nilai HU yang dihasilkan. Oleh karena itu, nilai HU sebesar 78,47 menunjukkan bahwa pelapisan kitosan 1,5% masih efektif dalam menjaga mutu internal telur selama penyimpanan.

Pada perlakuan A3B1 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A2B3, A3B3, A4B3, A1B2, A2B2, A3B2, A4B2, A1B1, A2B1, A4B1, A1B0, A3B0 dan A4B0, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan A2B0. Pada minggu ke-4 dengan perlakuan kitosan 1,5% memberikan hasil HU diangka 75,82. Seiring bertambahnya umur simpan telur, air dan gas CO₂ akan terus mengalami penguapan sebagaimana dikemukakan oleh Kinasih dkk. (2016). Proses tersebut menyebabkan pH telur meningkat dari 7,6 menjadi 9,0–9,7. Peningkatan pH ini memicu perubahan pada kompleks ikatan ovomusin-lisozim yang diikuti oleh keluarnya air, sehingga putih telur menjadi lebih encer dan tinggi albumen kental menurun.

Perlakuan A4B1 berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya, demikian pula perlakuan A3B0 dan A4B0. Pada minggu ke-5, telur yang diberi perlakuan kitosan 1,5% menghasilkan nilai HU sebesar 73,32. Jika dibandingkan dengan standar SNI (BSN, 2008), nilai tersebut masih termasuk dalam kategori mutu I

karena berada di atas 72. Hasil ini menunjukkan bahwa pelapisan kitosan 1,5% masih mampu mempertahankan kualitas internal telur, terutama kekentalan albumen, hingga lima minggu penyimpanan. Tingginya nilai HU tersebut mengindikasikan bahwa proses penurunan mutu telur dapat diperlambat sehingga kesegaran telur tetap terjaga selama penyimpanan.

Secara keseluruhan nilai HU yang diperoleh Jika dibandingkan dengan nilai standar SNI (BSN, 2008) yang menyatakan bahwa mutu I memiliki nilai HU >72, mutu II 62–72, dan mutu III <60. Tanpa penggunaan kitosan pada minggu ke-2 dan ke-3 masih bisa mempertahankan nilai HU, berbeda yang didapatkan pada minggu ke-4 dan ke-5 pada minggu tersebut sudah terjadi penurunan nilai HU, sedangkan dengan penggunaan kitosan mampu mempertahankan nilai HU selama penyimpanan 2- 5 minggu.

4.3. Indeks Kuning Telur

Hasil pengujian terhadap indeks kuning telur ayam ras yang di celupkan dalam konsentrasi kitosan yang berbeda dan setelah penyimpanan selama 2 Sampai 5 minggu pada suhu ruang dapat dilihat dalam tabel 4.

Tabel 4. Rataan Indeks Kuning Telur Ayam Ras Selama Penelitian

Faktor A (Lama Penyimpanan)	Faktor B (Konsentrasi Kitosan)				Rataan
	B0 (0%)	B1 (1,5%)	B2 (3%)	B3 (4,5%)	
A1 (2 Minggu)	0,39 ^e	0,44 ^{bc}	0,46 ^a	0,47 ^a	0,44
A2 (3 Minggu)	0,31 ^f	0,41 ^d	0,44 ^{bc}	0,45 ^{ab}	0,40
A3 (4 Minggu)	0,25 ^g	0,38 ^e	0,41 ^d	0,43 ^c	0,37
A4 (5 Minggu)	0,20 ^h	0,33 ^f	0,39 ^e	0,41 ^d	0,33
rataan	0,29	0,39	0,43	0,44	
SE	0,01				

Keterangan: Huruf superskrip yang berbeda pada setiap kombinasi perlakuan menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$).

Berdasarkan Tabel 4, terlihat adanya interaksi yang sangat nyata antara lama penyimpanan dan konsentrasi kitosan terhadap indeks kuning telur ayam ras ($P < 0,01$). Rataan nilai IKT ayam ras selama penelitian berkisar antara 0,20 – 0,47.

Perlakuan A1B3 berbeda nyata dengan perlakuan A3B3, A4B3, A2B2, A3B2, A4B2, A1B1, A2B1, A3B2, A4B1, A1B0, A2B0, A3B0, dan A4B0, tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan A1B2, dan A2B3. Pada minggu ke-2, telur yang diberi perlakuan kitosan 4,5% menghasilkan nilai IKT tertinggi, yaitu 0,47. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas kuning telur masih dapat dipertahankan dengan baik dan telur masih tergolong segar. Tingginya nilai IKT mengindikasikan bahwa membran vitelin masih mampu menjaga bentuk dan kekompakan kuning telur selama penyimpanan. Hasil ini sesuai dengan pendapat Winarno dan Koswara (2002), yang menyatakan bahwa telur segar memiliki nilai Indeks Kuning Telur berkisar antara 0,33–0,50 dengan rata-rata 0,42. Oleh karena itu, nilai IKT sebesar 0,47 menunjukkan bahwa pelapisan kitosan 4,5% efektif dalam mempertahankan kesegaran dan mutu kuning telur selama penyimpanan.

Perlakuan A2B2 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A4B3, A1B2, A3B2, A4B2, A2B1, A3B1, A4B1, A1B0, A2B0, A3B0, dan A4B0, namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan A2B3, A3B3, dan A1B1. Pada minggu ke-3, telur yang diberi perlakuan kitosan 3% menghasilkan nilai IKT sebesar 0,44. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas kuning telur masih dapat dipertahankan dengan baik dan masih berada dalam kisaran telur segar. Tingginya nilai IKT mengindikasikan bahwa bentuk dan kekompakan kuning telur masih terjaga selama penyimpanan. Kondisi ini menunjukkan bahwa penggunaan kitosan lebih efektif dalam mempertahankan kualitas kuning telur dibandingkan tanpa pelapisan. Hal ini

sejalan dengan No *et al.* (2005) yang menyatakan bahwa kitosan memiliki sifat antimikroba yang mampu menghambat aktivitas enzim yang dihasilkan oleh bakteri, sehingga dapat memperlambat penurunan kualitas telur selama penyimpanan.

Pada perlakuan A3B3 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A2B3, A4B3, A1B2, A3B2, A4B2, A2B1, A3B1, A4B1, A1B0, A2B0, A3B0, A4B0, tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan A2B2 dan A1B1. Pada minggu ke-4, telur yang diberi perlakuan kitosan 4,5% menghasilkan nilai IKT tertinggi, yaitu 0,43, lebih baik dibandingkan telur tanpa perlakuan yang mengalami penurunan nilai IKT secara signifikan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas kuning telur masih dapat dipertahankan dengan baik selama penyimpanan. Tingginya nilai IKT pada perlakuan kitosan mengindikasikan bahwa membran vitelin masih mampu menjaga bentuk dan kekompakan kuning telur sehingga proses penurunan mutu berlangsung lebih lambat. Menurut Kim *et al.* (2007), penurunan nilai IKT terjadi seiring bertambahnya lama penyimpanan akibat menurunnya kualitas membran vitelin dan terjadinya pengenceran kuning telur yang dipicu oleh difusi air dari putih telur ke dalam kuning telur.

Perlakuan A4B2 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A2B3, A3B3, A4B3, A1B2, A2B2, A3B2, A1B1, A2B1, A4B1, A2B0, A3B0, A4B0, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan A3B1 dan A1B0. Pada minggu ke-5, telur yang diberi perlakuan kitosan 3% menghasilkan nilai IKT sebesar 0,39. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas kuning telur masih tergolong baik meskipun telah mengalami penyimpanan selama lima minggu. Namun, nilai IKT yang lebih rendah dibandingkan minggu-minggu sebelumnya menunjukkan adanya penurunan

kualitas kuning telur seiring bertambahnya lama penyimpanan. Penurunan ini berkaitan dengan melemahnya membran vitelin yang berfungsi mempertahankan bentuk dan kekompakan kuning telur. Menurut Keener *et al.* (2006), semakin lama telur disimpan, semakin besar peluang mikroorganisme masuk melalui kerabang dan menghasilkan enzim proteolitik yang secara bertahap merusak membran vitelin. Oleh karena itu, meskipun terjadi penurunan nilai IKT, pelapisan kitosan 3% masih mampu membantu mempertahankan kualitas kuning telur selama penyimpanan.

Pada perlakuan A4B1 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A2B3, A3B3, A4B3, A1B2, A2B2, A3B2, A4B2, A1B1, A2B1, A3B1, A1B0, A3B0, dan A4B0, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan A2B0. Pada minggu ke-5, telur yang diberi perlakuan kitosan 1,5% menghasilkan nilai IKT sebesar 0,33. Nilai tersebut masih berada dalam kisaran telur segar, namun menunjukkan adanya penurunan kualitas kuning telur dibandingkan pada awal penyimpanan. Penurunan nilai IKT mengindikasikan bahwa membran vitelin mulai mengalami pelemahan sehingga kemampuan mempertahankan bentuk dan kekompakan kuning telur berkurang. Menurut Brake *et al.* (1997), bertambahnya lama penyimpanan menyebabkan membran vitelin menjadi semakin lemah dan elastis serta mengalami perubahan atau kehilangan beberapa komponen penyusunnya. Oleh karena itu, meskipun terjadi penurunan nilai IKT, pelapisan kitosan 1,5% masih mampu mempertahankan kualitas kuning telur pada kategori yang baik hingga minggu ke-5 penyimpanan.

Pada perlakuan A3B0 berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya, begitu juga dengan perlakuan A4B0. Telur pada minggu ke-5 tanpa perlakuan

kitosan mendapatkan nilai IKT terendah 0,20. Hasil penelitian menunjukkan bahwa telur tanpa pelapisan kitosan masih mampu mempertahankan nilai IKT yang baik pada minggu ke-2, namun mulai mengalami penurunan pada minggu ke-3 hingga minggu ke-5. Jika dibandingkan dengan standar SNI (BSN, 2008) yang menyatakan bahwa nilai IKT berkualitas baik berada pada kisaran 0,33–0,52, maka nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas kuning telur telah mengalami penurunan yang cukup besar.

Secara keseluruhan nilai IKT Jika dibandingkan dengan nilai standar SNI (BSN, 2008) yang menyatakan bahwa indeks kuning telur berkualitas baik berada pada kisaran 0,33–0,52. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan tanpa kitosan masih bisa mempertahankan nilai IKT pada minggu ke-2, pada minggu ke-3 sampai minggu ke-5 sudah terjadi penurunan nilai IKT, sedangkan pemberian kitosan mampu mempertahankan IKT selama penyimpanan 2 – 5 minggu.

4.4. Indeks Putih Telur

Hasil pengujian terhadap indeks putih telur ayam ras yang di celupkan dalam konsentrasi kitosan yang berbeda dan setelah penyimpanan selama 2 Sampai 5 minggu pada suhu ruang dapat dilihat dalam tabel 5.

Tabel 5. Rataan Indeks Putih Telur Ayam Ras Selama Penelitian

Faktor A (Lama penyimpanan)	Faktor B (Konsentrasi Kitosan)				Rataan
	B0 (0%)	B1 (1,5%)	B2 (3%)	B3 (4,5%)	
A1 (2 Minggu)	0,08 ^d	0,09 ^c	0,10 ^b	0,10 ^a	0,09
A2 (3 Minggu)	0,05 ^h	0,06 ^{fg}	0,07 ^e	0,08 ^{cd}	0,07
A3 (4 Minggu)	0,03 ^j	0,05 ^{gh}	0,06 ^{fg}	0,06 ^{ef}	0,05
A4 (5 Minggu)	0,02 ^j	0,04 ⁱ	0,05 ^h	0,05 ^{gh}	0,04
Rataan	0,05	0,06	0,07	0,08	
SE	0,002				

Keterangan: Huruf superskrip yang berbeda pada setiap kombinasi perlakuan menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$).

Berdasarkan Tabel 5, terlihat adanya interaksi yang sangat nyata antara lama penyimpanan dan konsentrasi kitosan terhadap indeks putih telur ayam ras ($P < 0,01$). Rataan nilai IPT ayam ras selama penelitian berkisar antara 0,02 – 0,10. Nilai IPT tertinggi diperoleh pada perlakuan A1B3 (penyimpanan 2 minggu konsentrasi 4,5%) yaitu sebesar 0,10, sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan A4B0 (penyimpanan 5 minggu tanpa kitosan) yaitu sebesar 0,02.

Pada perlakuan A1B3 berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya, begitu juga dengan perlakuan A1B2 dan A4B1. Penggunaan kitosan terbukti lebih efektif dalam mempertahankan nilai indeks putih telur dibandingkan tanpa perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa pelapisan kitosan mampu menjaga kekentalan albumen dan memperlambat penurunan kualitas internal telur selama penyimpanan. Kitosan membentuk lapisan tipis yang menutupi pori-pori kerabang sehingga dapat menghambat keluarnya air dan gas dari dalam telur. Dengan berkurangnya kehilangan air dan gas, struktur albumen dapat dipertahankan lebih baik sehingga nilai indeks putih telur tetap tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Buckle *et al.* (1987) yang menyatakan bahwa kitosan mampu membentuk lapisan tipis kedap air pada permukaan telur sehingga perubahan kualitas selama penyimpanan dapat diminimalkan.

Perlakuan A1B1 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A3B3, A4B3, A1B2, A2B2, A3B2, A4B2, A2B1, A3B1, A4B1, A1B0, A2B0, A3B0, dan A4B0, namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan A2B3. Pada minggu ke-2, telur yang diberi perlakuan kitosan 1,5% menghasilkan nilai indeks putih telur sebesar 0,09. Nilai tersebut tidak jauh berbeda dibandingkan telur tanpa perlakuan, dengan selisih hanya 0,01. Hal ini menunjukkan bahwa pada awal masa penyimpanan kualitas

albumen pada kedua perlakuan masih relatif baik. Namun, seiring bertambahnya lama penyimpanan, nilai indeks putih telur cenderung menurun akibat terjadinya evaporasi gas CO_2 dan H_2O yang menyebabkan putih telur menjadi lebih encer. Menurut Feddern *et al.* (2017), semakin tinggi suhu dan lama penyimpanan, semakin cepat proses evaporasi berlangsung sehingga penurunan kualitas telur, termasuk nilai indeks putih telur, terjadi lebih cepat. Oleh karena itu, pelapisan kitosan berperan dalam memperlambat proses tersebut sehingga kualitas albumen dapat dipertahankan lebih lama.

Pada perlakuan A1B0 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A3B3, A4B3, A1B2, A2B2, A3B2, A4B2, A1B1, A2B1, A3B1, A4B1, A2B0, A3B0, dan A4B0, tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan A2B3. Pada minggu ke-2, telur tanpa perlakuan kitosan masih menghasilkan nilai indeks putih telur yang baik, yaitu 0,08. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas albumen masih relatif terjaga karena proses penurunan mutu belum berlangsung secara signifikan. Kondisi ini diduga terjadi karena penguapan CO_2 masih rendah sehingga serabut ovomucin sebagai penyusun struktur gel putih telur belum mengalami kerusakan yang berarti. Akibatnya, kekentalan putih telur masih dapat dipertahankan, diameter putih telur tidak mengalami pelebaran yang berlebihan, dan nilai indeks putih telur tetap tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Purwati dkk. (2015), yang menyatakan bahwa kekentalan putih telur sangat dipengaruhi oleh kondisi ovomucin karena protein tersebut berperan dalam pembentukan struktur gel pada albumen.

Perlakuan A2B2 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A2B3, A4B3, A1B2, A2B2, A3B2, A4B2, A1B1, A2B1, A3B1, A4B1, A1B0, A2B0, A3B0, dan A4B0, namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan A3B3. Pada minggu ke-3,

telur yang diberi perlakuan kitosan 3% menghasilkan nilai indeks putih telur sebesar 0,07. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas albumen masih dapat dipertahankan dengan baik selama penyimpanan. Tingginya nilai indeks putih telur mengindikasikan bahwa kekentalan albumen masih terjaga sehingga penurunan mutu internal telur berlangsung lebih lambat. Menurut Purwati dkk. (2015), kekentalan putih telur ditentukan oleh kondisi jaringan protein ovomucin, terutama jumlah dan kekuatan ikatannya. Semakin banyak dan semakin kuat ikatan yang terbentuk dalam jaringan ovomucin, semakin tinggi pula kekentalan putih telur yang dihasilkan.

Pada perlakuan A2B1 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A2B3, A1B2, A2B2, A4B2, A1B1, A4B1, A1B0, A2B0, A3B0, dan A4B0, tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan A3B1, A3B2, A3B3, dan A4B3. Pada minggu ke-3, telur yang diberi perlakuan kitosan 1,5% menghasilkan nilai indeks putih telur sebesar 0,06. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas albumen masih tergolong baik, meskipun telah terjadi penurunan dibandingkan awal penyimpanan. Penurunan nilai indeks putih telur mengindikasikan adanya pengenceran albumen yang menyebabkan putih telur semakin melebar. Menurut SNI (BSN, 2008) semakin lama telur disimpan, diameter albumen akan semakin lebar sehingga nilai indeks putih telur menjadi semakin rendah. Oleh karena itu, penurunan nilai indeks putih telur pada minggu ke-3 merupakan akibat dari perubahan fisik albumen selama penyimpanan, meskipun pelapisan kitosan masih membantu mempertahankan kualitas telur lebih baik dibandingkan tanpa perlakuan.

Perlakuan A3B1 berbeda nyata dengan perlakuan A1B0, A3B0, A4B0, A1B1, A4B1, A1B2, A2B2, A1B3, A2B3, dan A3B3, namun berbeda tidak nyata

dengan perlakuan A1B0, A2B1, A3B2, A4B2, dan A4B3. Pada minggu ke-4, telur yang diberi perlakuan kitosan 1,5% menghasilkan nilai IPT sebesar 0,05, yang masih berada pada batas kualitas baik. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kekentalan albumen mulai menurun seiring bertambahnya lama penyimpanan, namun kualitas putih telur masih dapat dipertahankan. Penurunan nilai IPT terjadi akibat perubahan fisik dan kimia selama penyimpanan, seperti hilangnya air dan gas dari dalam telur yang menyebabkan albumen menjadi lebih encer. Menurut Suradi (2006), penyimpanan pada suhu refrigerasi lebih efektif dalam menekan penyusutan berat telur dibandingkan penyimpanan pada suhu ruang. Oleh karena itu, penyimpanan pada suhu ruang cenderung mempercepat perubahan kualitas telur yang ditunjukkan oleh menurunnya nilai indeks putih telur selama penyimpanan.

Pada perlakuan A4B2 berbeda nyata dengan perlakuan A1B3, A2B3, A3B3, A1B2, A2B2, A3B2, A1B1, A2B1, A4B1, A1B0, A3B0, dan A4B0, tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan A4B1, A3B1, dan A2B0. Pada minggu ke-5, telur yang diberi perlakuan kitosan 3% menghasilkan nilai IPT sebesar 0,05 yang masih berada pada batas kualitas baik. Namun, nilai tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan IPT yang cukup nyata dibandingkan minggu-minggu sebelumnya. Penurunan ini mengindikasikan berkurangnya kekentalan albumen seiring bertambahnya lama penyimpanan. Meskipun demikian, pelapisan kitosan masih mampu mempertahankan kualitas putih telur hingga minggu ke-5. Hasil ini sejalan dengan Sihombing dkk. (2014), yang melaporkan bahwa semakin lama periode penyimpanan, semakin tinggi penguapan air dan pertukaran gas karbon

dioksida yang terjadi, sehingga menyebabkan kekentalan putih telur menurun dan nilai indeks putih telur menjadi lebih rendah.

Perlakuan A4B0 berbeda nyata dengan perlakuan A1B2, A1B3, A2B3, A3B3, A4B3, A2B2, A3B2, A4B2, A1B1, A2B1, A3B2, A4B1, A1B0, dan A2B0, tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan A3B0. Telur pada minggu ke-5 tanpa pemberian kitosan mendapatkan nilai sebesar 0,02, Nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas putih telur telah mengalami penurunan dan tergolong dalam kategori kurang baik. Penurunan kualitas ini terjadi akibat berbagai perubahan fisik dan kimia pada albumen selama penyimpanan. Salah satu faktor utama yang memengaruhinya adalah keluarnya gas CO₂ melalui pori-pori kerabang telur, yang menyebabkan perubahan pada struktur dan kekentalan putih telur. Menurut Hardianto (2017), setelah telur ditelurkan, kehilangan CO₂ berlangsung secara bertahap dari albumen yang masih mengandung asam karbonat dalam keadaan seimbang dengan gas tersebut. Pelepasan CO₂ menyebabkan asam karbonat terurai menjadi CO₂ dan air, sehingga memicu perubahan sifat fisikokimia albumen yang mengakibatkan putih telur semakin encer dan kualitasnya menurun selama penyimpanan.

Secara keseluruhan nilai IPT yang didapatkan Jika dibandingkan dengan nilai standar SNI (BSN, 2008) yang menyatakan telur dengan kualitas baik memiliki nilai IPT berkisar antara 0,050–0,174. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian tanpa kitosan minggu ke-2 dan minggu ke-3 masih bisa mempertahankan nilai IPT, setelah itu terjadi penurunan pada minggu ke-4 dan minggu ke-5 dan pemberian kitosan mampu mempertahankan nilai IPT selama penyimpanan 2 - 5 minggu. Kecuali pada pemberian kitosan 1,5% di minggu ke-5.

4.5. pH Telur

Hasil pengujian terhadap pH telur ayam ras yang di celupkan dalam konsentrasi kitosan yang berbeda dan setelah penyimpanan selama 2 Sampai 5 minggu pada suhu ruang dapat dilihat dalam tabel 6.

Tabel 6. Rataan pH Telur Ayam Ras Selama Penelitian

Faktor A (Lama penyimpanan)	Faktor B (Konsentrasi Kitosan)				Rataan
	B0 (0%)	B1 (1,5%)	B2 (3%)	B3 (4,5%)	
A1 (2 Minggu)	8,07	7,86	7,85	7,83	7,90 ^d
A2 (3 Minggu)	8,57	8,16	8,06	8,04	8,21 ^c
A3 (4 Minggu)	9,07	8,46	8,26	8,24	8,51 ^b
A4 (5 Minggu)	9,57	8,76	8,46	8,44	8,81 ^a
Rataan	8,82 ^A	8,31 ^B	8,16 ^B	8,14 ^B	
SE	0,10				

Keterangan : Tidak terdapat interaksi nyata ($P>0,01$) antara lama penyimpanan (A) dan konsentrasi kitosan (B). Huruf kecil yang berbeda pada rata-rata faktor A dan huruf besar pada rata-rata faktor B menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P<0,01$).

Berdasarkan Tabel 6, hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi yang nyata ($P>0,01$) antara lama penyimpanan dan konsentrasi kitosan terhadap pH telur ayam ras. Rataan nilai Faktor A pH ayam ras selama penelitian berkisar antara 7,90 – 8,81. Nilai pH tertinggi diperoleh pada A4 (minggu ke-5) yaitu sebesar 8,81, sedangkan nilai terendah diperoleh pada A1 (minggu ke-2) yaitu sebesar 7,90.

Faktor A4 berbeda nyata dengan semua perlakuan, begitu juga dengan perlakuan A1, A2, dan A3. Perubahan pH telur selama penyimpanan berkaitan erat dengan menurunnya kualitas albumen akibat kerusakan struktur protein. Seiring bertambahnya lama penyimpanan, protein ovomusin mengalami degradasi sehingga kekentalan putih telur berkurang dan albumen menjadi lebih encer. Kondisi ini diikuti oleh peningkatan pH putih telur yang menunjukkan terjadinya

perubahan sifat fisikokimia telur. Menurut Jazil dkk. (2013), pelepasan CO₂ melalui pori-pori kerabang menyebabkan berkurangnya konsentrasi ion bikarbonat dalam putih telur sehingga sistem penyangga yang berfungsi menjaga kestabilan pH menjadi terganggu. Akibatnya, pH telur terus meningkat dan mempercepat penurunan kualitas internal telur selama penyimpanan

Rataan nilai Faktor B pH ayam ras selama penelitian berkisar antara 8,14 – 8,82. Nilai pH tertinggi diperoleh pada B0 (tanpa perlakuan) yaitu sebesar 8,82, sedangkan nilai terendah diperoleh pada B3 (konsentrasi 4,5%) yaitu sebesar 8,14. Pada faktor B0, nilai pH berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya, sedangkan faktor B3 tidak berbeda nyata dengan B1 dan B2, tetapi berbeda nyata dengan B0. Hasil tersebut menunjukkan bahwa lama penyimpanan berpengaruh terhadap peningkatan pH telur, sementara pemberian kitosan mampu menghambat laju kenaikan pH selama penyimpanan. Semakin tinggi konsentrasi kitosan yang diberikan, semakin baik kemampuannya dalam mempertahankan kestabilan pH telur. Pada penelitian ini, nilai pH telur pada minggu ke-2 masih berada pada kisaran 7,83–8,07 yang menunjukkan kualitas telur masih relatif baik. Hasil ini sejalan dengan Cornelia dkk. (2014), yang melaporkan bahwa pH telur segar sekitar 8, kemudian meningkat menjadi 9 setelah satu minggu penyimpanan dan mencapai 9,5 setelah dua minggu. Oleh karena itu, rendahnya peningkatan pH pada telur yang dilapisi kitosan mengindikasikan bahwa pelapisan tersebut efektif dalam mempertahankan kualitas internal telur selama penyimpanan.