

Nutrien dan Morfologi Membran Kerabang Telur Ayam Kampung sebagai Bahan Baku Produksi Kolagen

(Nutrient and Morphology of Membrane Collagen from Native Chicken Eggshell as Collagen Raw Material)

Rina Wahyuningsih^{1*}, Andi Febrisiantosa¹, Teguh Wahyono¹, Diah Pratiwi¹, Ahmad Iskandar Setiyawan¹, Muhammad Faiz Karimy¹, Taufik Kurniawan¹, Ragil Yuliatmo², Yuny Erwanto³, Abdul Rohman⁴

(Diterima Mei 2023/Disetujui Desember 2023)

ABSTRAK

Kolagen yang berasal dari membran kerabang telur merupakan materi fungsional yang semakin populer. Ayam kampung adalah salah satu komoditas lokal unggulan yang limbah industrinya berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku kolagen. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi nutrisi dan morfologi membran kerabang telur ayam kampung sebagai bahan baku produksi kolagen. Parameter yang diamati adalah morfologi menggunakan mikroskop electron payar, komposisi mineral, dan kandungan nutrisi kolagen (kadar air dan protein). Pengamatan menggunakan SEM menunjukkan bahwa membran kerabang telur ayam kampung memiliki ciri berserat. Bentuk serat yang bertautan merupakan representasi dari matriks ekstraseluler yang ada pada protein kolagen. Membran kerabang mengandung mineral makro Cl, K, Ca, P, dan Mg berturut-turut 1,696%; 1,796%; 14,30%; 0,437%; dan 0,146%. Mineral mikro I dan Mo juga terkandung dengan konsentrasi 0,00034% dan 0,00014%. Kadar air membran kerabang telur ayam kampung unggulan menurun 13,05% setelah proses ekstraksi kolagen ($p < 0,05$) dengan kadar protein kasar 25,32% setelah proses ekstraksi. Disimpulkan bahwa membran kerabang telur ayam kampung menghasilkan ciri morfologi berserat yang bertautan dan mengandung mineral yang tinggi sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku produksi kolagen di berbagai bidang.

Kata kunci: ayam kampung, membran kerabang, kolagen, morfologi, telur

ABSTRACT

Collagen derived from the eggshell membrane, is an increasingly popular functional material. Native chicken is one of the leading local commodities whose industrial waste has the potential to be used as collagen raw material. This study aimed to evaluate the nutrients and morphology of the eggshell membrane of native chicken eggs as raw material for collagen production. The parameters observed were morphology using electron scanning microscopy, mineral composition, and collagen nutrient content (water and protein). SEM observations showed that the eggshell membrane of native chicken eggs was fibrous. The meshed fiber form represents the extracellular matrix present in collagen proteins. The eggshell membrane contains Cl, K, Ca, P, and Mg macrominerals at 1.696%, 1.796%, 14.30%, 0.437%, and 0.146%, respectively. Microminerals I and Mo were also found at 0.00034% and 0.00014%, respectively. The moisture content of the superior native chicken eggshell membrane decreased by 13.05% after the collagen extraction ($p < 0.05$), with a crude protein content of 25.32% after the extraction. It was concluded that the eggshell membrane of native chicken eggs produces fibrous morphological characteristics that are meshed and contain high minerals so that they have the potential to be used as raw materials for collagen production in various applications.

Keywords: collagen, eggshell, eggshell membrane, native chicken, morphology

PENDAHULUAN

Kolagen adalah struktur protein yang multifungsi untuk diaplikasikan di berbagai aplikasi. Sebagai protein, kolagen memiliki ciri struktur berserat yang

merupakan komponen krusial matriks ekstraseluler suatu organisme. Protein kolagen berperan penting dalam menjaga konsistensi struktur hayati pada berbagai jaringan organisme (Maroušek *et al.* 2015; Romadhon *et al.* 2019; Schmidt *et al.* 2016). Kolagen dapat diekstraksi dari membran kerabang telur yang merupakan sumber kolagen alternatif, selain dari mamalia. Menurut Jain & Anal (2016) dan (Baláz 2014), tebal membran kerabang sekitar 100 mm dengan kadar protein 800 sampai 850 g/kg dan sebagian besar merupakan kolagen tipe I, V, dan X, dengan kadar protein 100 g/kg dari total protein. Arias *et al.* (1991) melaporkan bahwa total protein membran yang berada pada membran kerabang disusun oleh 10% protein kolagen. Kolagen yang diekstraksi dari

¹ Pusat Riset Teknologi dan Proses Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Jogja-Wonosari km 31,5, Gunung Kidul, Yogyakarta 55861

² Akademi Teknologi Kulit Yogyakarta, Tarudan, Bangunharjo, Sewon, Yogyakarta 55188

³ Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, Jl. Fauna No. 03, Karang Gayam, Caturtunggal, Yogyakarta 55281

⁴ Fakultas Farmasi, Universitas Gadjah Mada, Jl. Fauna No. 03, Karang Gayam, Caturtunggal, Yogyakarta 55281

* Penulis Korespondensi: Email: rina017@brin.go.id

kerabang telur telah diuji secara sitotoksitas, genotoksitas, dan biokimia. Dari hasil pengujian, kolagen dari membran kerabang tidak berpotensi menimbulkan risiko alergi dan reaksi autoimun (Ruff *et al.* 2012).

Membran kerabang telur terdiri atas polisakarida seperti kondroitin sulfat dan asam hialuronat (Jain & Anal 2016). Kerabang telur merupakan model hayati pembentukan mineral yang terdiri atas beberapa lapis termasuk bagian membran (Arias *et al.* 1991). Beberapa manfaat membran kerabang telur adalah untuk pengobatan osteoporosis, bahan kosmetik, mempercepat penyembuhan luka, perisa makanan, dan mengatasi peradangan pada gigi (King'ori 2011). Menurut Nakano *et al.* (2003), membran kerabang memiliki asam amino berupa hidroksiprolina yang tinggi sekitar 1,5% jika dibandingkan dengan kerabang telur yang hanya 0,3%. Salah satu penyusun asam amino terbanyak pada kolagen adalah hidroksiprolina sehingga pemanfaatan membran kerabang telur ayam sebagai bahan baku kolagen menarik untuk diteliti lebih lanjut.

Membran kerabang telur adalah bagian dari telur yang mengandung nutrisi esensial dalam jumlah yang tinggi (Bayraktar *et al.* 2021). Membran telur sebagian besar terdiri atas serat (*fiber*) tunggal dan dibagi menjadi tiga lapis: bagian luar, bagian dalam, dan membran terbatas yang spesifik (Chi *et al.* 2022). Pengolahan limbah kerabang menjadi material fungsional diprediksi meningkat ke depan (Bayraktar *et al.* 2021). *Collagen-like proteins* adalah struktur protein utama pada membran kerabang yang berbasis hidroksilisina, desmosina, dan isodesmosina (Arias *et al.* 1991). Efektivitas pemisahan membran dari kerabang masih diteliti sampai saat ini. Secara garis besar, pemisahan tersebut dibagi menjadi metode fisik, kimia, dan enzimatik (Chi *et al.* 2022). Kolagen yang berasal dari membran kerabang merupakan sumber daya hayati yang berharga. Membran kerabang memiliki ciri fisika, kimia, dan termal yang spesifik, serta dapat diaplikasikan dalam bidang yang lebih luas (Han *et al.* 2016). Kajian Mohammadi *et al.* (2016) menerangkan bahwa rendemen kolagen yang diekstraksi dari membran kerabang telur ayam komersial sekitar 30,049% dengan perendaman dalam NaOH 0,76 mol/L selama 18 jam dan lama ekstraksi 43,42 jam dengan pepsin 50 U/mg. Rendemen kolagen yang tinggi dari membran kerabang tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan kolagen yang ramah lingkungan.

Di Indonesia, ayam kampung dikenal dengan istilah ayam buras. Produksi telur ayam buras di Indonesia pada tahun 2022 adalah 375.253 ton, meningkat berturut-turut 2,74% dan 4,45% dari tahun 2021 dan 2020. Peningkatan produksi telur juga disebabkan oleh meningkatnya populasi ayam buras 7.709.715 ekor selama setahun terakhir (BPS 2023). Galur ayam buras yang saat ini masih dikembangkan di Indonesia adalah ayam Kampung Unggulan Balitbangtan (KUB). Sebagai ayam kampung unggul, ayam KUB memiliki

produktivitas telur yang tinggi. Ayam KUB sudah dapat bertelur sejak umur 22–24 pekan dengan produksi 160–180 butir per tahun (Pustaka Setjen Pertanian 2021). Dengan berbagai kelebihan yang ada, ketertarikan masyarakat untuk memelihara ayam KUB semakin meningkat. Hal ini diimbangi dengan meningkatnya peternakan ayam KUB yang khusus menyediakan bibit ayam unggul. Limbah kerabang telur adalah potensi yang dapat dimanfaatkan untuk penyediaan bahan industri kolagen. Sebagai informasi, Setiyawan *et al.* (2022) melaporkan bahwa terdapat dua pabrik penetasan telur (*hatchery*) yang beroperasi di Kapanewon Semanu, Gunungkidul, dengan kapasitas produksi 100.000 butir telur tetas/bulan. Hal ini merupakan potensi yang besar untuk mempersiapkan industri pengolahan kolagen dari membran kerabang telur. Sampai saat ini, belum ada informasi terkait ciri kolagen membran kerabang yang diperoleh dari kerabang telur ayam kampung dari limbah *hatchery*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mencirikan morfologi dan nutrisi membran kerabang telur ayam KUB sebagai bahan baku utama produksi kolagen.

METODE PENELITIAN

Penyiapan Bahan

Bahan utama adalah limbah kerabang telur yang diperoleh dari peternak ayam KUB di Turi dan Berbah, Sleman, Yogyakarta. Kerabang telur dikoleksi dan dibersihkan dari kotoran dan pasir yang menyertainya. Selanjutnya, kerabang dan membran dipisahkan secara manual kemudian digiling sampai menjadi bubuk. Untuk mengekstraksi membran, kerabang dipotong-potong kurang lebih 1 cm kemudian direndam dalam NaOH 0,1 M selama 24 jam. Setelah itu, membran kerabang dinetralkan dengan air mengalir sampai pH netral (7,0) dan kemudian direndam kembali dengan asam asetat 0,5 M selama 24 jam. Ekstrak yang diperoleh disaring dan dikoleksi untuk diproses menjadi kolagen; sisanya yang tidak tersaring berupa membran kerabang untuk analisis proksimat. Metode ekstraksi didasarkan pada penelitian Mohammadi *et al.* (2016) dengan sedikit modifikasi.

Prosedur

Pengamatan secara deskriptif dilakukan untuk melihat penampakan morfologi membran kerabang telur. Pada parameter kadar air dan kadar protein, rancangan uji *t* diterapkan untuk mengevaluasi perbedaan antara membran kerabang kering (sebelum diekstraksi) dan membran kerabang basah (setelah diekstraksi).

Pengukuran Morfologi dengan SEM

Morfologi kolagen membran kerabang telur ayam KUB (sebelum diekstraksi) dicitrakan dengan *scanning electron microscope* (SEM) (LEO Electron Microscopy Ltd., Inggris) yang dilengkapi dengan dispersi energi spektroskopi sinar X (EDX, Quantax 200, XFlash 4010,

Bruker AXS, Jerman). Sebelum dianalisis, sampel dilapisi dengan emas sebagai konduktor. Sampel yang telah dilapisi kemudian diarahkan ke *specimen holder* untuk diambil citranya. Citra SEM diambil dengan *secondary electron detector*, *working distance* (WD) 7,1 mm, EHT 5.00 kV dengan perbesaran 250, 500, 1000, dan 2500.

Penetapan Mineral dengan XRF

Mineral ditetapkan dengan XRF menggunakan spektrofotometer XRF (@Malvern PANalytical), Epsilon 4 50 kV, 3 mA, dengan metode analisis Omnia Standard berupa helium. Sampel kolagen ditempatkan pada *sample holder* kemudian diratakan dan dimasukkan ke dalam difraktometer yang dioperasikan dengan radiasi sinar-X 50 kV.

Penetapan Kadar Air

Kadar air ditetapkan berdasarkan metode AOAC (2005). Cawan yang telah ditimbang (*a* gram) ditambahkan sampel sebanyak 2 g kemudian dipanaskan dalam oven suhu 105 °C (*b* gram) selama 24 jam. Cawan berisi sampel dikeluarkan dari tanur kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 1 jam, dan ditimbang (*c* gram). Perhitungan kadar air adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ kandungan air} = 100\% - \left(\frac{c-a}{b-a} \times 100\% \right)$$

Penetapan Kadar Protein

Kadar protein kasar ditetapkan menggunakan metode AOAC (2005) dengan alat *Velp Automatic Kjeldahl Analyzer*®. Sebanyak 1 g sampel dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl 100 mL bersama dengan 1 g

selenium. Ke dalam labu ditambahkan 12,5 mL H₂SO₄ 98% dan campuran didestruksi di lemari asam hingga larutan berwarna bening. Hasil destruksi yang telah dingin kemudian ditambahkan 5 mL H₃BO₃ 2%, lalu didistilasi selama 5 menit. Distilat ditampung ke dalam labu yang telah diberi 4 tetes indikator dan dititrasi menggunakan larutan HCl 0.1 N. Kandungan protein kasar ditentukan dengan rumus:

$$\% \text{ Kadar PK} = \frac{V \times N \times 0.014 \times 6.25 \times fp}{\text{bobot sampel (g)}} \times 100\%$$

Keterangan:

V = Volume titran

N = Normalitas larutan HCl

fp = Faktor pengenceran

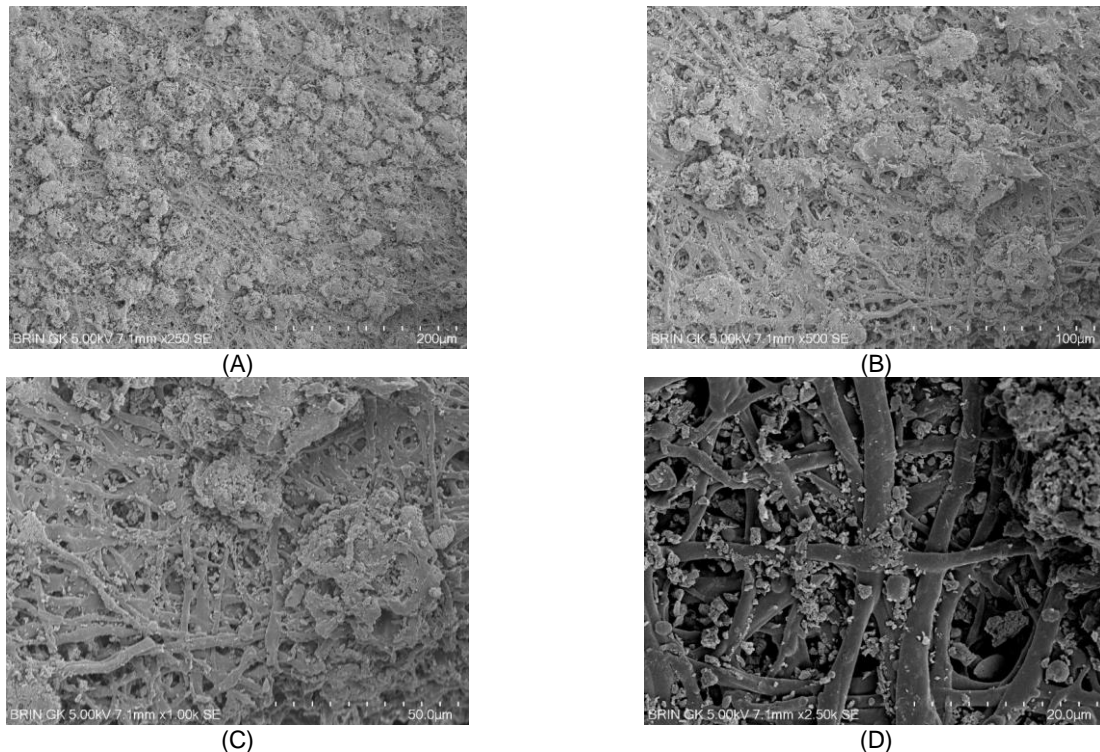
Analisis Statistik

Data kandungan nutrisi berupa kadar air dan kadar protein dianalisis menggunakan uji *t*. Peranti lunak SPSS 22.0 digunakan dalam penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ciri Morfologi

Hasil pencitraan membran kerabang telur KUB (sebelum diekstraksi) yang diamati menggunakan SEM dengan perbesaran 250, 500, 1000, dan 2500 kali dapat dilihat pada Gambar 1. Romadhon *et al.* (2019) menjelaskan bahwa morfologi perlu diamati untuk mengetahui karakteristik kolagen sebelum diaplikasikan baik sebagai produk kosmetik maupun kesehatan. Perubahan morfologi dan citra permukaan



Gambar 1 Ciri morfologi membran kerabang telur KUB pada perbesaran 250× (A), 500× (B), 1000× (C), dan 2500× (D).

kolagen kerabang telur dapat dilihat dengan SEM (Yi *et al.* 2004). Limbah kerabang telur dari *hatchery* dengan SEM pernah ditinjau oleh Setiyawan *et al.* (2022). Akan tetapi, membran kerabang telur belum pernah ditinjau dengan SEM, terutama pada material kerabang telur ayam kampung.

Gambar 1 memperlihatkan bahwa morfologi membran kerabang terlihat seperti serat yang saling bertautan. Membran yang berasal dari limbah *hatchery* terlihat terbentuk dengan baik karena berkaitan dengan fungsinya dalam pertumbuhan embrio ayam (Setiyawan *et al.* 2022). Setiyawan *et al.* (2021) menambahkan bahwa serabut-serabut membran sering terlihat pada membran kerabang telur *hatchery*. Padmanabhan *et al.* (2015) melaporkan bahwa kolagen dari kerabang memiliki struktur berpori terbuka, saling bertautan, dan homogen. Protein kolagen yang berbentuk serat mampu merangsang pertumbuhan sel. Selain itu fungsi kolagen dari kerabang dapat menggantikan produk industri yang lebih mahal (Rønning *et al.* 2020). Serat pada kolagen membran kerabang terdiri atas dua membran individu: (1) membran tipis di atas putih telur (albumin); dan (2) membran luar tebal yang melekat pada kerabang (Cordeiro & Hincke 2011).

Selain tipe ayam, ransum yang diberikan berpengaruh pada struktur morfologi membran kerabang (Yamauchi *et al.* 2013). Struktur serat rapat pada kerabang telur ayam kampung diduga disebabkan oleh pakan industri *hatchery* yang mengandung cukup mineral. Pakan dengan kandungan mineral akan menyediakan material yang cukup untuk membentuk struktur kerabang. Unsur kalsium merupakan penyusun utama jaringan palisade kerabang, sedangkan unsur fosforus adalah bagian dari fosfoprotein yang berikatan dengan matriks organik penyusun protein kolagen (Arpášová *et al.* 2010). Yamauchi *et al.* (2013)

melaporkan bahwa ayam yang diberi campuran pakan serbuk arang dan cuka menghasilkan total kolagen kerabang telur yang tinggi dan berkualitas. Umur ayam juga diduga memengaruhi karakteristik kolagen yang dihasilkan. Hal ini karena sel-sel granular di dalam *isthmus* berperan dalam mensekresikan berbagai komponen membran kerabang (Fitriani *et al.* 2016). Dalam penelitian ini, umur ayam tidak diketahui karena kerabang telur diperoleh dari limbah yang telah bercampur. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengevaluasi kualitas kolagen membran kerabang telur yang berasal dari umur ayam yang berbeda.

Ciri Mineral

Membran kerabang telur ayam KUB mengandung mineral makro Cl, K, Ca, P, dan Mg berturut-turut 1,696%, 1,796%, 14,30%, 0,437%, dan 0,146% (Tabel 1). Mineral mikro I dan Mo juga terkandung dalam kolagen dengan konsentrasi 3,4 dan 1,4 ppm. Perbandingan kandungan mineral membran kerabang telur ayam kampung dengan beberapa hasil riset sebelumnya juga disampaikan pada Tabel 2. Kandungan Ca dan Mg pada hasil ekstraksi membran kerabang telur ayam kampung lebih rendah dibandingkan semua tipe kerabang telur hasil penelitian (Setiyawan *et al.* 2021). Sebaliknya, kandungan P membran kerabang telur ayam KUB lebih tinggi dibandingkan kerabang telur itik, ayam petelur, dan ayam kampung.

Setiyawan *et al.* (2021) melaporkan bahwa kandungan Ca yang tinggi pada sampel kerabang merupakan representasi dari jaringan palisade yang memperkuat formasi kerabang. Garam kalsium, protein, karbohidrat, dan lemak adalah penyusun utama bagian epidermis yang mengelilingi kerabang. Kombinasi material ini adalah lapisan kedap air dan penghalang utama untuk mencegah invasi mikro-

Tabel 1 Ciri mineral membran kerabang telur ayam KUB

Unsur		Oksida	
Elemen	Kadar (%)	Elemen	Kadar (%)
Ca	14,300	CaO	14,57
S	3,175	SO ₃	6,963
K	1,796	K ₂ O	1,690
Cl	1,696	Cl	1,407
P	0,437	P ₂ O ₅	0,919
Mg	0,146	MgO	0,242
Sc	0,01099	Sc ₂ O ₃	0,00603
Sn	0,00327	SnO ₂	0,00277
Te	0,0023	TiO ₂	0,00249
Ti	0,00167	TeO ₂	0,00194
Ba	0,00131	BaO	0,00099
Sb	0,00096	Sb ₂ O ₃	0,00076
Cs	0,00089	Cs ₂ O	0,00064
I	0,00034	I	0,00023
Pd	0,00024	PdO	0,00019
Cd	0,00018	MoO ₃	0,00014
Mo	0,00014	CdO	0,00013
In	0,00007	Rh	0,00004
Rh	0,00006	Tc	0,00002
Tc	0,00003	RuO ₂	0,00002
Ru	0,00002		

organisme asing (Chi *et al.* 2022). Kandungan Ca pada kerabang telur ayam kampung *hatchery* lebih rendah dibandingkan telur konsumsi. Hal ini karena embrio memanfaatkan mineral untuk perkembangan tubuhnya (Setiyawan *et al.* 2022). Kandungan Ca pada membran kerabang telur ayam KUB juga lebih rendah setelah proses ekstraksi. Kadar Ca yang rendah pada membran kerabang telur KUB disebabkan oleh pemurnian protein kolagen dari membran kerabang. Sedikit Ca yang tertinggal kemungkinan adalah unsur yang berikatan dengan P (CaP). Kalsium fosfat (CaP) merupakan sumber mineral utama untuk membuat material bioaktif yang bermanfaat untuk aplikasi klinis (Cordeiro & Hincke 2011).

Setelah proses ekstraksi, membran kerabang telur ayam KUB mengandung mineral P yang tinggi. Hal tersebut karena mineral P adalah bagian dari fosfoprotein yang menyusun protein kolagen membran kerabang (Arpášová *et al.* 2010). Mineral P memiliki peran krusial dalam ketahanan dan elastisitas membran kerabang (Arpášová *et al.* 2010). Kandungan

fosfoprotein pada kolagen berhubungan dengan kemampuan serat pada kolagen sebagai inisiator kristal nukleat (Arias *et al.* 1991). Sampai sejauh ini, belum banyak informasi yang dapat digali terkait kandungan mineral kolagen yang diekstraksi dari membran kerabang telur. Perbedaan komposisi mineral dalam kolagen akan beragam, bergantung pada metode ekstraksi yang diterapkan (Schmidt *et al.* 2016).

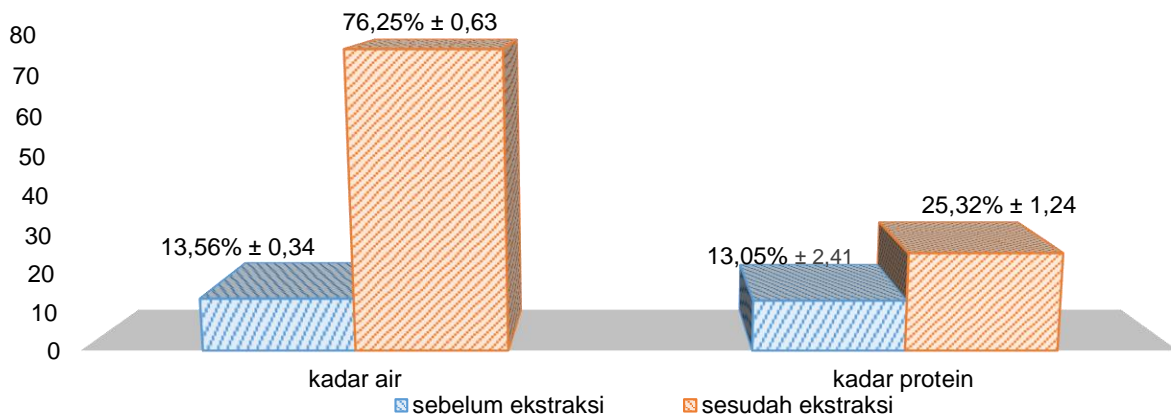
Kandungan Nutrien

Kadar air membran kerabang yang diekstraksi menjadi lebih rendah (13,05%) dibandingkan dengan sebelum ekstraksi (13,56%) (Gambar 2). Kandungan protein kasar setelah ekstraksi menurun menjadi 25,32%. Sebagai perbandingan, kadar air dan protein kasar dari membran kerabang telur hasil beberapa penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 3. Pada membran kerabang yang belum diekstraksi, kadar air sekitar 13,56%. Kandungan protein (sebelum diekstraksi) yang diperoleh juga 76,25%. Hal ini

Tabel 2 Perbandingan ciri mineral membran kerabang telur ayam KUB dengan beberapa sampel kerabang telur

Parameter	Sampel			
	Membran kerabang telur ayam KUB	Kerabang telur ayam kampung*	Kerabang telur ayam petelur*	Kerabang telur itik*
Ca (%)	14,30	25,05	27,73	26,21
Mg (%)	0,15	0,72	0,72	0,77
P (%)	0,44	0,23	0,21	0,24
Cl (ppm)	1,69	35,9	24,9	td

Keterangan: td = Tidak terdeteksi.
 Sumber: *Setiyawan *et al.* (2021).



Gambar 2 Kadar air dan protein pada membran kerabang telur ayam KUB sebelum (■) dan sesudah (■) diekstraksi.

Tabel 3 Perbandingan kadar air dan protein kolagen membran kerabang telur ayam KUB dengan beberapa sampel kerabang telur

Parameter (%)	Sampel				
	Membran kerabang telur ayam KUB	Kerabang telur ayam kampung*	Kerabang telur ayam petelur*	Kerabang telur limbah <i>bakery</i> **	Kerabang telur limbah <i>hatchery</i> *
Kadar air	13,05	1,65	1,42	0,78	0,81
Protein kasar	25,32	6,03	6,99	4,84	7,31

Sumber: *Setiyawan *et al.* (2021) dan **Setiyawan *et al.* (2022).

membuktikan bahwa proses ekstraksi sangat berpengaruh pada komposisi nutrisi membran kerabang, karena setelah ekstraksi kandungan kadar air dan protein menurun dan menandakan bahwa proses ekstraksi berhasil.

Membran kerabang telur ayam kampung memiliki potensi berupa kandungan protein yang tinggi. Kandungannya dapat meningkat jika menggunakan limbah kerabang telur *hatchery*. Setiyawan *et al.* (2021) melaporkan bahwa kandungan protein kerabang dari *hatchery* lebih tinggi dibandingkan limbah *bakery* karena kandungan membran kerabang yang tinggi. Protein pada membran kerabang memiliki struktur yang spesifik untuk menjaga rekonstruksi matriks kolagen (Takahashi *et al.* 1996). Lebih lanjut dijelaskan bahwa protein kolagen memiliki struktur makro yang stabil. Perlakuan penanganan pra-ekstraksi juga penting untuk menghasilkan produk kolagen yang tinggi kandungan nutrisinya (Setiyawan *et al.* 2022). Perbedaan kandungan nutrisi dari beberapa sampel kolagen disebabkan oleh metode ekstraksi yang berbeda. Metode ekstraksi adalah langkah penting yang menentukan jumlah, kemurnian, dan integritas struktur protein kolagen (Schmidt *et al.* 2016). Terdapat berbagai metode ekstraksi protein kolagen dari membran kerabang; Xiao *et al.* (2021) melaporkan bahwa perlakuan alkali diperlukan sebelum ekstraksi menggunakan asam karena ada protein nonkolagen pada membran kerabang. Selain proses hidrolisis dengan protease, fermentasi mikroba juga dapat menghasilkan peptida bioaktif.

KESIMPULAN

Membran telur ayam KUB berpotensi untuk dikembangkan sebagai material fungsional untuk produksi kolagen di berbagai aplikasi. Hal ini berdasarkan hasil evaluasi morfologi, mineral, kadar air, dan protein. Berdasarkan evaluasi morfologi, membran kerabang telur ayam KUB memiliki ciri berserat yang saling bertautan. Bentuk serat seperti ini merupakan representasi dari matriks ekstraseluler yang ada pada protein kolagen. Membran kerabang mengandung mineral makro Cl, K, Ca, P, dan Mg berturut-turut 1.696%; 1,796%; 14,30%; 0.437%; dan 0.146%. Membran kerabang telur ayam kampung mengandung kadar protein $25,32 \pm 1,24\%$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Program Riset dan Inovasi untuk Indonesia Maju (RIIM) Gelombang 1 dengan nomor 27/III.1.1/HK/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 2005. *Official Method of Analysis*. Maryland: Association of Official Analytical Chemists.
- Arias JL, Fernandez MS, Dennis JE, Caplan AI. 1991. Collagens of the chicken eggshell *membranes*. *Connective Tissue Research* 26(1–2): 37–45. <https://doi.org/10.3109/03008209109152162>
- Arpášová H, Halaj M, Halaj P. 2010. Eggshell Quality and Calcium Utilization in Feed of Hens in Repeated Laying Cycles. *Czech Journal of Animal Science* 55(2): 66–74. <https://doi.org/10.17221/90/2009-CJAS>
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2023a. Populasi Ayam Buras Menurut Provinsi. Retrieved March 29, 2023 (<https://www.bps.go.id/indicator/24/476/1/populasi-ayam-buras-menurut-provinsi-.html>).
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2023b. Produksi Telur Ayam Buras Menurut Provinsi. 2023. Retrieved March 30, 2023 (<https://www.bps.go.id/indicator/24/490/1/produksi-telur-ayam-buras-menurut-provinsi.html>).
- Baláž M. 2014. Eggshell *membrane* biomaterial as a platform for applications in materials science. *Acta Biomaterialia* 10(9):3827–43.
- Bayraktar O, Galanakis CM, Aldawoud TMS, Ibrahim SA, Köse MD, Uslu ME. 2021. Utilization of eggshell *membrane* and olive leaf extract for the preparation of functional materials. *Foods* 10(4): 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2014.03.020>
- Chi Y, Liu R, Lin M, Chi Y. 2022. A novel process to separate the eggshell *membrans* and eggshells via flash evaporation. *Food Science and Technology (Brazil)* 42. <https://doi.org/10.1590/fst.07522>
- Fitriani E, Isdadiyanto S, Tana S. 2016. Kualitas kerabang telur pada berbagai itik petelur lokal di Balai Pembibitan dan Budidaya Ternak Non-Ruminansia (BPBTNR), Ambarawa. *Bioma* 18(2): 107–113. <https://doi.org/10.14710/bioma.18.2.107-113>
- Han SH, An JY, Hwang J, Kim SB, Park BB. 2016. The effects of organic manure and chemical fertilizer on the growth and nutrient concentrations of yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* Lin.) in a nursery system. *Forest Science and Technology* 12(3): 137–43. <https://doi.org/10.1080/21580103.2015.1135827>
- Jain S, Anal AK. 2016. Optimization of extraction of functional protein hydrolysates from chicken egg shell *membrane* (ESM) by ultrasonic assisted extraction (UAE) and enzymatic hydrolysis. *LWT-*

- Food Science and Technology* 69: 295–302. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.057>
- King`ori AM. 2011. "A review of the uses of poultry eggshells and shell *membranes*." *International Journal of Poultry Science* 10: 908–12. <https://doi.org/10.3923/ijps.2011.908.912>
- Maroušek J, Maroušková A, Myšková K, Váchal J, Vochozka M, Žák J. 2015. Techno-economic assessment of collagen casings waste management. *International Journal of Environmental Science and Technology* 12(10): 3385–90. <https://doi.org/10.1007/s13762-015-0840-z>
- Cordeiro MMC, Hincke MT. 2011. Recent patents on eggshell: shell and *membran* applications. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture* 3(1): 1–8. <https://doi.org/10.2174/2212798411103010001>
- Mohammadi R, Mohammadifar MA, Mortazavian AM, Rouhi M, Ghasemi JB, Delshadian Z. 2016. Extraction optimization of pepsin-soluble collagen from eggshell *membran* by response surface methodology (RSM). *Food Chemistry* 190: 186–93. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.073>
- Nakano T, Ikawa NI, Ozimek L. 2003. Chemical composition of chicken eggshell and shell *membranes*. *Poultry Science* 82(3): 510–14. <https://doi.org/10.1093/ps/82.3.510>
- Padmanabhan SK, Salvatore L, Gervaso F, Catalano M, Taurino A, Sannino A, Licciulli A. 2015. Synthesis and characterization of collagen scaffolds reinforced by eggshell-derived hydroxyapatite for tissue engineering. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 15(1): 504–9. <https://doi.org/10.1166/jnn.2015.9489>
- Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian. 2021. <https://pustaka.setjen.pertanian.go.id/index-berita/janaka-kub-2-ayam-petelur-unggul>.
- Romadhon R, Darmanto YS, Kurniasih RA. 2019. Karakteristik kolagen dari tulang, kulit, dan sisik ikan nila. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 22(2): 403–10. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v22i2.28832>
- Rønning SB, Berg RS, Høst V, Veiseth-Kent E, Wilhelmsen CR, Haugen E, Suso HP, Barham P, Schmidt R, Pedersen ME. 2020. Processed eggshell membrane powder is a promising biomaterial for use in tissue engineering. *International Journal of Molecular Sciences* 21(21): 1–14. <https://doi.org/10.3390/ijms21218130>
- Ruff KJ, Endres JR, Clewell AE, Szabo JR, Schauss AG. 2012. Safety evaluation of a natural eggshell *membrane-derived* product. *Food and Chemical Toxicology* 50(3–4): 604–11. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.12.036>
- Schmidt MM, Dornelles RCP, Mello RO, Kubota EH, Mazutti MA, Kempka AP, Demiate IM. 2016. Collagen extraction process. *International Food Research Journal* 23(3): 913–22.
- Setiyawan, Iskandar A, Karimy MF, Erwinda Z. 2021. Karakteristik mikro struktur dan komposisi cangkang telur unggas domestikasi dengan menggunakan sem dan xrf. Hlm. 490–96 IN *Prosiding seminar nasional Teknologi Agribisnis Peternakan (STAP)*. Vol. 8.
- Setiyawan, Iskandar A, Karimy MF, Pratiwi D, Kurniawan T. 2022. Cangkang telur: karakteristik limbah telur hatchery (broiler) dan bakery (layer) dengan menggunakan sem-edx Eggshells: Characteristics of hatchery (broiler) and bakery (layer) eggs waste using SEM-EDX. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Tropis* 9(1): 116-122. doi: 10.33772/jitro.v9i1.198854.
- Takahashi K, Shirai K, Kitamura M, Hattori M. 1996. Soluble egg shell *membrane* protein as a regulating material for collagen matrix reconstruction. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 60(8): 1299–1302. <https://doi.org/10.1271/bbb.60.1299>
- Xiao N, Xi H, Wen H, Yao Y, Na W, Mingsheng X, Huaying D, Yan Z, Yonggang T. 2021. A review on recent advances of egg byproducts: preparation, functional properties, biological activities and food applications. *Food Research International* 147: 110563. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110563>
- Yamauchi K, Manabe N, Matsumoto Y, Yamauchi KE. 2013. Increased collagen accumulation in eggshell *membran* after feeding with dietary wood charcoal powder and vinegar. *Connective Tissue Research* 54(6): 416–25. doi: 10.3109/03008207.2013.834895.
- Yi, Feng, Zhao Xia Guo, Li Xia Zhang, Jian Yu, and Qiang Li. 2004. Soluble eggshell *membrane* protein: preparation, characterization and biocompatibility. *Biomaterials* 25(19): 4591–99. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2003.11.052>