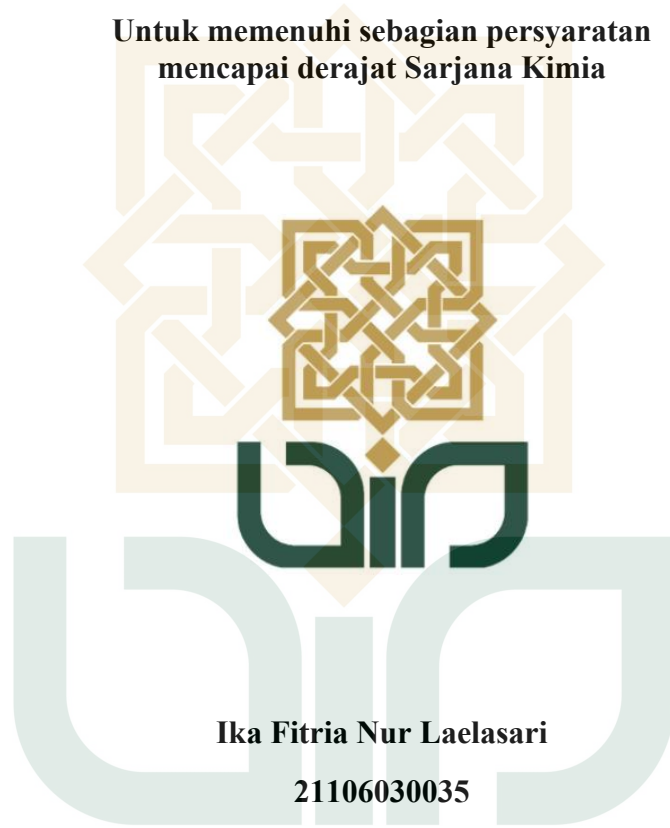


**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI HIDROLISAT KOLAGEN DARI
MEMBRAN CANGKANG TELUR AYAM TERHADAP
KARAKTERISTIK HASIL ENKAPSULASI MENGGUNAKAN
KOMBINASI MALTODEKSTRIN-KARAGENAN**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Kimia**



Ika Fitria Nur Laelasari

21106030035

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2026



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2183/Un.02/DST/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : Pengaruh Variasi Konsentrasi Hidrolisat Kolagen dari Membran Cangkang Telur Ayam Terhadap Karakteristik Hasil Enkapsulasi Menggunakan Kombinasi Maltodekstrin-Karagenan

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : IKA FITRIA NUR LAELASARI
Nomor Induk Mahasiswa : 21106030035
Telah diujikan pada : Selasa, 09 Juni 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Valid ID: 6a8788af8e430

Ketua Sidang

Dr. rer. medic. Esti Wahyu Widowati, M.Si., M. Biotech
SIGNED



Valid ID: 6a8eafcf52a

Penguji I

Dr. Rina Wahyuningsih
SIGNED



Valid ID: 6a878d2b0576e

Penguji II

Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si. M.Si.
SIGNED



Valid ID: 6a8fced9873db

Yogyakarta, 09 Juni 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir
Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Ika Fitria Nur Laelasari
NIM : 21106030035
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Konsentrasi Hidrolisat Kolagen Dari Membran Canggang Telur Ayam Terhadap Karakteristik Hasil Enkapsulasi Menggunakan Kombinasi Maltodekstrin-Karagenan

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 20 Mei 2026
Pembimbing

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA


Dr. Esti Wahyu Widowati, M.Si
NIP: 19760830 200312 2 0001



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir
Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Ika Fitria Nur Laelasari
NIM : 21106030035
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Konsentrasi Hidrolisat Kolagen Dari Membran Canggang Telur Ayam Terhadap Karakteristik Hasil Enkapsulasi Menggunakan Kombinasi Maltodekstrin-Karagenan

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 20 Mei 2026
Pembimbing

Dr. Rina Wahyuningsih, S.Pt
NIP: 19901016 202012 2 015

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Ika Fitria Nur Laelasari
NIM : 21106030035
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Konsentrasi Hidrolisat Kolagen Dari Membran Cangkang Telur Ayam Terhadap Karakteristik Hasil Enkapsulasi Menggunakan Kombinasi Maltodekstrin-Karagenan”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 24 Mei 2026



Ika Fitria Nur Laelasari
NIM 21106030035

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

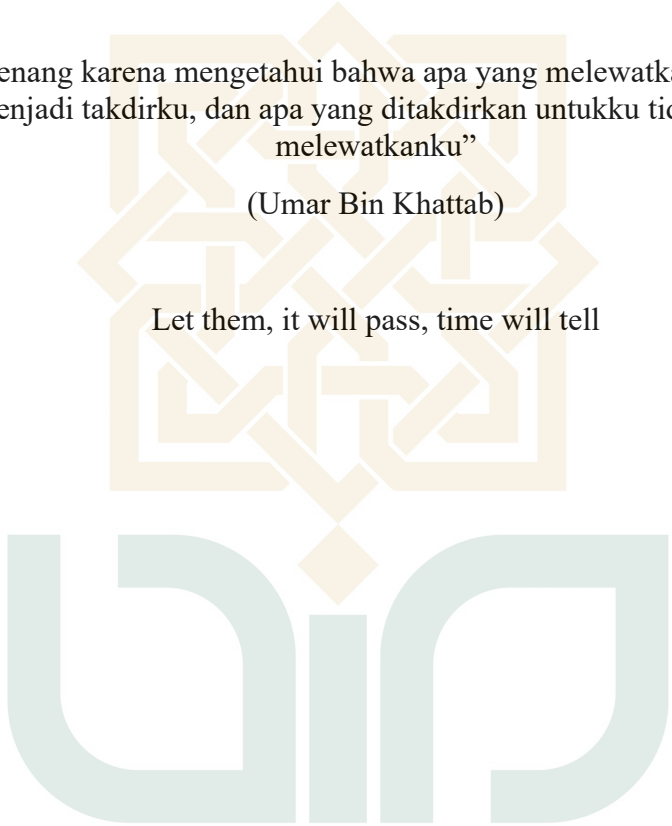
“Allah tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi Allah berjanji, bahwa sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”

(Q.S Al-Insyirah: 5-6)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu”

(Umar Bin Khattab)

Let them, it will pass, time will tell



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini dipersembahkan untuk diri sendiri, keluarga penulis serta almamater
penulis, Prodi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Konsentrasi Hidrolisat Kolagen Dari Membran Cangkang Telur Ayam Terhadap Karakteristik Hasil Enkapsulasi Menggunakan Kombinasi Maltodekstrin-Karagenan” dengan baik sebagai salah satu syarat derajat Sarjana Kimia. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Kesulitan dan hambatan banyak ditemui dalam penyelesaian skripsi ini. Akan tetapi, pertolongan Allah SWT dan bantuan berbagai pihak, penulis dapat melewati hambatan tersebut. penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam proses pembuatan skripsi ini sehingga dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Noorhadi, M. A., M. Phil., Ph. D., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M. Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Prof. Dr. Maya Rahmayanti, M. Si., selaku Ketua Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Bapak Didik Krisdiyanto, M. Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan pengarahan selama masa studi.
5. Ibu Dr. rer. medic. Esti Wahyu Widowati, M. Si., M. Biotech., dan Ibu Dr. Rina Wahyuningsih selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan banyak waktunya untuk membimbing, mengarahkan, mengoreksi, dan memberikan motivasi selama proses penyusunan skripsi.
6. Seluruh Dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
7. Seluruh Bapak/Ibu Peneliti Kelompok Riset Halal, Hewani, dan Tekpang BRIN Pusat Riset Pangan atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.
8. Ibu tercinta, yang dengan penuh kesabaran dan kasih sayang tak pernah lelah memberikan semangat, motivasi, serta doa yang tiada henti demi keberhasilan penulis. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada adik dan keluarga yang lain, atas perhatian, dukungan, dan doa yang selalu mengiringi setiap langkah penulis.
9. Hasna, Mutiara, Ghufro, Mba Riti, Mas Amrizal, Novi, Sabila, mahasiswa teknobiopro, dan seluruh teman seperjuangan dalam satu kelompok bimbingan yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan motivasi.

10. Ahmad Jazari, Mirna, Happy, Muna & Dinda yang telah memberikan dukungan dan semangat selama perkuliahan.
11. Teman-teman Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta angkatan 2021.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu atas segala dukungan dan bantuan dalam proses penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis juga berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater tercinta, Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta dan perkembangan ilmu pengetahuan khususnya ilmu kimia.

Yogyakarta, 02 Januari 2026

Ika Fitria Nur Laelasari

21106030035

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah	5
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	6
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
A. Tinjauan Pustaka	7
B. Landasan Teori	9
C. Hipotesis Penelitian	18
BAB III METODE PENELITIAN	20
A. Waktu dan Tempat Penelitian	20
B. Alat-alat Penelitian	20
C. Bahan Penelitian	20
D. Cara Kerja Penelitian	20
E. Analisis Data	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
A. Karakteristik Hidrolisat Kolagen dari Membran Kerabang Telur Ayam	27
B. Optimasi Proses Enkapsulasi Hidrolisat Kolagen	31
C. Karakteristik Air Enkapsulasi Hidrolisat Kolagen	36
D. Karakteristik Proksimat Enkapsulasi Hidrolisat Kolagen	42
E. Karakteristik Fisik Enkapsulasi Hidrolisat Kolagen	47
F. Karakteristik Mikrobiologis Enkapsulasi Hidrolisat Kolagen	52
G. Penentuan Perlakuan Optimum Enkapsulasi Hidrolisat Kolagen	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	58
A. Kesimpulan	58

B. Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	65



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil Analisis Warna Mikrokapsul Hidrolisat Kolagen	47
Tabel 4.1	Hasil Analisis Tekstur Enkapsulasi Hidrolisat Kolagen	49
Tabel 4.1	Nilai Total Plate Count (TPC) Hasil Enkapsulasi Hidrolisat Kolagen	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Kolagen	11
Gambar 2.2	Struktur Maltodekstrin	12
Gambar 2.3	Struktur Karagenan	12
Gambar 2.4	Ragam Jenis Morfologi Partikel Enkapsulat (Silva & Meireles, 2014)	14
Gambar 4.1	Pengaruh konsentrasi hidrolisat kolagen terhadap kadar protein terlarut	30
Gambar 4.2	Pengaruh konsentrasi hidrolisat kolagen terhadap kadar protein terlarut hasil enkapsulasi (metode Lowry)	32
Gambar 4.3	Pengaruh konsentrasi hidrolisat kolagen terhadap efisiensi enkapsulasi	34
Gambar 4.4	Pengaruh konsentrasi hidrolisat kolagen terhadap kadar air hasil enkapsulasi (metode oven)	36
Gambar 4.5	Pengaruh konsentrasi hidrolisat kolagen terhadap kadar air sistem enkapsulasi sebelum proses vacuum drying	39
Gambar 4.6	Pengaruh konsentrasi hidrolisat kolagen terhadap aktivitas air (Aw) hasil enkapsulasi	41
Gambar 4.7	Pengaruh konsentrasi hidrolisat kolagen terhadap karakteristik proksimat hasil enkapsulasi	43
Gambar 4.8	Grafik hubungan antara variasi konsentrasi hidrolisat kolagen terhadap kekuatan gel hasil enkapsulasi	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Penelitian	65
Lampiran 2	Dokumentasi Penelitian	102



ABSTRAK**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI HIDROLISAT KOLAGEN DARI
MEMBRAN CANGKANG TELUR AYAM TERHADAP
KARAKTERISTIK HASIL ENKAPSULASI MENGGUNAKAN
KOMBINASI MALTODEKSTRIN-KARAGENAN****Oleh:****Ika Fitria Nur Laelasari
21106030035****Dosen Pembimbing:****Dr. rer. medic. Esti Wahyu Widowati, M. Si., M. Biotech.
Dr. Rina Wahyuningsih S. Pt.**

Hidrolisat kolagen dari membran kerabang telur ayam memiliki potensi sebagai bahan aktif fungsional karena kandungan peptida bioaktifnya, namun bersifat sensitif terhadap panas, oksigen, dan kelembaban sehingga memerlukan teknologi perlindungan untuk meningkatkan stabilitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi proses serta mengkarakterisasi enkapsulasi hidrolisat kolagen dari membran kerabang telur ayam menggunakan kombinasi bahan penyalut maltodekstrin dan karagenan dengan teknik *vacuum drying*. Variasi konsentrasi hidrolisat kolagen yang digunakan yaitu 0% (T0), 10% (T1), 15% (T2), dan 20% (T3). Parameter yang dianalisis meliputi efisiensi enkapsulasi, kadar protein terlarut, kadar protein total, kadar air, *water activity* (A_w), kadar abu, kadar lemak, warna (CIELab), kekuatan gel, serta *Total Plate Count* (TPC).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi hidrolisat kolagen mempengaruhi karakteristik enkapsulasi secara signifikan. Efisiensi enkapsulasi tertinggi diperoleh pada konsentrasi 15% sebesar 80,43%, yang menunjukkan kondisi optimum dalam pembentukan matriks enkapsulasi. Parameter fisikokimia lain seperti kadar protein, kadar air, dan *water activity* menunjukkan pola yang sejalan, dengan nilai terbaik pada konsentrasi yang sama. Nilai kadar air produk berada dalam kisaran rendah ($<10\%$), sedangkan nilai *water activity* masih relatif tinggi ($>0,98$). Berdasarkan hasil tersebut, konsentrasi hidrolisat kolagen 15% merupakan perlakuan optimum karena menghasilkan hasil enkapsulasi dengan karakteristik paling stabil dan efektif dalam melindungi bahan aktif. Produk hasil enkapsulasi yang dihasilkan berpotensi untuk diaplikasikan sebagai bahan aktif fungsional dalam produk pangan.

Kata kunci : hidrolisat kolagen, membran kerabang telur ayam, enkapsulasi, maltodekstrin-karagenan, *vacuum drying*

ABSTRACT

EFFECT OF COLLAGEN HYDROLYSATE CONCENTRATION DERIVED FROM CHICKEN EGG SHELL MEMBRANE ON THE CHARACTERISTICS OF ENCAPSULATION PRODUCTS USING A MALTODEXTRIN–CARRAGEENAN COMBINATION

By:

Ika Fitria Nur Laelasari

21106030035

Advisor

Dr. rer. medic. Esti Wahyu Widowati, M. Si., M. Biotech.

Dr. Rina Wahyuningsih S. Pt

Collagen hydrolysate derived from chicken eggshell membrane has potential as a functional bioactive ingredient due to its bioactive peptide content; however, it is sensitive to heat, oxygen, and moisture, thus requiring protective technology to improve its stability. This study aimed to optimize the process and characterize the encapsulation of collagen hydrolysate from chicken eggshell membrane using a combination of maltodextrin and carrageenan as wall materials through the vacuum drying technique. The concentrations of collagen hydrolysate used were 0% (T0), 10% (T1), 15% (T2), and 20% (T3). The parameters analyzed included encapsulation efficiency, soluble protein content, total protein content, moisture content, water activity (Aw), ash content, fat content, color (CIELab), gel strength, and Total Plate Count (TPC).

The results showed that increasing the concentration of collagen hydrolysate significantly affected the encapsulation characteristics. The highest encapsulation efficiency was obtained at a concentration of 15%, indicating the optimum condition for encapsulation matrix formation. Other physicochemical parameters, including protein content, moisture content, and water activity, exhibited similar trends, with the best values observed at the same concentration. The moisture content of the product was relatively low (<10%), while the water activity remained relatively high (>0.98). Based on these results, a collagen hydrolysate concentration of 15% was determined as the optimum treatment, as it produced encapsulated products with the most stable characteristics and the highest effectiveness in protecting the bioactive compounds. The encapsulation product obtained has the potential to be applied as a functional bioactive ingredient in food products.

Keywords: collagen hydrolysate, chicken eggshell membrane, encapsulation, maltodextrin–carrageenan, *vacuum drying*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Membran cangkang telur ayam merupakan salah satu limbah agroindustri yang jumlahnya melimpah, namun pemanfaatannya masih relatif terbatas. Sebagian besar limbah cangkang telur hanya dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak, pupuk, atau bahkan dibuang sebagai limbah. Padahal, membran yang terdapat pada bagian dalam cangkang telur mengandung berbagai senyawa bioaktif yang bernilai tinggi, seperti kolagen, glikosaminoglikan, asam hialuronat, serta protein-protein fungsional lainnya yang berpotensi dimanfaatkan dalam bidang pangan, farmasi, dan biomedis (Nakano *et al.*, 2003; Shi *et al.*, 2021). Pemanfaatan membran cangkang telur sebagai sumber biomaterial tidak hanya meningkatkan nilai tambah limbah, tetapi juga mendukung konsep ekonomi sirkular dan pengelolaan limbah yang berkelanjutan (Ahmed *et al.*, 2022).

Membran cangkang telur memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sumber kolagen lainnya, seperti kulit ikan, kulit sapi, maupun tulang hewan. Selain ketersediaannya yang melimpah sebagai limbah industri pangan, membran cangkang telur relatif mudah diperoleh, tidak memerlukan proses pemisahan jaringan yang kompleks, serta memiliki risiko kontaminasi biologis yang lebih rendah dibandingkan sumber kolagen mamalia. Oleh karena itu, membran cangkang telur berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber kolagen alternatif yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan (Shi *et al.*, 2021; Ahmed *et al.*, 2022).

Salah satu komponen utama yang terkandung dalam membran cangkang telur adalah kolagen, terutama kolagen tipe I, V, dan X. Kolagen merupakan protein struktural utama yang berperan dalam pembentukan jaringan ikat dan menyusun sekitar 30% dari total protein tubuh hewan (Shoulders & Raines, 2009; Davison-Kotler *et al.*, 2019). Melalui proses hidrolisis, struktur triple helix kolagen dapat dipecah menjadi peptida-peptida berukuran lebih kecil yang dikenal sebagai hidrolisat kolagen. Hidrolisat kolagen memiliki kelarutan, bioavailabilitas, dan aktivitas biologis yang lebih baik dibandingkan kolagen utuh karena ukuran molekulnya yang lebih kecil sehingga lebih mudah diserap oleh tubuh (Mohammad

et al., 2014; Sibilla *et al.*, 2015). Berbagai penelitian melaporkan bahwa hidrolisat kolagen memiliki aktivitas antioksidan, antimikroba, antihipertensi, dan imunomodulator sehingga berpotensi dikembangkan sebagai bahan aktif pada produk pangan fungsional, farmasi, maupun kosmetik (Venkatesan *et al.*, 2017). Hidrolisat kolagen juga memiliki kandungan protein yang tinggi sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan aktif dalam sistem enkapsulasi dan pengembangan pangan fungsional (Nakano *et al.*, 2003; Shi *et al.*, 2021).

Meskipun memiliki berbagai aktivitas biologis yang menjanjikan, hidrolisat kolagen relatif rentan terhadap degradasi akibat pengaruh lingkungan. Paparan suhu tinggi, oksigen, cahaya, dan kelembapan selama proses pengolahan maupun penyimpanan dapat mengakibatkan penurunan aktivitas biologis, kualitas produk, dan stabilitas bahan aktif (Gómez-Guillén *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2023). Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan teknologi yang mampu melindungi hidrolisat kolagen dari kerusakan sehingga karakteristik dan aktivitas biologisnya dapat dipertahankan.

Salah satu teknologi yang banyak dikembangkan untuk melindungi senyawa bioaktif adalah enkapsulasi. Enkapsulasi merupakan teknik pelapisan bahan inti (core material) menggunakan bahan penyalut (wall material) sehingga senyawa aktif dapat terlindungi dari pengaruh lingkungan selama proses pengolahan maupun penyimpanan (Desai & Park, 2005; Gharsallaoui *et al.*, 2007). Teknologi ini mampu meningkatkan stabilitas, memperpanjang umur simpan, memperbaiki kelarutan, serta meningkatkan ketersediaan hayati senyawa bioaktif (Augustin & Hemar, 2009). Keberhasilan proses enkapsulasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama jenis bahan penyalut, konsentrasi bahan inti, dan metode pengeringan yang digunakan.

Bahan penyalut berperan dalam membentuk matriks pelindung yang mampu mempertahankan senyawa aktif selama proses enkapsulasi (Gharsallaoui *et al.*, 2007; Jafari, 2017). Berbagai jenis bahan penyalut telah digunakan dalam proses enkapsulasi, di antaranya karbohidrat, protein, dan gum (Gharsallaoui *et al.*, 2007). Penggunaan kombinasi bahan penyalut diketahui mampu menghasilkan matriks yang lebih stabil dibandingkan penggunaan bahan tunggal karena dapat

memperbaiki karakteristik fisik dan meningkatkan efisiensi enkapsulasi (Burin *et al.*, 2011). Salah satu kombinasi bahan penyalut yang banyak digunakan adalah maltodekstrin dan karagenan.

Maltodekstrin merupakan bahan penyalut yang memiliki viskositas rendah, kelarutan tinggi, kemampuan membentuk film yang baik, serta stabil selama proses pengeringan sehingga banyak digunakan dalam teknologi enkapsulasi (Burin *et al.*, 2011). Sementara itu, karagenan merupakan polisakarida alami yang memiliki kemampuan membentuk gel, meningkatkan viskositas, serta menstabilkan sistem koloid (Liu *et al.*, 2021). Kombinasi maltodekstrin dan karagenan diketahui mampu menghasilkan matriks pelindung yang lebih kuat, meningkatkan efisiensi enkapsulasi, serta memperbaiki stabilitas produk selama penyimpanan (Liu *et al.*, 2021). Oleh karena itu, kombinasi kedua bahan tersebut berpotensi digunakan sebagai bahan penyalut dalam proses enkapsulasi hidrolisat kolagen.

Selain jenis bahan penyalut, konsentrasi bahan inti merupakan faktor penting yang menentukan keberhasilan proses enkapsulasi. Konsentrasi bahan inti yang terlalu rendah menyebabkan kapasitas bahan penyalut tidak dimanfaatkan secara optimal, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kejenuhan matriks penyalut sehingga sebagian bahan aktif tidak dapat terperangkap secara sempurna di dalam sistem enkapsulasi (Dong & Feng, 2004; Palamutoğlu & Sariçoban, 2019). Kondisi tersebut dapat menurunkan efisiensi enkapsulasi dan memengaruhi karakteristik fisikokimia produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, optimasi konsentrasi bahan inti perlu dilakukan untuk memperoleh keseimbangan antara jumlah bahan aktif yang dienkapsulasi dan kemampuan matriks penyalut dalam melindungi bahan aktif tersebut (Dong & Feng, 2004; Liu *et al.*, 2023).

Selain bahan penyalut, metode pengeringan juga berperan penting dalam menentukan kualitas produk hasil enkapsulasi (Ratti, 2001; Tonon *et al.*, 2011). Salah satu metode pengeringan yang dinilai mampu mempertahankan stabilitas senyawa sensitif terhadap panas adalah vacuum drying. Teknik ini dilakukan pada kondisi tekanan rendah sehingga titik didih air menurun dan proses pengeringan dapat berlangsung pada suhu yang lebih rendah dibandingkan metode pengeringan konvensional. Kondisi tersebut memungkinkan senyawa bioaktif tetap terjaga dari

kerusakan akibat panas dan oksidasi selama proses pengeringan (Ratti, 2001; Zhang *et al.*, 2018). Pemilihan variasi konsentrasi hidrolisat kolagen sebesar 10%, 15%, dan 20% didasarkan pada penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa kisaran konsentrasi tersebut masih mampu menghasilkan sistem enkapsulasi yang stabil, sedangkan peningkatan konsentrasi yang terlalu tinggi berpotensi menurunkan efisiensi enkapsulasi akibat keterbatasan kapasitas bahan penyalut dalam mengikat bahan aktif (Palamutoğlu & Sarıçoban, 2019; Nhestricia, 2017). Oleh karena itu, variasi konsentrasi tersebut digunakan untuk mengevaluasi pengaruh jumlah hidrolisat kolagen terhadap karakteristik hasil enkapsulasi sekaligus menentukan konsentrasi optimum yang menghasilkan kualitas produk terbaik.

Keberhasilan proses enkapsulasi umumnya dievaluasi melalui beberapa parameter penting, yaitu efisiensi enkapsulasi, kadar air, kelarutan, dan morfologi partikel. Efisiensi enkapsulasi menunjukkan kemampuan bahan penyalut dalam memerangkap bahan aktif, sedangkan kadar air dan kelarutan berkaitan dengan stabilitas serta kemudahan aplikasi produk. Morfologi partikel digunakan untuk menggambarkan struktur dan karakteristik permukaan partikel hasil enkapsulasi yang dapat memengaruhi kualitas produk selama penyimpanan. Oleh karena itu, parameter-parameter tersebut perlu dikaji untuk menentukan kualitas produk hasil enkapsulasi yang dihasilkan.

Hingga saat ini, penelitian enkapsulasi kolagen masih didominasi oleh kolagen yang berasal dari kulit ikan, kulit sapi, maupun tulang hewan. Penelitian yang memanfaatkan hidrolisat kolagen dari membran cangkang telur ayam sebagai bahan inti masih relatif terbatas. Selain itu, penggunaan kombinasi maltodekstrin dan karagenan sebagai bahan penyalut pada enkapsulasi hidrolisat kolagen membran cangkang telur ayam dengan metode vacuum drying juga belum banyak dilakukan. Kajian mengenai pengaruh variasi konsentrasi hidrolisat kolagen terhadap efisiensi enkapsulasi, kadar air, kelarutan, dan morfologi partikel pada sistem tersebut juga masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan penelitian tersebut.

Berdasarkan uraian tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi konsentrasi hidrolisat kolagen dari membran cangkang telur ayam terhadap

karakteristik hasil enkapsulasi menggunakan kombinasi maltodekstrin dan karagenan sebagai bahan penyalut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi hidrolisat kolagen yang optimum sehingga diperoleh produk hasil enkapsulasi dengan efisiensi enkapsulasi tinggi, karakteristik fisikokimia yang baik, serta stabilitas yang memadai. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat mendukung pemanfaatan limbah membran cangkang telur ayam sebagai sumber biomaterial bernilai tambah yang berpotensi diaplikasikan dalam bidang pangan fungsional.

B. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, maka batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada pemanfaatan hidrolisat kolagen yang berasal dari membran cangkang telur ayam sebagai bahan inti (core material) dalam proses enkapsulasi.
2. Bahan penyalut yang digunakan dalam proses enkapsulasi adalah kombinasi maltodekstrin dan karagenan dengan rasio yang ditetapkan berdasarkan penelitian pendahuluan.
3. Metode pengeringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *vacuum drying*.
4. Variasi perlakuan yang dikaji adalah konsentrasi hidrolisat kolagen, yaitu sebesar 0%, 10%, 15% dan 20%.
5. Parameter yang diamati meliputi efisiensi enkapsulasi, kadar protein, kadar air, kadar abu, kadar lemak, warna, *water activity* (A_w), *moisture*, kekuatan gel, dan *Total Plate Count* (TPC).

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi hidrolisat kolagen terhadap karakteristik hasil enkapsulasi berdasarkan parameter efisiensi enkapsulasi, kadar protein, kadar air, kadar abu, kadar lemak, warna, A_w , *moisture*, kekuatan gel, dan TPC

2. Berapakah konsentrasi hidrolisat kolagen yang optimum untuk menghasilkan produk enkapsulasi dengan karakteristik fisikokimia dan mikrobiologis terbaik menggunakan kombinasi maltodekstrin-karagenan?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi hidrolisat kolagen terhadap karakteristik hasil enkapsulasi yang meliputi efisiensi enkapsulasi, kadar protein, kadar air, kadar abu, kadar lemak, warna, A_w , moisture, kekuatan gel, dan TPC
2. Menentukan konsentrasi hidrolisat kolagen yang optimum untuk menghasilkan produk enkapsulasi dengan karakteristik fisikokimia dan mikrobiologis terbaik menggunakan kombinasi maltodekstrin-karagenan

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Memberikan informasi terkait pengaruh variasi konsentrasi hidrolisat kolagen terhadap efisiensi dan karakteristik enkapsulasi kolagen-karagenan yang dihasilkan dengan metode *vacuum drying*.
2. Menjadi referensi dalam pengembangan bahan aktif berbasis protein untuk aplikasi pangan fungsional atau produk bernilai tambah lainnya melalui teknologi enkapsulasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, variasi konsentrasi hidrolisat kolagen memberikan pengaruh signifikan terhadap karakteristik enkapsulasi. Perlakuan dengan konsentrasi 15% (T2) menunjukkan kondisi optimum dengan efisiensi enkapsulasi sebesar 80,43%, kadar protein terlarut sebesar 2,74 µg/mL, dan kadar protein total sebesar 0,92%. Selain itu, T2 memiliki kadar air metode oven sebesar 8,48% dan nilai aktivitas air (*a_w*) sebesar 0,98, yang menunjukkan kondisi relatif stabil. Dari aspek tekstur, T2 menghasilkan kekuatan gel tertinggi sebesar 47.370,13 g·mm dengan nilai hardness 4.737,01, gumminess 9.017,61, dan chewiness 9.024,58, yang menunjukkan struktur gel yang kuat dan kompak. Pada karakteristik proksimat, T2 memiliki kadar abu tertinggi sebesar 2,08% dan kadar lemak yang relatif rendah sebesar 0,36%. Dari aspek warna, T2 menunjukkan nilai kecerahan (*L**) sebesar 95,42 dan whiteness sebesar 59,57. Sementara itu, nilai Total Plate Count (TPC) pada T2 merupakan yang terendah, yaitu $1,7 \times 10^2$ CFU/g (hari ke-1) dan $1,5 \times 10^2$ CFU/g (hari ke-7), serta masih berada jauh di bawah batas maksimum standar ($\leq 1 \times 10^5$ CFU/g). Dengan demikian, konsentrasi hidrolisat kolagen 15% (T2) diidentifikasi sebagai kondisi optimum dalam proses enkapsulasi hidrolisat kolagen menggunakan metode *vacuum drying*.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai stabilitas penyimpanan mikrokapsul hidrolisat kolagen pada berbagai kondisi suhu dan kelembapan untuk mengetahui perubahan mutu fisikokimia, fisik, dan mikrobiologis selama penyimpanan.
2. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengujian karakteristik lanjutan yang relevan dengan tujuan penelitian, seperti stabilitas produk dan performa enkapsulasi dalam aplikasi pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2005. *Official Methods of Analysis* (18 edn). Association of Official Analytical Chemists, Inc.: Arlington, Virginia.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2006. *SNI 01-2354.6-2006. Penentuan Kadar Lemak*. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2009. *SNI 7388:2009. Batas Maksimum Cemaran Mikroba dalam Pangan*. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2014. *SNI 8076:2014. Kolagen kasar dari sisik ikan – syarat mutu dan pengolahan*. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- Achmad, M., Widarma, I.G.S., Fadilah, M.N., Ramadhan, R., dan Putri, S.A. 2021. The effect of adding egg shells to moist feed on the specific growth and survival rate of lobster *Panulirus* sp. *Torani Journal of Fisheries and Marine Science*. 41–50.
- Afandy, M., Nugroho, A., dan Pranoto, Y. 2018. Pengaruh penambahan maltodekstrin terhadap karakteristik fisik dan kimia produk pangan kering. *Jurnal Teknologi Pangan*. 12(2): 85–92.
- Agustini, T.W., Darmanto, Y.S., Wijayanti, I., dan Riyadi, P.H. 2016. Pengaruh perbedaan konsentrasi daging terhadap tekstur, nutrisi, dan sensori tahu bakso ikan nila. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 19(3). 214–221.
- Albert, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., dan Walter, P. 2008. *Molecular Biology of the Cell* (5th ed., Chapter 19: Cell junctions, cell adhesion, and the extracellular matrix, pp. 1131–1204). Garland Science.
- Assagaf, M., Hastuti, P., Hidayat, C., Yuliani, S., dan Supriyadi. 2013. Karakter oleoresin pala (*Myristica fragrans* Houtt) yang dimikroenkapsulasi: penentuan rasio whey protein concentrate (WPC): maltodekstrin (MD). *Agritech*. 33. 10.
- Belitz, H.D., Grosch, W., dan Schieberle, P. 2009. *Food Chemistry*. Springer: Berlin.
- Burin, V.M., Rossa, P.N., Ferreira-Lima, N.E., Hillmann, M.C., dan Bordignon-Luiz, M.T. 2011. Anthocyanins: Optimisation of extraction from Cabernet Sauvignon grapes, microcapsulation and stability evaluation. *Food Chemistry*. 128(3): 894–902.

- Campo, V.L., Kawano, D.F., da Silva, D.B., dan Carvalho, I. 2009. Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review. *Carbohydrate Polymers*. 77(2): 167–180.
- Che Man, Y.B., dan Tan, C.P. 2021. Lipid oxidation and quality deterioration in food products. *Food Chemistry*. 350: 129–137.
- Damodaran, S., Parkin, K.L., dan Fennema, O.R. 2017. *Fennema's Food Chemistry*. CRC Press: Boca Raton.
- Daniel, W.W. 2010. *Biostatistics: A Foundation for Analysis in the Health Sciences*. John Wiley & Sons: New York.
- Davison-Kotler, E., Marshall, W.S., dan García-Gareta, E. 2019. Sources of collagen for biomaterials. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 146: 92–106.
- Dewi, S.R., dan Susanto, T. 2009. Karakteristik karagenan sebagai bahan penstabil pangan. *Jurnal Ilmu Pangan*. 4(1): 25–32.
- Dharmi, A.P.M., et al. 2016. Chemical composition of carrageenan from red seaweed. *International Journal of Food Properties*. 19(6): 1234–1242.
- Dong, Y., dan Feng, S.S. 2004. Methoxy poly(ethylene glycol)-poly(lactide) (MPEG-PLA) nanoparticles for controlled delivery of anticancer drugs. *Biomaterials*. 25(14). 2843–2849.
- Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan I*. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Fellows, P.J. 2017. *Food Processing Technology: Principles and Practice*. Woodhead Publishing: Cambridge.
- Fennema, O.R. 2016. *Food Chemistry*. CRC Press: Boca Raton.
- Furtado, M., Chen, L., Chen, Z., Chen, A., dan Cuk, W. 2022. Development of fish collagen in tissue regeneration and drug delivery. *Engineered Regeneration*. 3. 217–231.
- Gardjito, M., Murdiati, A., dan Aini, A. 2006. Mikroenkapsulasi β -karoten buah labu kuning dengan enkapsulan whey dan karbohidrat. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 2.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., dan Saurel, R. 2007. Review: Application of spray drying in microencapsulation of food ingredients: an overview. *Food Research International*. 40.
- Hapsari, R.B., Pranoto, Y., dan Rohman, A. 2022. Optimasi proses nanopresipitasi pada nanoenkapsulasi ekstrak kasar daun kakao (*Theobroma cacao* L.)

- menggunakan Response Surface Methodology (RSM). *agriTECH*. 42(1). 75–85.
- Hayes, M. 2011. *Marine Bioactive Compounds: Sources, Characterization and Applications*. Springer Science & Business Media: New York.
- Hermaya, R., et al. 2020. Protein determination methods in food analysis. *Food Analytical Methods*. 13: 1201–1215.
- Ismarani. 2011. Evaluasi mikroenkapsulasi bahan aktif secara in vitro. *Jurnal Farmasi Indonesia*. 5(2): 88–95.
- Jafari, S.M. 2017. *Nanoencapsulation Technologies for the Food and Nutraceutical Industries*. Academic Press: London.
- Jay, J.M., Loessner, M.J., dan Golden, D.A. 2021. *Modern Food Microbiology*. Springer: New York.
- Jyothi, N.V.N., Prasanna, P.M., Sakarkar, S.N., Prabha, K.S., Ramaiah, P.S., dan Srawan, G.Y. 2010. Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency. *Journal of Microencapsulation*. 27(3). 187–197.
- Khirzin, M.H., Sukarno, S., Yuliana, N.D., Fawzya, Y.N., dan Chasanah, E. 2015. Aktivitas inhibitor enzim pengubah angiotensin (ACE) dan antioksidan peptida kolagen dari teripang gama (*Stichopus variegatus*). *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 10(1). 27–35.
- Liu, D., Liang, L., Regenstein, J.M., dan Zhou, P. 2012. Extraction and characterisation of pepsin-solubilised collagen from fins, scales, skins, bones and swim bladders of bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*). *Food Chemistry*. 133(4). 1441–1448.
- Liu, Y., Zhang, X., Chen, X., Xie, J., dan Chen, X. 2021. Effect of different wall materials on the microencapsulation of functional food ingredients by spray drying: A review. *Polymers*. 13(1852). 1–24.
- Liu, Y., Zhou, H., dan Chen, X. 2023. Influence of core-to-wall ratio on encapsulation efficiency and stability of bioactive compounds. *Gels*. 10(426). 1–14.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., dan Randall, R.J. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*. 193(1). 265–275.
- Mohammad, A.W., Norhazwani, M.S., Abdul, G.K.A.A., dan Jamaliah, M.J. 2014. Process for production of hydrolysed collagen from agriculture resources: potential for future development. *Journal of Applied Science*. 14(12). 1319–1323.

- Murray, B.A., dan Fitzgerald, R.J. 2007. Angiotensin-I converting enzyme inhibitory peptides derived from food proteins: biochemistry, bioactivity and production. *Current Pharmaceutical Design*. 13(8). 773–791.
- Muyassaroh, M., Dewi, R.K., dan Minah, F.N. 2020. Penentuan kadar protein pada *Spirulina platensis* menggunakan metode Lowry dan Kjeldahl. *Jurnal Teknik Kimia UPN “Veteran” Jawa Timur*. 15(1). 49–53.
- Nakano, T., Ikawa, N.I., dan Ozimek, L. 2003. Extraction of glycosaminoglycans from chicken eggshell powder. *Poultry Science*. 82(3). 493–500.
- Nhestricia, N. 2017. Pengaruh konsentrasi oleoresin dan komposisi bahan penyalut terhadap karakteristik mikrokapsul oleoresin jahe emprit dengan metoda spray drying. *Fitofarmaka*. 7(1). 44–52.
- Nilsuwan, K., Fusang, K., Pripatnanont, P., dan Benjakul, S. 2022. Properties and characteristics of acid-soluble collagen from salmon skin defatted with the aid of ultrasonication. *Fishes*. 7(1). 51.
- Nurhidayah, B., Soekendars, E., dan Erviani, A.E. 2019. Kandungan kolagen sisik ikan bandeng (*Chanos chanos*) dan sisik ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*. 4(1). 39–47.
- Owusu-Apenten, R.K. 2002. *Food Protein Analysis: Quantitative Effects on Processing*. Marcel-Dekker Inc.: New York.
- Palamutoğlu, R., dan Sariçoban, C. 2019. Physico-chemical investigation and antioxidant activity of encapsulated fish collagen hydrolysates with maltodextrin. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI – Food Technology*. 43(1). 94–105.
- Pebiansyah, A., Yuliana, A., Shaleha, R.R., dan Rahmiyani, I. 2022. *Rahasia Kulit Cantik dengan Formula Alami: Solusi Kulit Sehat dari Bahan Alam* (Vol. 1). CV. Mitra Cendekia Media.
- Priyadarshi, R., dan Negi, Y.S. 2017. Effect of varying filler concentration on zinc oxide nanoparticle embedded chitosan films as potential food packaging material. *Journal of Polymers and the Environment*. 25(4). 1087–1098.
- Rahmawati, D. 2020. Pengaruh variasi jenis asam terhadap produksi kolagen berbahan dasar tulang ikan tongkol (*Euthynnus affinis*). *Skripsi*. Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim: Malang.
- Ratti, C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. *Journal of Food Engineering*. 49(4). 311–319.

- Saputri, R.A. 2019. Pengaruh lama penyimpanan fillet ikan gabus (*Ophiocephalus striatus*) dalam freezer terhadap kualitas serbuk crude albumin (pengeringan dengan vacuum drying). *Skripsi*. Universitas Brawijaya: Malang.
- Schmidt, M.M., Dornelles, R.C.P., Mello, R.O., Kubota, E.H., Mazutti, M.A., Kempka, A.P., dan Demiate, I.M. 2016. Collagen extraction process. *International Food Research Journal*. 23(3). 913–922.
- Septriasyah, C. 2000. Kajian proses pembuatan gelatin dari tulang ayam dalam kondisi asam. *Skripsi*. Jurusan Ilmu Produksi Ternak, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Setyowati, H., dan Setyani, W. 2015. Potensi nanokolagen limbah sisik ikan sebagai cosmeceutical. *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas*. 12(1). 30–40.
- Shi, Y., Li, X., dan Zhang, L. 2021. Characterization of collagen from eggshell membrane and its potential application in biomaterials. *Food Hydrocolloids*. 113. 106451.
- Shohib, A., Mulyaningsih, M.F., dan Wijaya, K.D. 2023. Uji kadar protein, kadar abu dan kadar air dalam proses demineralisasi kulit sapi untuk pembuatan gelatin. *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*. 8(1). 46–54.
- Sibilla, S., Godfrey, M., Brewer, S., Budh-Raja, A., dan Genovese, L. 2015. An overview of the beneficial effects of hydrolysed collagen as a nutraceutical on skin properties: scientific background and clinical studies. *The Open Nutraceuticals Journal*. 8. 29–42.
- Sionkowska, A., Adamiak, K., Musial, K., dan Gadomska, M. 2020. Collagen based materials in cosmetic applications. *Materials*. 13(4217). 1–15.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty: Yogyakarta.
- Tonon, R.V., Brabet, C., dan Hubinger, M.D. 2011. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*. 88(3). 411–418.
- Vaishnav, A., Mehta, N.K., Priyadarshini, M.B., dan lainnya. 2025. Impact of carrageenan-based encapsulation on the physicochemical, structural, and antioxidant properties of freshwater snail (*Bellamya bengalensis*) protein hydrolysates. *Colloids and Interfaces*. 9(3). 29.
- Venkatesan, J., Anil, S., Kim, S., dan Shim, M.S. 2017. Marine fish protein and peptides for cosmeceuticals: A review. *Marine Drugs*. 15. 143.
- Vinoth Kumar, L., Shakila, R.J., dan Jeyasekaran, G. 2019. In vitro anticancer, anti-diabetic, anti-inflammatory and wound healing properties of collagen

peptides derived from unicorn leatherjacket (*Aluterus monoceros*) at different hydrolysis. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 19(7). 551–560.

Winarno, F.G. 1995. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.

Wulandari. 2016. Karakterisasi fisikokimia kolagen yang diisolasi dengan metode hidro-ekstraksi dan stabilitas nanokolagen kulit ikan gabus (*Channa striata*). *Tesis*. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor: Bogor.

Yogaswara, A., et al. 2017. Enkapsulasi senyawa bioaktif dalam pangan. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 5(4): 123–132.

Yudha, A.P. 2008. *Pengeringan Lapis Tipis Bahan Pangan*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.