

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI GELATIN DARI TULANG IKAN  
TENGGERI (*Scomberomorus commersonii*) DENGAN *PRETREATMENT*  
ENZIM BROMELAIN**

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



**Anisa Hanif  
20106030027**

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
2024**

# PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR



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-822/Un.02/DST/PP.00.9/06/2024

Tugas Akhir dengan judul : ISOLASI DAN KARAKTERISASI GELATIN DARI TULANG IKAN TENGGIRI  
(*Scomberomorus commersonii*) DENGAN PRETREATMENT ENZIM BROMELAIN

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ANISA HANIF  
Nomor Induk Mahasiswa : 20106030027  
Telah diujikan pada : Jumat, 31 Mei 2024  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang  
Ika Qurrotul Afifah, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 665ea53d4d6b6



Penguji I  
Dr. Esti Wahyu Widowati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 665e8efc43907



Penguji II  
Dr. Imelda Fajriati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 665d8c209372c



Yogyakarta, 31 Mei 2024  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 665ed48829dec



## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR



### 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 : Anisa Hanif  
NIM : 20106030027  
Judul Skripsi : Isolasi dan Karakterisasi Gelatin dari Tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus commersonii*) dengan *Pretreatment* Enzim Bromelain

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 2024  
Pembimbing

Ika Qurrotul Afifah, M.Si.

NIP: 19911128 201903 2 022

## NOTA DINAS KONSULTASI



## NOTA DINAS KONSULTASI

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 : Anisa Hanif  
NIM : 20106030027  
Judul Skripsi : Isolasi dan Karakterisasi Gelatin dari Tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus commersonii*) dengan *Pretreatment* Enzim Bromelain

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, 4 Juni 2024  
Konsultan



Dr. rer. medic. Esti Wahyu Widowati,  
M.Si., M. Biotech  
NIP: 19760830 200312 2 001

## NOTA DINAS KONSULTASI



## NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir  
Lamp : -

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UTN 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 : Anisa Hanif  
NIM : 20106030027  
Judul Skripsi : Isolasi dan Karakterisasi Gelatin dari Tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus commersonii*) dengan *Pretreatment* Enzim Bromelain

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, 3 Juni 2024  
Konsultan



Dr. Imelda Fajriati, M.Si.

NIP: 19750725 200003 2 001

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

### HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Anisa Hanif  
NIM : 20106030027  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “ISOLASI DAN KARAKTERISASI GELATIN DARI TULANG IKAN TENGGIRI (*Scomberomorus commersonii*) DENGAN *PRETREATMENT* ENZIM BROMELAIN” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan 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, 20 Mei 2024



Anisa Hanif  
20106030027

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Masterpiece* ini saya persembahkan untuk:

Kedua orang tua saya.

Terima kasih atas segala dukungan yang telah diberikan.

Almamater,

Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri  
Sunan Kalijaga Yogyakarta

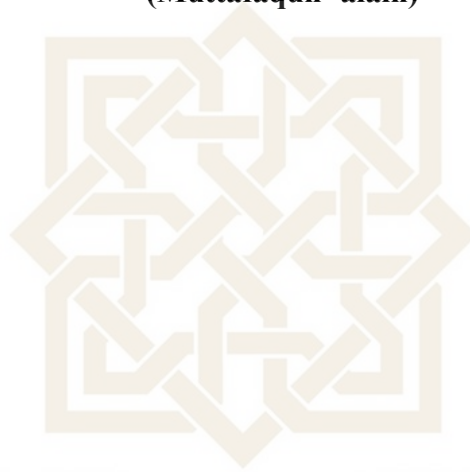


STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## MOTTO

“Jalan yang jauh jangan lupa pulang”  
(Angga Dwimas Sasongko)

“Allah sesuai prasangka hamba-Nya”  
(Muttafaqun ‘alaih)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul “Isolasi dan Karakterisasi Gelatin dari Tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus commersonii*) dengan *Pretreatment* Enzim Bromelain” ini dapat diselesaikan dengan baik. Sholawat dan salam penyusun panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu persyaratan mencapai gelar sarjana sains bidang kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Phil. Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Prof. Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi.
4. Ibu Ika Qurrotul Afifah, M.Si. selaku dosen Pembimbing Skripsi dan dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penyusun dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Wija, Bapak Indra, dan Ibu Isnii selaku PLP Laboratorium Kimia yang telah membimbing, memberikan masukan, dan membantu selama penelitian.
6. Bapak Nandang dan segenap karyawan Laboratorium Loka Riset Mekanisasi dan Pengolahan Hasil Perikanan.
7. Kedua orang tua penyusun, yang telah mendidik, memberikan kasih sayang dan cinta yang tulus, serta memberikan doa, motivasi, semangat dan dukungan yang tiada hentinya.
8. Bapak Haryanto selaku ketua petani pelet ikan yang selalu membantu menyediakan sampel tulang ikan tenggiri.
9. Teman seperjuangan “Pencerahan” Samha, Viki, Antony, Faiz, Rafiq dan Ayyas untuk diskusi, *healing*, dan semangat yang diberikan.
10. Sahabat “4 Sehat 5 Milyar” Ica, Nadaa, dan Eva yang selalu menjadi pendengar dan memberi masukan yang baik.
11. Sahabat “Soda Gembira” Lutfi, Fira, Cindi, Aina, Iqbal, Fiqri, dan Dimas yang sudah kebersamai sejak SMP sampai hari ini.
12. Teman-teman satu bimbingan, teman-teman penelitian satu laboratorium, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penyusun menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, maka dari itu penyusun berterima kasih apabila terdapat kritik dan saran yang membangun. Penyusun berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum maupun kimia secara khusus.

Yogyakarta, 21 April 2024

Penyusun

## DAFTAR ISI

PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR .....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	iii
NOTA DINAS KONSULTASI.....	iv
NOTA DINAS KONSULTASI.....	v
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
ABSTRAK .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah.....	4
C. Rumusan Masalah .....	5
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
A. Tinjauan Pustaka .....	7
B. Landasan Teori .....	10
C. Kerangka Berpikir dan Hipotesis Penelitian .....	20
BAB III METODELOGI PENELITIAN .....	23
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
B. Alat-alat Penelitian.....	23
C. Bahan Penelitian.....	23
D. Cara Kerja Penelitian .....	24
E. Teknik Analisis Data .....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
A. Preparasi Sampel.....	29
B. <i>Pretreatment</i> Sampel.....	30
C. Ekstraksi Gelatin .....	34
D. Pengeringan Larutan Gelatin.....	35
E. Karakterisasi Gelatin.....	35
BAB V PENUTUP.....	50
A. Kesimpulan .....	50
B. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA .....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur gelatin.....	12
Gambar 2. 2 Ikan tenggiri .....	14
Gambar 4. 1 Mekanisme enzimatik hidrolisis ikatan peptida .....	31
Gambar 4. 2 Reaksi demineralisasi menggunakan asam sitrat .....	32
Gambar 4. 3 FTIR gelatin komersial dan gelatin tulang ikan tenggiri.....	36
Gambar 4. 4 Rendemen gelatin yang diisolasi dari tulang ikan tenggiri .....	39
Gambar 4. 5 Nilai pH gelatin yang diisolasi dari tulang ikan tenggiri .....	41
Gambar 4. 6 Kadar air gelatin yang diisolasi dari tulang ikan tenggiri .....	43
Gambar 4. 7 Kadar abu gelatin yang diisolasi dari tulang ikan tenggiri.....	45
Gambar 4. 8 Kadar protein gelatin yang diisolasi dari tulang ikan tenggiri ....	48

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar mutu GMIA.....	13
Tabel 2. 2 Standar mutu SNI 06-3735-1995 .....	13
Tabel 4. 1 Puncak serapan FTIR gelatin komersial dan gelatin tulang ikan tenggiri.....	36



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Enzim Bromelain.....	58
Lampiran 2. Perhitungan Rendemen dan Karakteristik Gelatin .....	58
Lampiran 3. Analisis Statistika .....	63
Lampiran 4. Dokumentasi.....	66
Lampiran 5. <i>Curriculum Vitae</i> .....	69



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## ABSTRAK

### **Isolasi dan Karakterisasi Gelatin dari Tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus commersonii*) dengan *Pretreatment* Enzim Bromelain**

oleh:

**Anisa Hanif**

**20106030027**

**Pembimbing: Ika Qurrotul Afifah, M.Si.**

---

Pemanfaatan gelatin dalam industri makanan dewasa ini mengalami perkembangan pesat namun tidak diimbangi dengan ketersediaan bahan baku pembuatan gelatin yang halal. Pada penelitian ini dilakukan isolasi gelatin dari tulang ikan tenggiri (*Scomberomorus commersonii*) dengan memvariasikan konsentrasi enzim bromelain yang dapat menjadi bahan alternatif pembuatan gelatin halal. Tujuan dari penelitian ini adalah mendeteksi serapan khas gelatin pada spektrum FTIR hasil isolasi, menentukan pengaruh penambahan enzim terhadap rendemen, dan menentukan konsentrasi optimum enzim untuk menghasilkan gelatin yang memiliki karakteristik yang baik. Proses *pretreatment* dilakukan menggunakan variasi enzim bromelain 0; 1; 1,5; dan 2% selama 6 jam. Hidrolisis kolagen menjadi gelatin kemudian dilakukan menggunakan larutan asam sitrat 13% selama 96 jam. Pelarut akuades selanjutnya digunakan untuk ekstraksi pada suhu 75°C selama 6 jam. Larutan gelatin dipekatkan selama 24 jam dan dikeringkan selama 48 jam dalam oven dengan suhu 60°C. Karakterisasi yang dilakukan terhadap gelatin meliputi gugus fungsi, pH, kadar air, kadar abu, dan kadar protein. Hasil karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan keberadaan gugus serapan khas gelatin berupa Amida A, Amida I, Amida II, dan Amida III. Variasi penambahan enzim bromelain memberikan pengaruh nyata terhadap rendemen. Penambahan enzim 1,5% meningkatkan rendemen hingga 50% dibandingkan perlakuan non enzimatis. Konsentrasi tersebut juga optimum untuk menghasilkan kadar abu paling rendah yaitu 2,19% dan menghasilkan kadar protein paling tinggi, yakni 88,47%; sedangkan kadar air paling optimum dihasilkan dari perlakuan non enzimatis yakni 7,63%. Nilai pH yang diperoleh dalam penelitian ini berada di rentang 3,88–5,15 yang telah memenuhi standar GMIA dan SNI.

**Kata Kunci:** Tulang ikan tenggiri, enzim bromelain, asam sitrat, FTIR gelatin.

## ABSTRACT

### *Isolation and Characterization of Gelatin from Mackerel Bone (Scomberomorus commersonii) using Bromelain Enzyme Pretreatment*

by:

**Anisa Hanif**

**20106030027**

**Supervisor: Ika Qurrotul Afifah, M.Si.**

---

The food industry has rapidly developed the use of gelatin nowadays, but it is not aligned with the availability of halal raw materials for gelatin production. In this research, gelatin was isolated from mackerel fish bone (*Scomberomorus commersonii*) by varying the concentration of bromelain enzyme as an alternative source of halal gelatin. This research aimed to detect the presence of typical gelatin absorption in the FTIR spectrum of products isolated, determine effect of adding enzyme on the yield, and determine the optimum enzyme concentration to produce gelatin that has good characteristics. Pretreatment processes were carried out using bromelain enzymes with variation of 0; 1; 1,5; and 2% for 6 hours. Collagen hydrolysis into gelatin was carried out using 13% citric acid for 96 hours. Extraction was conducted using distilled water as a solvent heated at 75°C about 6 hours. The gelatin solution was concentrated for 24 hours and dried for 48 hours in an oven at 60°C. The characterization performed on gelatin include functional groups, pH, water content, ash content, and protein levels. Characterization using FTIR spectrophotometer indicated the presence of gelatin absorption bands such as Amide A, Amide I, Amide II, and Amide III. The variation in the adding bromelain enzyme significantly affect the yield. Adding 1,5% enzyme increases the yield by up to 50% compared to the nonenzymatic pretreatment. This concentration is also optimal for producing the lowest ash content, which is 2,19% and the highest protein levels reaching 88,47%; meanwhile the most optimal water content is obtained from nonenzymatic pretreatment which is 7,63%. The pH values obtained in this study were in the range of 3,88-5,15 which meets the requirements of GMIA and SNI.

**Keywords:** mackerel fish bone, bromelain enzyme, citric acid, FTIR gelatin.

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Gelatin merupakan polimer multifungsi yang diperoleh melalui hidrolisis parsial kolagen dari kulit, tendon, dan tulang hewan. Gelatin banyak dimanfaatkan sebagai zat aditif pada sektor industri, contohnya pada industri makanan, kosmetik, dan farmasi. Dewasa ini, pemanfaatan gelatin pada industri makanan telah mengalami perkembangan pesat, diantaranya digunakan sebagai pengemulsi, pembentuk gel, pengental, *foaming agent*, dan pengemas *biodegradable* yang dapat melindungi, mempertahankan, serta memperpanjang umur simpan produk (Rather *et al.*, 2022).

Tahun 2021 pasar gelatin dunia mencapai 1,83 miliar USD dan diproyeksikan mengalami peningkatan setiap tahunnya. Bahan baku gelatin didominasi oleh kulit babi sebesar 44%, diikuti oleh kulit sapi sebesar 28%, tulang 27%, dan sumber lain sebesar 1% (Ramli *et al.*, 2023). Produk yang berasal dari babi dan turunannya memiliki hukum haram bagi umat muslim, sedangkan produk yang berasal dari sapi diperbolehkan selama proses penyembelihannya mengikuti syariat Islam. Kekhawatiran lain muncul karena merebaknya penyakit *bovine spongiform encephalopathy* (BSE) atau sapi gila yang menjadi perhatian serius bagi pengembangan produksi gelatin (Nurilmala *et al.*, 2022). Permintaan gelatin yang meningkat ini tidak diimbangi dengan ketersediaan bahan baku yang memadai. Oleh karena itu diperlukan alternatif bahan baku pembuatan gelatin yang halal.

Indonesia kaya akan hasil tangkapan laut yang beragam (Hermawati, 2022). Salah satu ikan yang memiliki hasil tangkapan dalam jumlah besar adalah ikan



tenggiri. Ikan tenggiri memiliki rasa yang khas, sehingga banyak disukai oleh masyarakat Indonesia (Wahyudi *et al.*, 2017). Produksi ikan tenggiri di Indonesia meningkat sekitar 9,35% setiap tahunnya. Jumlah produksi ikan tenggiri yang meningkat ini berbanding lurus dengan peningkatan limbah buangan, seperti kulit dan tulangnya. Jumlah limbah buangan mencapai 30% dari berat total ikan tenggiri yang apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak lingkungan (Gunawan *et al.*, 2017).

Selama ini, pemanfaatan buangan ikan seperti tulangnya masih terbatas pada produksi tepung untuk pakan ikan dan pupuk organik (Adiningsih *et al.*, 2016), padahal limbah tulang ikan dapat diolah kembali menjadi bahan pembuatan kolagen dan bahan lainnya karena pada limbah tulang ikan terkandung protein, lemak, mineral, dan komponen lainnya (Shahidi *et al.*, 2019). Tulang ikan tenggiri memiliki komposisi protein yang lebih tinggi dibandingkan tulang ikan tawar dan ikan payau, yakni 32% (Darmanto *et al.*, 2012). Ikan tenggiri merupakan ikan bertulang keras yang memiliki kandungan kolagen berkisar antara 15-17% (Fernianti *et al.*, 2020). Kolagen merupakan sumber bahan baku gelatin, sehingga tulang ikan tenggiri berpotensi sebagai sumber bahan baku alternatif pembuatan gelatin halal.

Terdapat dua tipe gelatin, yaitu tipe A dan tipe B yang dihasilkan akibat perbedaan pH pada proses *pretreatment* sampel. Gelatin tipe A dihasilkan dari proses hidrolisis sampel menggunakan larutan asam, sedangkan gelatin tipe B menggunakan larutan alkali (Garcia-Vaquero *et al.*, 2023). Secara ekonomis metode asam lebih disukai dibandingkan metode alkali karena asam langsung dapat

mengubah struktur *triple helix* menjadi *single helix* (Miskiyah *et al.*, 2022). Penelitian terkait penggunaan asam dalam isolasi gelatin telah berhasil dilakukan. Adiningsih *et al.* (2016) membandingkan hidrolisis larutan asam sitrat dengan asam sulfat dalam penelitian isolasi gelatin tulang ikan tenggiri. Hasilnya, meskipun hidrolisis asam sulfat memberikan rendemen yang tinggi, namun karakteristik yang baik didapatkan pada perlakuan hidrolisis asam sitrat. Isolasi gelatin tulang ikan tenggiri hidrolisis asam fosfat juga telah dilakukan oleh Meilani *et al.* (2022). Hasil penelitian memberikan kadar protein yang rendah meskipun dengan konsentrasi asam tinggi, sehingga dalam penelitian ini digunakan asam sitrat untuk proses hidrolisis sampel.

Selain menggunakan larutan asam dan alkali, enzim dapat menjadi alternatif yang digunakan dalam tahap hidrolisis sampel. Proses hidrolisis secara enzimatik memiliki beberapa keuntungan, antara lain meningkatkan *yield* gelatin, mempersingkat waktu ekstraksi, dan mengurangi limbah kimia pada lingkungan (Utomo *et al.*, 2023). Enzim bromelain termasuk salah satu enzim protease yang diisolasi dari buah, batang, dan daun nanas. Enzim bromelain memiliki kemampuan baik dalam menghidrolisis protein. Enzim ini dapat menguraikan protein menjadi protein yang lebih sederhana dengan cara memutus ikatan peptida (Ilyas *et al.*, 2020). *Pretreatment* enzimatik pada ekstraksi gelatin telah dilakukan oleh Triastuti *et al.* (2022) menggunakan sampel sisik ikan kakap dengan rendemen gelatin tertinggi sebesar 9,54% diperoleh pada enzim berkonsentrasi 1% dengan suhu ekstraksi 70°C. Penelitian lain terkait *pretreatment* enzimatik telah dilakukan oleh Yuliana *et al.* (2021) menggunakan sampel tulang ikan gabus dengan hasil terbaik

adalah isolasi dengan penambahan enzim 6% yang menghasilkan gelatin dengan rendemen sebesar 3,56%; kadar protein 80,53%; dan pH 6,21. Haryati *et al.* (2019) telah melakukan penelitian isolasi gelatin dari kulit ikan baronang menggunakan enzim bromelain 1; 1,5; dan 2%. Karakteristik paling baik didapatkan pada perlakuan penambahan enzim 2% dengan waktu ekstraksi 4 jam, yakni menghasilkan rendemen 6,5%, kadar dan kadar abu <0,5%. Konsentrasi enzim dapat mempengaruhi banyaknya rendemen yang diperoleh (Haryati *et al.*, 2019) sehingga perlu dilakukan penentuan konsentrasi optimal enzim.

Berdasarkan latar belakang di atas, dalam penelitian ini dilakukan isolasi gelatin dari bahan baku alternatif limbah tulang ikan tenggiri dan dilakukan pengkajian terhadap pengaruh variasi penambahan enzim bromelain dilanjutkan dengan perendaman asam sitrat 13% pada proses *pretreatment* sampel. Penambahan enzim bromelain yang dikombinasikan dengan asam ini diharapkan dapat menaikkan rendemen gelatin dan menghasilkan gelatin yang memiliki karakteristik pH, kadar air, kadar abu, serta kadar protein sesuai dengan standar GMIA dan SNI 06-3735-1995.

## **B. Batasan Masalah**

Batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sumber gelatin yang digunakan dalam penelitian adalah limbah tulang ikan tenggiri yang diperoleh dari industri pengolahan ikan tenggiri di Sleman, Yogyakarta.
2. Penambahan enzim bromelain yang dilakukan pada tahap *pretreatment* sampel dengan variasi konsentrasi 0%; 1%; 1,5%; dan 2%.

### **C. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana spektrum FTIR gelatin dari limbah tulang ikan tenggiri?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi enzim bromelain terhadap rendemen gelatin limbah tulang ikan tenggiri?
3. Berapakah konsentrasi optimum enzim bromelain pada proses *pretreatment* untuk menghasilkan gelatin dari limbah tulang ikan tenggiri dengan karakteristik pH, kadar air, kadar abu, dan kadar protein yang sesuai standar mutu?

### **D. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan masalah yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeteksi keberadaan serapan yang khas pada spektrum FTIR gelatin dari limbah tulang ikan tenggiri.
2. Menentukan pengaruh penambahan enzim bromelain terhadap rendemen hasil isolasi gelatin dari limbah tulang ikan tenggiri.
3. Menentukan konsentrasi optimum enzim bromelain untuk menghasilkan gelatin dari limbah tulang ikan tenggiri dengan karakteristik pH, kadar air, kadar abu, dan kadar protein yang sesuai GMIA dan SNI 06-3735-1995.

## **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi terkait pemanfaatan tulang ikan tenggiri yang memiliki potensi menjadi bahan baku gelatin guna mengurangi limbah dari industri pengolahan.
2. Memberikan informasi ilmiah tentang karakteristik gelatin berbahan dasar tulang ikan tenggiri yang diekstraksi menggunakan proses *pretreatment* kombinasi enzimatis dengan kimiawi sebagai alternatif gelatin halal.

## **BAB V PENUTUP**

### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Analisis hasil isolasi gelatin dari tulang ikan tenggiri menggunakan instrumen spektrofotometer FTIR menunjukkan adanya serapan khas gelatin berupa Amida A, Amida II, dan Amida III yang serupa dengan serapan gugus fungsi gelatin komersial.
2. Variasi penambahan enzim bromelain dalam suasana asam memberikan pengaruh yang nyata terhadap rendemen. Variasi penambahan enzim bromelain 1,5% meningkatkan rendemen hingga 50% rendemen gelatin non enzimatis.
3. Penambahan enzim bromelain konsentrasi 1,5% pada proses *pretreatment* optimum untuk menghasilkan rendemen paling tinggi sebesar 7,57%; kadar abu paling rendah yaitu 2,19%; kadar protein paling tinggi sebesar 88,47%; sedangkan enzim bromelain konsentrasi 0% optimum untuk menghasilkan kadar air paling rendah yakni 7,63%. Nilai pH yang diperoleh dalam penelitian ini berada pada rentang nilai 3,88–5,15 yang memenuhi standar SNI dan GMIA.

### **B. Saran**

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu dilakukan ekstraksi secara bertingkat dengan suhu 55, 65, dan 75°C untuk memaksimalkan jumlah rendemen yang dihasilkan. Pengujian lain perlu dilakukan seperti analisis asam amino dengan HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*), viskositas, kekuatan gel, kadar lemak sehingga dapat mengoptimalkan gelatin yang dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, Y., & Purwanti, T. (2016). Karakterisasi Mutu Gelatin Ikan Tenggiri (*Scomberomorus commersonii*) dengan Perendaman Menggunakan Asam Sitrat dan Asam Sulfat. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 9(2), 149–156. <https://doi.org/10.26578/jrti.v9i2.1713>
- Agustin, A. T. (2013). Gelatin Ikan: Sumber, Komposisi Kimia dan Potensi Pemanfaatannya. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 1(2), 44–46. <https://doi.org/10.35800/mthp.1.2.2013.4167>
- Aji, A., Bahri, S., & Tantalia, T. (2018). Pengaruh Waktu Ekstraksi dan Konsentrasi HCl untuk Pembuatan Pektin dari Kulit Jeruk Bali (*Citrus maxima*). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 6(1), 33. <https://doi.org/10.29103/jtku.v6i1.467>
- Al-Falah, J., Prihatiningrum, B., & Nugroho, R. (2022). Perbandingan efektivitas enzim bromelain dan enzim papain terhadap degradasi jaringan karies dentin sebagai agen chemo-mechanical caries removal. Comparison of the effectiveness of bromelain and papain enzymes on the degradation of dentinal caries tissue as chemo-mechanical caries removal agents. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran*, 34(1), 58. <https://doi.org/10.24198/jkg.v34i1.34457>
- Alipal, J., Mohd Pu'ad, N. A. S., Lee, T. C., Nayan, N. H. M., Sahari, N., Basri, H., Idris, M. I., & Abdullah, H. Z. (2021). A review of gelatin: Properties, sources, process, applications, and commercialisation. *Materials Today: Proceedings*, 42, 240–250. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.922>
- Ambaryanti, D., & Kandriasari, A. (2022). Pengaruh Penambahan Tepung Tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus Commerson*) pada Pembuatan Crackers Sayur Terhadap Daya Terima Konsumen. *Jurnal Sosial Teknologi (Sostech)*, 2(8), 785–791.
- Andiati, H. A., Putranto, W. S., & Gumilar, J. (2022). Pengaruh Penggunaan Asam Klorida terhadap Rendemen, Kadar Air, dan Kadar Abu Gelatin Ceker Itik (*Anas platyrhynchos Javanica*). *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 3(2), 83. <https://doi.org/10.24198/jthp.v3i2.42000>
- Arima, I. N., & Fithriyah, N. H. (2015). Pengaruh Wktu Perendaman dalam Asam Terhadap Rendemen Gelatin dari Tulang Ikan Nila Merah. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 1–6.
- Arsista, D., & Eriwati, Y. K. (2021). Penggunaan ATR - FTIR (Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared Spectroscopy) pada Kedokteran Gigi. *Jurnal Material Kedokteran Gigi*, 10(2), 57–66. <https://doi.org/10.32793/jmkg.v10i2.904>

- Aziz, A. H. A., Mutalib, N. A. A., Rahman, R. A., Jaswir, I., Mirghani, M. E. S., Octavianti, F., & Rahmadsyah, A. (2017). The Authentication of Halal Dental Materials Using Rapid Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. *Advanced Science Letters*, 23(5), 4750–4752. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.8883>
- Bhernama, B. G., Reni Silvia Nasution, & Syarifah Ummayaton Nisa. (2020). Ekstraksi Gelatin Dari Tulang Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*) dengan Asam HCl. *Jurnal Sains Natural*, 10(2), 43–55. <https://doi.org/10.31938/jsn.v10i2.282>
- Cahyono, E., Rahmatu, R., Ndobe, S., & Mantung, A. (2018). Ekstraksi dan Karakterisasi Gelatin Tulang Tuna Pada Berbagai Konsentrasi Enzim Papain. *Jurnal Fishtech*, 7(2), 148–153. <https://doi.org/10.36706/fishtech.v7i2.6594>
- Christi, R. F., Salman, L. B., Widjaja, N., & Sudrajat, A. (2022). Tampilan Berat Jenis, Bahan Kering Tanpa Lemak, Kadar Air dan Titik Beku Susu Sapi Perah Friesian Holstein pada Pemerahan Pagi dan Sore di CV Ben Buana Sejahtera Kecamatan Jatinangor Kabupaten Sumedang. *Jurnal Sains Peternakan*, 10(1), 13–20.
- Darmanto, Y. S., & Agustini, T. W. (2012). Efek kolagen dari Berbagai Jenis Tulang Ikan Terhadap Kualitas Miofibril Protein Ikan Selama Proses Dehidrasi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 23(1), 36–40.
- Dzulqaidah, I., Zanuba, R. B., Alwi, A. S. F., Salsabila, A. R. P., Mursidi, S., & Muliastari, H. (2021). Ekstraksi dan Uji Aktivitas Enzim Bromelin Kasar dari Buah Nanas. *Journal of Agritechology and Food Processing*, 1(2), 80–84. <https://doi.org/10.31764/jafp.v1i2.6974>
- Espinales, C., Romero-Peña, M., Calderón, G., Vergara, K., Cáceres, P. J., & Castillo, P. (2023). Collagen, protein hydrolysates and chitin from by-products of fish and shellfish: An overview. *Heliyon*, 9(4), e14937. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14937>
- Febryana, W., Nora Idiawati, & Muhammad Agus Wibowo. (2018). Ekstraksi Gelatin dari Kulit Ikan Belida (*Chitala lopis*) pada Proses Perlakuan Asam Asetat. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(4), 93–102.
- Fernianti, D., Juniar, H., & Dwiayu Adinda, N. (2020). Pengaruh Massa Ossein dan Waktu Ekstraksi Gelatin dari Tulang Ikan Tenggiri dengan Perendaman Asam Sitrat Belimbing Wuluh. *Jurnal Distilasi*, 5(2), 1–9. <https://doi.org/10.32502/jd.v5i2.3027>
- Furtado, M., Chen, L., Chen, Z., Chen, A., & Cui, W. (2022). Development of fish collagen in tissue regeneration and drug delivery. *Engineered Regeneration*, 3(3), 217–231. <https://doi.org/10.1016/j.engreg.2022.05.002>



- Garcia-Vaquero, M., & Mirzapour-Kouhdasht, A. (2023). A review on proteomic and genomic biomarkers for gelatin source authentication: Challenges and future outlook. *Heliyon*, 9(6), e16621. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16621>
- Gautam, S. S., S. K. Mishra, V. Dash, Amit K. Goyal, & G. Rath. (2010). Comparative Study of Extraction, Purification and Estimation of Bromelain from Stem and Fruit of Pineapple Plant. *Thai J. Pharm Sci*, 34, 67–76.
- GMIA. (2012). *Gelatin Handbook*. Gelatin Manufacturers Institute of America.
- Gumilar, J., Pratama, A., & Fakultas Peternakan, Universitas Padjajaran. (2018). Produksi dan Karakteristik Gelatin Halal Berbahan Dasar Usus Ayam. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 28(1), 75–81. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2018.28.1.75>
- Gunawan, F., Suptijah, P., & Uju, U. (2017). Extraction and Characterization Gelatin of Skin Mackerel (*Scomberomorus commersonii*) From Province Bangka Belitung Island. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(3), 568–581. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i3.19814>
- Guo, H., Liu, X., Tian, M., Liu, G., Yuan, Y., Ye, X., Zhang, H., Xiao, L., Wang, S., Hong, Y., Sun, K., Lin, F., & Wen, X. (2022). Effects of dietary collagen cofactors and hydroxyproline on the growth performance, textural properties and collagen deposition in swim bladder of *Nibeacopterus* based on orthogonal array analysis. *Aquaculture Reports*, 27, 101375. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101375>
- Haryati, D., Nadhifa, L., Humairah, & Abdullah, N. (2019). Extraction and Characterization of Gelatin From Rabbitfish Skin (*Siganus canaliculatus*) with Enzymatic Method Using Bromelin Enzyme. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 8(1), 44–48. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/355/1/012095>
- Hasan, T., & Dwijayanti, E. (2022). Kandungan Gelatin Ekstrak Limbah Tulang Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) dengan Variasi Konsentrasi Asam Sitrat. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, 5(1), 38–43. <https://doi.org/10.24246/juses.v5i1p38-43>
- Hermawati, R. (2022). Penataan Sistem Pelabuhan Rakyat Bagi Nelayan di Pelabuhan Tambak Lorok Semarang. *Jurnal Saintek Maritim*, 22(2), 141–150.
- Ilyas, N. M., Setiasih, S., & Hudiyono, S. (2020). Isolasi dan Karakterisasi Enzim Bromelain dari Bonggol dan Daging Buah Nanas (*Ananas comosus*). *Jurnal Ilmiah Kimia dan Pendidikan Kimia*, 21(2), 133–141.
- Imeson, A. (2012). *Thickening and Gelling Agents for Food*. Springer New York.

- Jumnahdi, M., Anisah, M., & Rasyad, S. (2018). Aplikasi Matrik Kookuransi Tingkat Keabuan untuk Analisa Citra Ikan Tenggiri. *Jurnal Ampere*, 3(1), 149–156.
- Katili, A. S. (2009). Struktur Dan Fungsi Protein Kolagen. *Jurnal Pelangi Ilmu*, 2(5), 19–29.
- Liu, D., Nikoo, M., Boran, G., Zhou, P., & Regenstein, J. M. (2015). Collagen and Gelatin. *Annual Review of Food Science and Technology*, 6(1), 527–557. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-031414-111800>
- Mahajan, R. T., & Badgajar, S. B. (2010). Biological Aspects of Proteolytic Enzymes: A Review. *Journal of Pharmacy Research*, 3(9), 2048–2068.
- Maryam, St., Effendi, N., & Kasmah, K. (2019). Produksi dan Karakterisasi Gelatin dari Limbah Tulang Ayam dengan Menggunakan Spektrofotometer Ftir (Fourier Transform Infra Red). *Majalah Farmaseutik*, 15(2), 96–104. <https://doi.org/10.22146/farmaseutik.v15i2.47542>
- Masri, M. (2013). Isolasi dan Pengukuran Aktivitas Enzim Bromelain dari Ekstrak Kasar Bonggol Nanas (Ananas Comosus) pada Variasi Suhu dan pH. *Biosel: Biology Science and Education*, 2(1), 70–80. <https://doi.org/10.33477/bs.v2i1.149>
- Matulesy, D. N., Erwanto, Y., Kastanya, P. J., & Latupapua, M. J. J. (2023). Bromelin untuk Produksi Gelatin Tulang Kambing Kacang. *Agrinimal Jurnal Ilmu Ternak dan Tanaman*, 11(2), 83–91. <https://doi.org/10.30598/ajitt.2023.11.2.83-91>
- Matulesy, D. N., Erwanto, Y., Nurliyani, N., Suryanto, E., Abidin, M. Z., & Hakim, T. R. (2021). Characterization and functional properties of gelatin from goat bone through alcalase and neutrase enzymatic extraction. *Veterinary World*, 2397–2409. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.2397-2409>
- Meilani, S. S., Kustiyah, E., Saing, B., & Ridwan, A. M. (2022). Pemanfaatan Kembali Limbah Tulang Ikan Tenggiri sebagai Bahan Baku Pembuatan Gelatin melalui Proses Hidrolisis Asam Fosfat. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan*, 4(2), 57–64.
- Miskiyah, M., Sasmitaloka, K. S., & Budiyanto, A. (2022). Pengaruh lama waktu perendaman terhadap Karakteristik gelatin ceker ayam. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 16(2), 186–192. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i2.11846>
- Niraputri, V., Romadhon, & Slamet Suharto. (2021). Pengaruh Lama Perendaman Asam Klorida Terhadap Kekuatan Gel Gelatin Teripang Hitam (*Holothuria leucospilota*). *Pena Akuatika*, 20(1), 17–31.

- Noegroho, T., Hidayat, T., Chodriyah, U., & Patria, M. P. (2018). Biologi Reproduksi Ikan Tenggiri (*Scomberomorus commerson* Lacepede, 1800) di Perairan Teluk Kwandang, Laut Sulawesi. *Bawal Widya Riset Perikanan Tangkap*, 10(1), 69–84. <https://doi.org/10.15578/bawal.10.1.2018.69-84>
- Norziah, M. H., Kee, H. Y., & Norita, M. (2014). Response surface optimization of bromelain-assisted gelatin extraction from surimi processing wastes. *Food Bioscience*, 5, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.10.001>
- Nurilmala, M., Jacob, A. M., & Dzaky, R. A. (2017). Quality of Cultured Wader Pari During Storage at Different Temperature. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), 339. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.18049>
- Nurilmala, M., Suryamarevita, H., Husein Hizbullah, H., Jacob, A. M., & Ochiai, Y. (2022). Fish skin as a biomaterial for halal collagen and gelatin. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(2), 1100–1110. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.09.056>
- Pertiwi, M., Atma, Y., Mustopa, A., & Maisarah, R. (2018). Karakteristik Fisik dan Kimia Gelatin dari Tulang Ikan Patin dengan Pre-Treatment Asam Sitrat. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7(2), 83–91. <https://doi.org/10.17728/jatp.2470>
- Rachmania, R. A., Nisma, F., & Mayangsari, E. (2013). Ekstraksi Gelatin dari Tulang Ikan Tenggiri Melalui Proses Hidrolisis Menggunakan Larutan BasaE. *Media Farmasi: Jurnal Ilmu Farmasi*, 10(2), 18–28. <https://doi.org/10.12928/mf.v10i2.1167>
- Ramli, R. A., Mohamad Razali, U. H., & Izzreen Mohd Noor, N. Q. (2023). Optimization of extraction conditions of gelatin from buffalo (*Bubalus bubalis*) skins using response surface methodology. *Heliyon*, 9(3), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14367>
- Rares, R. C., Sompie, M., Mirah, A. Dp., & Kalele, J. A. D. (2017). Pengaruh Waktu Perendaman dalam Larutan Asam Asetat (CH<sub>3</sub>COOH) Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Gelatin Ceker Ayam. *Zootec*, 37(2), 268. <https://doi.org/10.35792/zot.37.2.2017.16063>
- Rather, J. A., Akhter, N., Ashraf, Q. S., Mir, S. A., Makroo, H. A., Majid, D., Barba, F. J., Khaneghah, A. M., & Dar, B. N. (2022). A comprehensive review on gelatin: Understanding impact of the sources, extraction methods, and modifications on potential packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 34, 100945. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100945>
- Rodiah, S., Mariyamah, M., Ahsanunnisa, R., Erviana, D., Rahman, F., & Budaya, A. W. (2018). Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan Tenggiri Sebagai Sumber Gelatin Halal Melalui Hidrolisis Larutan Asam Dengan Variasi Rasio Asam.

*ALKIMIA: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 2(1), 34–42.  
<https://doi.org/10.19109/alkimia.v2i1.2260>

- Romadhon, R., Darmanto, Y. S., & Kurniasih, R. A. (2019). The Difference Characteristics of Collagen from Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Bone, Skin, and Scales. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(2), 403–410. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v22i2.28832>
- Rosaini, H., Rasyid, R., & Hagramida, V. (2015). Penerapan Kadar Protein Secara Kjeldahl Beberapa Makanan Olahan Kerang Remis (*Corbiculla moltkiana* Prime.) dari Danau Singkarak. *Jurnal Farmasi Higea*, 7(2), 120–127.
- Santoso, C., & Surti, T. (2015). Perbedaan Penggunaan Konsentrasi Larutan Asam Sitrat dalam Pembuatan Gelatin Tulang Rawan Ikan Pari Mondol (*Himantura gerrardi*). *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 4(2), 106–114.
- Sari, N. W., & Fajri, M. (2018). Analisis Fitokimia dan Gugus Fungsi dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (*Musa Acuminata* (L)). *IJOB*, 2(1), 30–35.
- Setyaningsih, D., Arfania, M., Sarie, P. N., & Amal, S. (2023). Isolasi Gelatin dari Berbagai Bahan Baku Hewani: Review Jurnal. *Jurnal Buana Farma*, 3(1), 32–36. <https://doi.org/10.36805/jbf.v3i1.779>
- Shahidi, F., Varatharajan, V., Peng, H., & Senadheera, R. (2019). Utilization of marine by-products for the recovery of value-added products. *Journal of Food Bioactives*, 6(10), 10–61. <https://doi.org/10.31665/JFB.2019.6184>
- Simpson, B. K. (Ed.). (2012). *Food biochemistry and food processing* (2nd ed). Wiley-Blackwell.
- SNI. (1995). *Mutu dan Cara Uji Gelatin*. Dewan Standarisasi Nasional.
- Stavinskaya, O., Laguta, & Orel. (2014). Silica-Gelatin Composite Materials for Prolonged Desorption of Bioactive Compound. *Material Science*, 20(2), 171–176.
- Sugihartono, Yuny Erwanto, & Rina Wahyuningsih. (2019). *Kolagen dan Gelatin untuk Industri Pangan dan Kesehatan*. Lily Publisher.
- Sumarlin, L. O., Nurbayti, S., & Fauziah, S. (2011). Penghambatan Enzim Pemecah Protein (Papain) oleh Ekstrak Rokok, Minuman Beralkohol dan Kopi Secara In Vitro. *Valensi*, 2(3), 449–458.
- Syahputra, D. E., Muarif, A., Suryati, S., Azhari, A., & Mulyawan, R. (2022). Pembuatan Gelatin Dari Tulang Ikan Bandeng Dengan Metode Ekstraksi Dan Variasi Konsentrasi Asam Sitrat. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 2(4), 91. <https://doi.org/10.29103/cejs.v2i4.7842>

- Triastuti, W. E., Suprpto, Elly Agustiani, Lailatul Qomariyah, Agung Subyakto, Treisnaning Widagsntri, & Marchel Abednego Septa K. (2022). The Production of Gelatin from Snapper Scales (*Lutjanus campechanus* Sp.) through Enzymatic Pretreatment. *IPTEK The Journal of Engineering*, 8(1), 44–48. <https://doi.org/10.12962/j23378557.v8i1.a12860>
- Utomo, I. P., Kholis, M. N., & Luketsi, W. P. (2023). Hidrolisis Enzimatik Gelatin Tulang Ayam Dengan Menggunakan Enzim Bromelin. *Prosiding SAINTEK*, 2(1), 292–296.
- Wahyudi, R., & Maharani, E. T. W. (2017). Profil Protein Pada Ikan Tenggiri dengan Variasi Penggaraman dan Lama Penggaraman dengan Menggunakan Metode SDS-Page. *Seminar Nasional Pendidikan*, 34–41.
- Ward, A. G., & A. Courts. (1977). *The Science and Technology of Gelatin*. Academia Press.
- Wibowo, R. S. A., Ragil Yuliatmo, Tutik Maryati, & Iwan Fajar Pahlawan. (2021). *Enzyme for Leather*. PT Sepadan Putra Mandiri.
- Wiyati, P. I., & Tjitraesmi, A. (2018). Review: Karakterisasi, Aktivitas dan Isolasi Enzim Bromelain dari Tumbuhan Nanas (*Ananas sp.*). *Farmaka*, 16(2), 179–186.
- Yuliana, Sukmiwati, M., & Karnila, R. (2021). *Karakteristik Fisikokimia Gelatin Tulang Ikan Gabus (*Channa striata*) di Ekstraksi dengan Enzim Bromelin*.