

Optimasi Pretreatment Asam Organik dan Anorganik terhadap Karakteristik Fisikokimia, Kekuatan Gel, dan Profil FTIR Gelatin Tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus* sp.)

Andi Pratama ^{a,1,*}, Siti Rahmawati ^{b,2}

^a Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

^b Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

¹ andipratama.bio@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history Received April 04, 2026 Revised April 17, 2026 Accepted May 26, 2026 Published June 18, 2026 Keywords spanish mackerel gelatin acid pretreatment gel strength FTIR physicochemical properties  License by CC-BY-SA Copyright © 2026, The Author(s).	Gelatin is a biopolymer obtained through the partial hydrolysis of collagen and is widely utilized in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries. This study aimed to evaluate the effects of acid type and concentration during the pretreatment process on the physicochemical characteristics, gel strength, and FTIR profile of gelatin extracted from Spanish mackerel (<i>Scomberomorus</i> sp.) bones, as well as to determine the optimum pretreatment condition for producing high-quality gelatin. Spanish mackerel bones collected from a fish processing industry in Ampenan Village, Mataram City, West Nusa Tenggara, Indonesia, were subjected to pretreatment using two types of acids, namely hydrochloric acid (HCl) and citric acid, each applied at three different concentrations. The evaluated parameters included yield, moisture content, ash content, pH, viscosity, gel strength, and functional group characterization using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy. The results demonstrated that pretreatment with 4% HCl produced the highest quality gelatin, with a yield of 9.48%, moisture content of 7.72%, ash content of 0.86%, pH of 4.82, viscosity of 6.20 cPs, and gel strength of 163.63 g Bloom. All measured parameters complied with the requirements of the Indonesian National Standard (SNI 06-3735-1995) for gelatin. FTIR analysis confirmed the presence of amide A, B, I, II, and III absorption bands, indicating the characteristic collagen-derived structure of gelatin. Therefore, pretreatment with 4% HCl was identified as the optimum condition for extracting gelatin from Spanish mackerel bones.
How to cite: Pratama, A., & Rahmawati, S. (2026). Optimasi Pretreatment Asam Organik dan Anorganik terhadap Karakteristik Fisikokimia, Kekuatan Gel, dan Profil FTIR Gelatin Tulang Ikan Tenggiri (<i>Scomberomorus</i> sp.). <i>Insight of Biology</i>, 2(2), 39-48. doi: https://doi.org/10.70716/inbio.v2i2.641	

PENDAHULUAN

Gelatin merupakan produk hidrolisis parsial protein struktural kolagen yang terkandung dalam tulang, kulit, dan jaringan ikat hewan. Sebagai biopolimer multifungsi, gelatin digunakan secara luas dalam industri pangan sebagai agen pembentuk gel, penstabil emulsi, dan pengental; dalam industri farmasi sebagai cangkang kapsul dan matriks pelepasan obat; serta dalam industri kosmetik sebagai bahan pelembap dan pemulih. Lebih dari 90% gelatin yang beredar di pasar global saat ini bersumber dari kulit babi dan tulang sapi (Milovanovic & Hayes, 2018). Kondisi ini menimbulkan permasalahan serius bagi konsumen Muslim dan kelompok vegetarian mengingat produk berbasis babi tidak memenuhi persyaratan halal.

Tren kebutuhan gelatin halal mendorong pengembangan sumber alternatif, terutama dari ikan, yang secara religius diterima oleh hampir seluruh kelompok konsumen. Ikan tenggiri (*Scomberomorus* sp.) merupakan salah satu komoditas perikanan unggulan Indonesia yang produksinya terus meningkat, mencapai lebih dari 160.000 ton per tahun berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan (2022). Proses pengolahan ikan tenggiri, terutama untuk pembuatan fillet dan bakso ikan, menghasilkan limbah tulang dalam jumlah signifikan yang mencapai 10–15% dari total berat ikan. Tulang ikan tenggiri mengandung kolagen tipe I dalam kadar tinggi, menjadikannya bahan baku potensial untuk produksi gelatin berkualitas (Adiningsih & Purwanti, 2016; Hanif & Afifah, 2024).

Proses ekstraksi gelatin dari tulang ikan secara umum mencakup tahap degreasing, demineralisasi (pretreatment asam), netralisasi, ekstraksi termal, filtrasi, dan pengeringan. Tahap pretreatment asam memegang peranan kritis karena bertujuan melarutkan mineral kalsium fosfat dalam tulang sehingga terbentuk ossein yang kemudian dapat dihidrolisis secara termal menjadi gelatin. Pemilihan jenis asam yang tepat, baik organik maupun anorganik, serta penentuan konsentrasi yang optimal, secara langsung memengaruhi efisiensi demineralisasi, integritas struktur kolagen, dan akhirnya kualitas gelatin yang dihasilkan (Jaya et al., 2024; Fatimah & Jannah, 2009).

Asam klorida (HCl) sebagai asam anorganik kuat banyak digunakan dalam industri karena kemampuan demineralisasinya yang efisien dan harganya yang relatif terjangkau. Namun, penggunaan HCl pada konsentrasi tinggi berisiko mendegradasi rantai polipeptida kolagen secara berlebihan sehingga menurunkan kekuatan gel gelatin yang dihasilkan (Tazwir et al., 2014; Suryanti et al., 2006). Di sisi lain, asam sitrat sebagai asam organik trifungsional menawarkan profil keamanan yang lebih baik, bersifat biodegradable, dan menghasilkan gelatin dengan karakteristik pH yang lebih netral sehingga lebih sesuai untuk aplikasi pangan (Mufida & Herdyastuti, 2022; Arshad et al., 2021; Fatimah & Jannah, 2009).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji penggunaan asam dalam ekstraksi gelatin ikan. Winarti et al. (2021) melaporkan bahwa jenis dan konsentrasi asam secara signifikan memengaruhi karakteristik gelatin tulang ikan bandeng. Pertiwi et al. (2018) menemukan bahwa pretreatment asam sitrat pada tulang ikan patin menghasilkan gelatin dengan nilai pH lebih tinggi dibandingkan HCl pada konsentrasi yang sama. Mardawati et al. (2018) menunjukkan bahwa karakteristik gelatin tulang ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*) sangat dipengaruhi oleh konsentrasi asam pada tahap hidrolisis awal. Sementara itu, Adiningsih & Purwanti (2016) membandingkan pengaruh asam sitrat dan asam sulfat terhadap kualitas gelatin dari kulit ikan tenggiri dan menemukan perbedaan signifikan pada profil viskositas dan kekuatan gel.

Meskipun beberapa studi telah dilakukan, perbandingan sistematis antara asam organik dan anorganik pada berbagai taraf konsentrasi terhadap karakteristik fisikokimia gelatin tulang ikan tenggiri secara komprehensif, yang meliputi analisis spektroskopi FTIR, masih sangat terbatas. Analisis FTIR menjadi penting untuk memverifikasi keautentikan struktur kolagen gelatin dan membedakannya dari protein non-kolagen yang mungkin terbawa selama proses ekstraksi (Milovanovic & Hayes, 2018; Silviwanda & Naenum, 2024). Tanpa konfirmasi FTIR, klaim kualitas gelatin ikan sulit diverifikasi secara ilmiah.

Penelitian ini dirancang untuk mengisi celah pengetahuan tersebut dengan membandingkan enam perlakuan pretreatment yang mencakup dua jenis asam (HCl dan asam sitrat) pada tiga konsentrasi berbeda. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan, Universitas Mataram, menggunakan bahan baku tulang ikan tenggiri yang diperoleh dari sentra pengolahan ikan di Kelurahan Ampenan, Kota Mataram. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh jenis dan konsentrasi asam pretreatment terhadap karakteristik fisikokimia, kekuatan gel, serta profil gugus fungsi FTIR gelatin tulang ikan tenggiri, mengidentifikasi perlakuan optimum yang menghasilkan gelatin dengan karakteristik terbaik sesuai standar SNI 06-3735-1995, serta menghasilkan data komparatif yang dapat dijadikan acuan dalam pengembangan produksi gelatin halal berbasis ikan di Indonesia.

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi ilmiah berupa data karakterisasi gelatin tulang ikan tenggiri yang terstandarisasi, mendukung pengembangan industri gelatin halal nasional, serta berkontribusi pada pengurangan limbah industri pengolahan ikan tenggiri yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Selain itu, temuan penelitian ini diharapkan dapat melengkapi literatur yang ada mengenai potensi ikan tenggiri sebagai sumber gelatin halal (Yuliani et al., 2020; Arpi et al., 2016; Khiari et al., 2017).

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram, selama periode April hingga Juli 2024. Bahan baku berupa tulang ikan tenggiri segar diperoleh dari industri pengolahan ikan skala menengah di Kelurahan Ampenan, Kecamatan Ampenan, Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada

ketersediaan bahan baku yang melimpah karena Kelurahan Ampenan merupakan pusat aktivitas nelayan dan pengolahan ikan tenggiri di Kota Mataram, serta kedekatan geografis dengan fasilitas laboratorium sehingga kualitas bahan baku dapat terjaga selama proses transportasi.

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan adalah tulang ikan tenggiri (*Scomberomorus* sp.) segar yang telah dipisahkan dari dagingnya. Bahan kimia yang digunakan meliputi asam klorida (HCl) p.a. (Merck), asam sitrat monohidrat (Merck), akuades, natrium hidroksida (NaOH) 0,1 M untuk netralisasi ossein, serta reagen analisis sesuai kebutuhan uji. Peralatan utama terdiri atas waterbath dengan pengontrol suhu, magnetic stirrer, oven pengering, spektrofotometer FTIR (Shimadzu IRTracer-100), texture analyzer untuk pengukuran kekuatan gel, viskometer Ostwald, pH meter digital (Hanna HI-98130), dan timbangan analitik.

Rancangan Penelitian

Penelitian dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah jenis asam (HCl dan asam sitrat), sedangkan faktor kedua adalah konsentrasi asam yang terdiri atas tiga taraf. Konsentrasi HCl yang digunakan adalah 4%, 5%, dan 6%, sedangkan konsentrasi asam sitrat adalah 3%, 5%, dan 7%. Pemilihan rentang konsentrasi ini mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya yang melaporkan kisaran efektif demineralisasi pada tulang ikan (Tazwir et al., 2014; Fatimah & Jannah, 2009; Nurilmala et al., 2012). Seluruh perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh 18 satuan percobaan. Detail perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Perlakuan Pretreatment Asam pada Ekstraksi Gelatin Tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus* sp.)

Kode	Jenis Asam	Konsentrasi (%)	Lama Perendaman (jam)	Suhu Ekstraksi (°C)	Keterangan
A1	HCl	4	24	70	Anorganik – konsentrasi rendah
A2	HCl	5	24	70	Anorganik – konsentrasi sedang
A3	HCl	6	24	70	Anorganik – konsentrasi tinggi
B1	Asam Sitrat	3	24	70	Organik – konsentrasi rendah
B2	Asam Sitrat	5	24	70	Organik – konsentrasi sedang
B3	Asam Sitrat	7	24	70	Organik – konsentrasi tinggi

Sumber: Data primer penelitian (2024)

Prosedur Ekstraksi Gelatin

Tulang ikan tenggiri segar dibersihkan dari sisa daging dan lemak, kemudian dilakukan degreasing dengan merendam tulang dalam air panas (70°C, 30 menit) sesuai prosedur Gudipati & Kannuchamy (2014). Tulang yang telah didegreasing dipotong dengan ukuran 1–2 cm, dicuci bersih, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 12 jam. Tulang kering kemudian direndam dalam larutan asam (HCl atau asam sitrat) sesuai perlakuan dengan rasio tulang:larutan asam = 1:4 (b/v) selama 24 jam pada suhu ruang. Ossein yang terbentuk dicuci dengan akuades hingga pH 6,0–7,0 dan selanjutnya diekstraksi dengan akuades pada rasio ossein:akuades = 1:3 (b/v) pada suhu 70°C selama 5 jam. Filtrat hasil ekstraksi disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 1, selanjutnya diuapkan pada suhu 55°C menggunakan oven vakum dan dikeringkan pada suhu 50°C hingga diperoleh gelatin kering. Metode ini diadaptasi dari Suryanti et al. (2006) dan Tazwir et al. (2014).

Analisis Karakteristik Gelatin

Rendemen gelatin dihitung sebagai persentase berat gelatin kering terhadap berat tulang kering awal. Kadar air dan kadar abu ditentukan menggunakan metode gravimetri AOAC (2016). Nilai pH diukur menggunakan pH meter digital pada larutan gelatin 6,67% (b/v) pada suhu 25°C. Viskositas diukur menggunakan viskometer Ostwald pada larutan gelatin 6,67% (b/v) pada suhu 60°C dan dinyatakan dalam satuan centiPoise (cPs). Kekuatan gel diukur menggunakan texture analyzer dengan metode Bloom test:

larutan gelatin 6,67% (b/v) dikondisikan pada suhu 10°C selama 17 jam sebelum pengukuran, dan hasilnya dinyatakan dalam satuan g Bloom (Silwiwanda & Naenum, 2024; Tuslinah, 2022). Analisis FTIR dilakukan terhadap dua perlakuan terbaik (A1 dan B1) menggunakan metode ATR pada panjang gelombang 400–4.000 cm^{-1} untuk mengidentifikasi gugus fungsi karakteristik gelatin (Khiari et al., 2011).

Analisis Data

Data hasil pengukuran dianalisis menggunakan One-Way ANOVA dan dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf signifikansi 5% menggunakan perangkat lunak SPSS versi 26. Penentuan perlakuan optimum dilakukan berdasarkan pemenuhan seluruh parameter terhadap standar SNI 06-3735-1995 dan perbandingan nilai kekuatan gel sebagai parameter kunci kualitas gelatin (Winarti et al., 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Gelatin

Rendemen gelatin yang dihasilkan dari seluruh perlakuan berkisar antara 6,21% hingga 9,48% (Tabel 2). Perlakuan A1 (HCl 4%) menghasilkan rendemen tertinggi sebesar 9,48%, berbeda nyata ($p < 0,05$) dibandingkan perlakuan B1 (asam sitrat 3%) yang menghasilkan rendemen 8,12%. Peningkatan konsentrasi asam pada kedua jenis asam secara konsisten menurunkan nilai rendemen: konsentrasi HCl 6% menghasilkan rendemen terendah sebesar 6,21%. Pola ini sejalan dengan temuan Tazwir et al. (2014) yang melaporkan penurunan rendemen gelatin tulang ikan kaci-kaci pada peningkatan konsentrasi HCl dari 4% ke 6%. Konsentrasi asam yang terlalu tinggi diduga menyebabkan degradasi hidrolitik berlebihan pada rantai polipeptida kolagen, sehingga sebagian fraksi peptida berbobot molekul rendah tidak mengendap pada proses pengeringan dan ikut terbuang bersama filtrat (Nurilmala et al., 2012; Arpi et al., 2016).

Rendemen yang dihasilkan dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan gelatin tulang ikan bandeng yang hanya mencapai 4,82–7,35% (Winarti et al., 2021), namun sebanding dengan gelatin kulit ikan kakap merah yang berkisar 8,15–11,20% (Suryanti et al., 2006). Hal ini mengindikasikan bahwa kandungan kolagen tulang ikan tenggiri cukup tinggi dan responsif terhadap proses demineralisasi asam. Seluruh nilai rendemen pada perlakuan A1 dan B1 telah memenuhi batas minimum yang ditetapkan SNI 06-3735-1995, yaitu $\geq 6,00\%$.

Kadar Air dan Kadar Abu

Kadar air gelatin pada seluruh perlakuan berkisar antara 7,72% hingga 9,15%, jauh di bawah batas maksimum SNI sebesar 16,00%. Perlakuan A1 (HCl 4%) menghasilkan kadar air terendah (7,72%), berbeda nyata dengan perlakuan A3 (HCl 6%) yang menghasilkan kadar air tertinggi (9,15%). Kadar air yang lebih rendah pada HCl konsentrasi rendah berkaitan dengan struktur kolagen yang lebih terjaga sehingga proses pengeringan lebih efisien (Pertwi et al., 2018). Kisaran kadar air yang dihasilkan penelitian ini konsisten dengan laporan Tuslinah (2022) pada gelatin tulang ikan tongkol (7,51–8,93%) dan sesuai dengan standar gelatin komersial.

Kadar abu berkisar antara 0,86% (A1) hingga 1,84% (A3), seluruhnya di bawah batas SNI sebesar 3,25%. Tingginya kadar abu pada perlakuan HCl 6% menunjukkan bahwa pada konsentrasi tersebut terjadi pelarutan sebagian mineral organik, namun sekaligus meningkatkan kontaminasi residu mineral anorganik akibat ion Cl^- dari HCl yang tidak sepenuhnya ternetralisasi selama pencucian ossein (Mardawati et al., 2018). Pola serupa dilaporkan oleh Winarti et al. (2021) yang menemukan peningkatan kadar abu seiring naiknya konsentrasi asam pada gelatin tulang ikan bandeng.

Nilai pH

Nilai pH gelatin menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan HCl dan asam sitrat ($p < 0,05$). Gelatin perlakuan asam sitrat memiliki nilai pH berkisar antara 5,08–5,61, secara konsisten lebih tinggi dibandingkan gelatin perlakuan HCl yang berkisar antara 4,32–4,82. Perbedaan ini disebabkan oleh sifat asam sitrat sebagai asam lemah trifungsional yang lebih mudah dinetralkan selama pencucian ossein dan menghasilkan residu ion H^+ lebih sedikit dibandingkan HCl sebagai asam kuat monoprotic (Fatimah & Jannah, 2009; Arshad et al., 2021). Nilai pH perlakuan asam sitrat mendekati rentang standar SNI 5,00–7,00, sedangkan perlakuan HCl 6% menghasilkan pH 4,32 yang berada di luar rentang standar tersebut. Perlakuan A1 (HCl 4%) dengan pH 4,82

merupakan satu-satunya perlakuan HCl yang mendekati batas bawah standar SNI, meskipun masih di bawah 5,00.

Nilai pH gelatin sangat penting dalam konteks aplikasi karena memengaruhi stabilitas emulsi, karakter rasa, dan kompatibilitas dengan bahan lain dalam formulasi produk pangan (Khiari et al., 2017). Gelatin dengan pH terlalu rendah dapat memengaruhi karakteristik sensoris produk akhir, terutama pada aplikasi jeli dan konfeksionari (Pertiwi et al., 2018; Mufida & Herdyastuti, 2022).

Viskositas

Viskositas gelatin yang dihasilkan berkisar antara 4,18 cPs (A3) hingga 6,20 cPs (A1), seluruhnya memenuhi standar SNI 1,50–7,20 cPs. Perlakuan HCl 4% menghasilkan viskositas tertinggi (6,20 cPs), berbeda nyata dibandingkan perlakuan asam sitrat 3% (5,42 cPs) dan jauh di atas perlakuan HCl 6% (4,18 cPs). Viskositas merupakan indikator panjang rantai polipeptida gelatin; nilai viskositas yang lebih tinggi mencerminkan rantai yang lebih panjang dan massa molekul rata-rata yang lebih besar (Silviwanda & Naenum, 2024). Degradasi kolagen yang lebih lanjut akibat konsentrasi asam tinggi menghasilkan peptida berbobot molekul rendah yang menurunkan nilai viskositas.

Hasil ini konsisten dengan temuan Khiari et al. (2011) pada gelatin kepala ikan makarel yang dilakukan pretreatment dengan berbagai asam organik, serta dengan laporan Arpi et al. (2016) pada gelatin kulit dan tulang ikan kakap totol yang menunjukkan bahwa kondisi pretreatment asam yang lebih keras menurunkan viskositas secara signifikan. Viskositas gelatin dalam penelitian ini juga sebanding dengan gelatin ikan tenggiri yang dilaporkan oleh Yuliani et al. (2020), yaitu 4,51–6,83 cPs pada kondisi ekstraksi serupa.

Kekuatan Gel

Kekuatan gel merupakan parameter paling kritis dalam menentukan kualitas fungsional gelatin untuk aplikasi pangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan A1 (HCl 4%) menghasilkan kekuatan gel tertinggi sebesar 163,63 g Bloom, diikuti oleh A2 (148,20 g Bloom) dan B1 (141,75 g Bloom). Kekuatan gel terendah diperoleh pada perlakuan A3 (HCl 6%) sebesar 102,40 g Bloom. Seluruh perlakuan menghasilkan kekuatan gel di atas batas minimum SNI (>50 g Bloom), namun perbedaan antar perlakuan sangat signifikan secara statistik ($F=287,41$; $p<0,001$), sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Kekuatan gel yang tinggi pada perlakuan A1 berkaitan dengan terjaganya integritas rantai triple helix kolagen selama proses demineralisasi pada konsentrasi asam rendah. HCl 4% mampu melarutkan mineral tulang secara efisien tanpa mendegradasi ikatan peptida pada rantai α -gelatin secara berlebihan, sehingga gelatin yang terbentuk memiliki kapasitas membentuk jaringan gel tiga dimensi yang kuat (Tazwir et al., 2014; Suryanti et al., 2006). Kekuatan gel 163,63 g Bloom yang dihasilkan dalam penelitian ini sebanding dengan gelatin tulang ikan tenggiri yang dilaporkan oleh Mardawati et al. (2018) (163 g Bloom pada kondisi optimal) dan gelatin tulang ikan patin dengan pretreatment asam sitrat oleh Pertiwi et al. (2018) (138–158 g Bloom).

Penurunan kekuatan gel pada konsentrasi asam yang lebih tinggi, baik untuk HCl maupun asam sitrat, konsisten dengan prinsip degradasi hidrolitik kolagen yang diakselerasi oleh peningkatan aktivitas ion H^+ . Fenomena ini juga dilaporkan oleh Winarti et al. (2021) dan Nurilmala et al. (2012) pada berbagai spesies ikan. Nilai kekuatan gel perlakuan asam sitrat secara keseluruhan lebih rendah dibandingkan HCl pada konsentrasi setara, mengindikasikan bahwa asam kuat lebih efisien dalam mengkonversi kolagen menjadi gelatin meskipun pada konsentrasi tinggi bersifat destruktif.

Perbandingan Karakteristik Fisikokimia antar Perlakuan

Diagram 1 memvisualisasikan perbandingan rerata nilai karakteristik fisikokimia antara perlakuan terburuk (A3, HCl 6%) dan perlakuan terbaik (A1, HCl 4%) secara ringkas untuk memudahkan interpretasi perbaikan kualitas antar kondisi pretreatment.

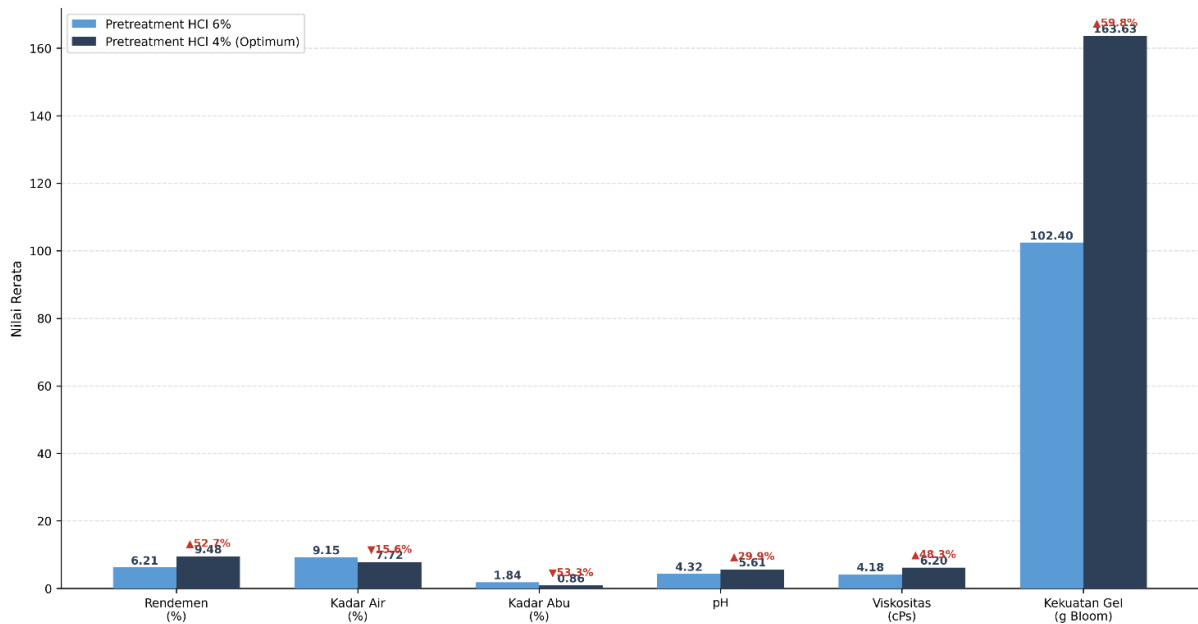


Diagram 1. Perbandingan Rerata Karakteristik Fisikokimia Gelatin Tulang Ikan Tenggiri antara Perlakuan HCl 6% (A3) dan HCl 4% (A1)

Tabel 2. Karakteristik Fisikokimia Gelatin Tulang Ikan Tenggiri berdasarkan Jenis dan Konsentrasi Asam Pretreatment

Kode	Rendemen (%)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	pH	Viskositas (cPs)	Kekuatan Gel (g Bloom)	Warna (L*)
A1	9,48 ± 0,21a	7,72 ± 0,14a	0,86 ± 0,03a	4,82 ± 0,06b	6,20 ± 0,18a	163,63 ± 4,21a	72,4 ± 1,2a
A2	8,73 ± 0,31ab	8,10 ± 0,22b	1,04 ± 0,05b	4,60 ± 0,08c	5,78 ± 0,25ab	148,20 ± 5,17b	70,8 ± 1,5ab
A3	6,21 ± 0,19c	9,15 ± 0,31c	1,84 ± 0,07c	4,32 ± 0,05d	4,18 ± 0,20c	102,40 ± 6,35d	66,3 ± 1,8c
B1	8,12 ± 0,24b	8,45 ± 0,28b	1,12 ± 0,06b	5,61 ± 0,09a	5,42 ± 0,22b	141,75 ± 4,88b	71,6 ± 1,3a
B2	7,63 ± 0,18b	8,78 ± 0,19bc	1,35 ± 0,08b	5,34 ± 0,07a	5,10 ± 0,17bc	128,50 ± 5,63c	69,2 ± 1,6b
B3	6,84 ± 0,22c	9,02 ± 0,25c	1,67 ± 0,09c	5,08 ± 0,10a	4,65 ± 0,19c	115,20 ± 6,10cd	67,5 ± 1,7bc
SNI	≥6,00	≤16,00	≤3,25	5,00–7,00	1,50–7,20	>50	–

Sumber: Data primer penelitian (2024).

Tabel 3. Ringkasan Hasil Analisis Varians (ANOVA) Karakteristik Gelatin Tulang Ikan Tenggiri

Parameter	Sumber Variasi	db	JK	KT	F hitung	Sig.
Rendemen (%)	Jenis Asam	1	8,421	8,421	52,34	0,001*
	Konsentrasi	2	12,783	6,392	39,72	0,000*
	Galat	12	1,931	0,161		
Kekuatan Gel (g Bloom)	Jenis Asam	1	10.842,36	10.842,36	287,41	0,000*

Parameter	Sumber Variasi	db	JK	KT	F hitung	Sig.
Viskositas (cPs)	Konsentrasi	2	6.213,78	3.106,89	82,33	0,000*
	Galat	12	452,84	37,74		
	Jenis Asam	1	3,612	3,612	44,18	0,000*
	Konsentrasi	2	5,241	2,621	32,07	0,000*
	Galat	12	0,981	0,082		

Sumber: Data primer penelitian (2024).

Profil FTIR Gelatin Tulang Ikan Tenggiri

Analisis FTIR dilakukan terhadap perlakuan terbaik dari masing-masing jenis asam, yaitu A1 (HCl 4%) dan B1 (asam sitrat 3%), untuk memverifikasi struktur kolagen gelatin yang dihasilkan. Hasil analisis menunjukkan pola pita serapan yang sangat mirip antara kedua perlakuan dan konsisten dengan gelatin standar (Tabel 4). Pita Amida A pada bilangan gelombang 3.286 cm^{-1} (A1) dan 3.301 cm^{-1} (B1) mengindikasikan adanya regangan ikatan N–H yang terkait dengan ikatan hidrogen intramolekular pada struktur triple helix kolagen, sesuai dengan rentang standar $3.280\text{--}3.310\text{ cm}^{-1}$ (Milovanovic & Hayes, 2018).

Pita Amida I pada 1.637 cm^{-1} (A1) yang berasal dari regangan C=O ikatan peptida merupakan pita paling dominan dan sensitif terhadap konformasi rantai polipeptida. Posisi pita ini pada kedua perlakuan berada dalam rentang referensi gelatin ikan yang dilaporkan oleh Gudipati & Kannuchamy (2014) dan Khiari et al. (2011), mengkonfirmasi bahwa struktur kolagen gelatin terjaga dengan baik pada kedua kondisi pretreatment optimum. Pita Amida II pada 1.543 cm^{-1} (A1) yang berasal dari lenturan N–H dan regangan C–N menandai ikatan peptida sekunder dan keberadaannya konsisten dengan gelatin ikan pelagis yang dilaporkan dalam literatur (Arpi et al., 2016; Khiari et al., 2017).

Pita Amida III pada 1.237 cm^{-1} (A1) merupakan indikator spesifik konformasi α -helix pada gelatin; keberadaan pita ini mengkonfirmasi bahwa gelatin tulang ikan tenggiri yang dihasilkan memiliki struktur kolagen tipe I yang intak (Silviwanda & Naenum, 2024). Tidak ditemukan pita serapan pada $1.740\text{--}1.750\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan karakteristik regangan C=O ester lemak, mengindikasikan bahwa kontaminasi lemak telah berhasil dihilangkan secara efektif pada tahap degreasing (Tuslinah, 2022). Perbandingan profil FTIR secara keseluruhan menunjukkan bahwa kedua perlakuan terbaik menghasilkan gelatin dengan identitas kimia yang autentik sebagai produk turunan kolagen.

Tabel 4. Pita Serapan FTIR Gelatin Tulang Ikan Tenggiri Perlakuan Terbaik dibandingkan Gelatin Standar

Pita Amida	A1 – HCl 4% (cm^{-1})	B1 – Sitrat 3% (cm^{-1})	Gelatin Standar (cm^{-1})	Ref. Gelatin Sapi (cm^{-1})	Gugus Fungsi
Amida A	3.286	3.301	3.280–3.310	3.290–3.310	Regangan N–H dan O–H
Amida B	2.938	2.942	2.920–2.950	2.930–2.950	Regangan C–H asimetris
Amida I	1.637	1.641	1.630–1.660	1.640–1.660	Regangan C=O (ikatan peptida)
Amida II	1.543	1.549	1.540–1.560	1.530–1.550	Lenturan N–H dan regangan C–N
Amida III	1.237	1.241	1.220–1.250	1.230–1.250	Regangan C–N dan lenturan N–H

Sumber: Data primer penelitian (2024).

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengkaji pengaruh jenis dan konsentrasi asam pretreatment terhadap karakteristik fisikokimia, kekuatan gel, dan profil FTIR gelatin tulang ikan tenggiri (*Scomberomorus* sp.). Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis asam dan konsentrasi asam berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap seluruh parameter fisikokimia yang diamati. Perlakuan HCl 4% (A1) ditetapkan sebagai kondisi pretreatment optimum yang menghasilkan gelatin dengan kualitas terbaik, ditandai oleh rendemen 9,48%, kadar air 7,72%, kadar abu 0,86%, viskositas 6,20 cPs, dan kekuatan gel 163,63 g Bloom; seluruh parameter tersebut memenuhi persyaratan SNI 06-3735-1995. Perlakuan asam sitrat menghasilkan gelatin dengan nilai pH yang lebih baik dan lebih mendekati standar SNI dibandingkan HCl, namun menghasilkan kekuatan gel yang secara konsisten lebih rendah pada konsentrasi setara.

Analisis FTIR mengkonfirmasi bahwa gelatin yang dihasilkan dari perlakuan terbaik memiliki pita amida A, B, I, II, dan III yang khas dan konsisten dengan struktur kolagen gelatin standar, sehingga keautentikan produk gelatin tulang ikan tenggiri dapat diverifikasi secara spektroskopik. Tidak ditemukannya pita regangan C=O ester lemak mengindikasikan efektivitas tahap degreasing. Tulang ikan tenggiri dari sentra pengolahan di Kelurahan Ampenan, Kota Mataram, terbukti merupakan bahan baku potensial yang layak untuk produksi gelatin halal berkualitas tinggi. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji optimasi suhu ekstraksi, waktu demineralisasi, serta potensi pemanfaatan gelatin yang dihasilkan dalam aplikasi formulasi produk pangan dan farmasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram, atas fasilitas yang disediakan selama penelitian berlangsung. Terima kasih juga disampaikan kepada para pelaku usaha pengolahan ikan tenggiri di Kelurahan Ampenan, Kota Mataram, atas ketersediaan bahan baku penelitian, serta kepada seluruh civitas akademika yang telah memberikan masukan konstruktif terhadap naskah ini.

REFERENSI

- 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), 95–104. <https://doi.org/10.26578/JRTI.V9I2.1713>
- Arpi, N., Fahrizal, F., Satriana, S., & Fithriani, D. (2016). Extraction and properties of gelatin from spotted oceanic triggerfish (*Canthidermis maculata*) skin and bone. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 6(5), 798–803. <https://doi.org/10.18517/IJASEIT.6.5.797>
- Arshad, N. M., Ghaffar, M. A., & Mohtar, N. F. (2021). Effects of organic acid on the physicochemical properties of gelatine extracted from fringescale sardinella (*Sardinella fimbriata*) bones. *Food Research*, 5(4), 274–282. [https://doi.org/10.26656/FR.2017.5\(4\).038](https://doi.org/10.26656/FR.2017.5(4).038)
- Benjakul, S., Oungbho, K., Visessanguan, W., Thiansilakul, Y., & Roytrakul, S. (2009). Characteristics of gelatin from the skins of bigeye snapper, brownstripe red snapper and black tilapia as affected by extraction conditions. *Food Hydrocolloids*, 23(2), 547–555. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.03.014>
- Fatimah, D., & Jannah, A. (2009). Efektivitas penggunaan asam sitrat dalam pembuatan gelatin tulang ikan bandeng (*Chanos chanos* Forskal). *Alchemy*, 1(2), 7–15. <https://doi.org/10.18860/AL.V0I0.1663>
- Gómez-Guillén, M. C., Giménez, B., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2011). Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids*, 25(8), 1813–1827. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.007>
- Gudipati, V., & Kannuchamy, N. (2014). Recovery of gelatin with improved functionality from seafood processing waste. In *Seafood processing by-products* (pp. 197–219). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9590-1_8

- Hanif, A., & Afifah, I. Q. (2024). Characteristics of halal gelatin from Spanish mackerel (*Scomberomorus commersonii*) bone gelatin isolated with bromelain enzyme pretreatment. *Journal of Halal Product and Research*, 7(2), 147–157. <https://doi.org/10.20473/jhpr.vol.7-issue.2.147-157>
- Jaya, A., Ismail, I., & Arsul, M. I. (2024). Studi pustaka: Pengaruh metode ekstraksi terhadap kualitas gelatin dari ikan dengan pretreatment asam dan basa. *Jurnal Farmasi UIN Alauddin Makassar*, 12(1), 50–60. <https://doi.org/10.24252/jfuinam.v12i1.38150>
- Jongjareonrak, A., Benjakul, S., Visessanguan, W., Tanaka, M., & Mizuta, S. (2006). Skin gelatin from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) and brownstripe red snapper (*Lutjanus vitta*): Chemical compositions and effect of microbial transglutaminase on gel properties. *Food Hydrocolloids*, 20(8), 1216–1222. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.01.006>
- Karim, A. A., & Bhat, R. (2009). Fish gelatin: Properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 563–576. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.07.002>
- Khiari, Z., Rico, D., Martin-Diana, A. B., & Barry-Ryan, C. (2011). The extraction of gelatine from mackerel (*Scomber scombrus*) heads with the use of different organic acids. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 5(1), 52–63. <https://doi.org/10.3153/JFSCOM.2011007>
- Khiari, Z., Rico, D., Martin-Diana, A. B., & Barry-Ryan, C. (2017). Valorization of fish by-products: Rheological, textural and microstructural properties of mackerel skin gelatins. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(1), 180–191. <https://doi.org/10.1007/S10163-015-0399-2>
- Mardawati, E., Sugandi, H., Kayaputri, I. L., et al. (2018). Study and characterization of powder mackerel (*Scomberomorus commerson*) bone gelatin through hydrolysis of hydrochloric acid. *AIP Conference Proceedings*, 1927, Article 030040. <https://doi.org/10.1063/1.5021195>
- Milovanovic, I., & Hayes, M. (2018). Marine gelatine from rest raw materials. *Applied Sciences*, 8(12), 2407. <https://doi.org/10.3390/app8122407>
- Mufida, S. N., & Herdyastuti, N. (2022). Ekstraksi gelatin sisik ikan nila (*Oreochromis spp.*) dengan variasi konsentrasi asam sitrat dan waktu demineralisasi. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 6(3), 237–248. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2022.vol.6.no.3.237>
- Nurilmala, M., Trilaksani, W., & Setiawati, I. H. (2012). Ekstraksi gelatin kulit ikan kakap merah (*Lutjanus sp.*) dengan proses perlakuan asam. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 15(3), 240–251. <https://doi.org/10.17844/JPHPI.V15I3.21436>
- Pertiwi, M., Atma, Y., Mustopa, A. Z., & Idiawati, N. (2018). Karakteristik fisik dan kimia gelatin dari tulang ikan patin dengan pre-treatment asam sitrat. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7(2), 83–89. <https://doi.org/10.17728/JATP.2470>
- Silviwanda, S., & Naenum, N. T. (2024). Physical characteristics of fishbone gelatin (gel strength, viscosity, and pH): Review. *Jurnal Teknologi Pangan dan Agroindustri*, 5(1), 1–12. <https://doi.org/10.21070/jtfat.v5i01.1619>
- Suryanti, S., Hadi, S., & Peranginangin, R. (2006). Ekstraksi gelatin dari tulang ikan kakap merah (*Lutjanus sp.*) secara asam. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 1(1), 27–34. <https://doi.org/10.15578/JPBKP.V1I1.228>
- Tazwir, T., Ayudiarti, D. L., & Peranginangin, R. (2014). Optimasi pembuatan gelatin dari tulang ikan kaci-kaci (*Plectorhynchus chaetodonoides* Lac.) menggunakan berbagai konsentrasi asam dan waktu ekstraksi. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 9(1), 35–43. <https://doi.org/10.15578/JPBKP.V2I1.26>
- Tuslinah, L. (2022). Karakterisasi gelatin dari tulang ikan tongkol dan tulang ikan gurame. *Journal of Pharmacopolium*, 4(3), 187–194. <https://doi.org/10.36465/jop.v4i3.802>

- Winarti, S., Sarofa, U., & Prihardi, M. Y. R. (2021). The effect of type and concentration of acid on the characteristics of gelatine from bones of milkfish (*Chanos chanos*). *Food Research*, 5(4), 303–311. [https://doi.org/10.26656/FR.2017.5\(4\).690](https://doi.org/10.26656/FR.2017.5(4).690)
- Yuliani, Y., Agung, B. T., Marwati, M., & Prastujati, A. U. (2020). Physico-chemical characteristics of giant featherback (*Chitala lopis*) and mackerel (*Scomberomorus commerson*) bone gelatin and their potential as gelling agent in gel mixture system for roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) soft jelly candies. *Walailak Journal of Science and Technology*, 17(5), 463–474. <https://doi.org/10.48048/wjst.2020.4559>