

Pengaruh Variasi Dosis Enzim Papain Pada Pembuatan Gelatin Dari Tulang Ikan Tenggiri

Zaryuni Agustina¹, Aneasari Meidinariasty², Akbar Ismi Aziz Pramito

Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

*Koresponden email: agustinazaryunii@gmail.com¹, aneasari@polsri.ac.id²

Diterima: 31 Maret 2026

Disetujui: 03 April 2026

Abstract

This study aimed to analyze the effect of papain enzyme dosage variation on the yield and physicochemical characteristics of gelatin extracted from narrow-barred Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) bones. The raw material used in this research was fish bone waste obtained from fish processing industries, which has potential as an alternative collagen source. The extraction process consisted of pre-treatment, enzymatic soaking using papain for 24 hours, extraction at 70°C for 6–7 hours, and drying at 55–65°C. The papain enzyme concentrations applied were 2, 3, 4, 5, and 6 grams using two different bone masses, 150 grams and 300 grams. The observed parameters included yield, moisture content, ash content, protein content, pH, and viscosity. The results showed that increasing papain enzyme dosage significantly affected the yield and protein content of the produced gelatin. The highest yield (8.6%) was obtained using 6 grams of papain with 300 grams of bone mass. Moisture content ranged from 7.3% to 8.99%, while ash content ranged from 1.13% to 1.4%, all meeting the national gelatin quality standards. The pH values were within 6–7, indicating stable and neutral characteristics, and viscosity increased up to 7.3 cP under the best treatment condition. Overall, the use of 6 grams of papain with 300 grams of fish bone produced the most optimal gelatin characteristics.

Keywords: *papain enzyme, fish bone gelatin, yield*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi dosis enzim papain terhadap rendemen dan karakteristik fisikokimia gelatin yang diekstraksi dari tulang ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*). Bahan baku yang digunakan merupakan limbah tulang ikan dari industri pengolahan hasil perikanan yang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber kolagen alternatif. Proses ekstraksi dilakukan melalui tahap pra-perlakuan, perendaman dengan enzim papain selama 24 jam, ekstraksi pada suhu 70°C selama 6–7 jam, serta pengeringan pada suhu 55–65°C. Variasi dosis enzim yang digunakan yaitu 2, 3, 4, 5, dan 6 gram pada massa tulang 150 gram dan 300 gram. Parameter yang dianalisis meliputi rendemen, kadar air, kadar abu, kadar protein, pH, dan viskositas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan dosis enzim papain berpengaruh signifikan terhadap peningkatan rendemen dan kadar protein gelatin. Rendemen tertinggi diperoleh pada perlakuan 6 gram papain dengan massa tulang 300 gram sebesar 8,6%. Kadar air berkisar antara 7,3%–8,99% dan kadar abu 1,13%–1,4%, yang seluruhnya memenuhi standar mutu gelatin nasional. Nilai pH berada pada kisaran 6–7, sedangkan viskositas meningkat hingga 7,3 cP pada perlakuan terbaik. Secara keseluruhan, penggunaan 6 gram enzim papain pada massa tulang 300 gram menghasilkan karakteristik gelatin paling optimal.

Kata Kunci: *enzim papain, gelatin tulang ikan, rendemen*

1. Pendahuluan

Industri pengolahan ikan di Indonesia berkembang pesat seiring meningkatnya konsumsi produk berbasis hasil laut, namun pertumbuhan tersebut juga diikuti oleh peningkatan jumlah limbah padat seperti tulang, kepala, kulit, dan sisik ikan. Limbah ini sering kali belum dimanfaatkan secara optimal dan berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Tulang ikan yang selama ini dianggap sebagai sisa produksi sebenarnya memiliki kandungan protein struktural berupa kolagen yang cukup tinggi. Kolagen tersebut dapat diolah lebih lanjut menjadi produk bernilai tambah seperti gelatin melalui proses hidrolisis parsial. Pemanfaatan limbah tulang ikan tidak hanya mendukung

prinsip zero waste dalam industri perikanan, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan nilai ekonomi hasil samping perikanan. Oleh karena itu, pengembangan teknologi ekstraksi gelatin dari tulang ikan menjadi salah satu alternatif strategis dalam pengolahan limbah berkelanjutan [1].

Gelatin merupakan protein hasil konversi kolagen yang memiliki kemampuan unik dalam membentuk gel, meningkatkan viskositas, serta berperan sebagai penstabil dan pengemulsi dalam berbagai sistem pangan maupun nonpangan. Dalam industri makanan, gelatin banyak digunakan pada produk permen, dessert, minuman, dan produk olahan daging karena sifatnya yang mampu memperbaiki tekstur dan kestabilan produk. Di bidang farmasi, gelatin dimanfaatkan sebagai bahan baku kapsul lunak maupun keras, serta sebagai bahan pembentuk film. Secara komersial, sebagian besar gelatin masih diproduksi dari kulit dan tulang sapi maupun babi. Namun, sumber gelatin dari mamalia menghadapi berbagai kendala seperti isu kehalalan, risiko penyakit hewan, serta keterbatasan keberlanjutan bahan baku. Kondisi tersebut mendorong pencarian sumber gelatin alternatif yang lebih aman, halal, dan ramah lingkungan [2].

Salah satu sumber alternatif yang potensial adalah tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus commerson*), yang banyak dimanfaatkan dalam industri pengolahan pangan di Indonesia. Ikan tenggiri merupakan bahan utama berbagai produk olahan seperti pempek, kerupuk, dan bakso ikan, sehingga menghasilkan limbah tulang dalam jumlah signifikan. Tulang ikan tenggiri diketahui mengandung kolagen tipe I dalam jumlah yang cukup tinggi dan memiliki struktur jaringan yang memungkinkan untuk dihidrolisis menjadi gelatin. Pemanfaatan tulang ikan tenggiri sebagai bahan baku gelatin juga memiliki keunggulan karena lebih mudah diterima oleh masyarakat muslim dibandingkan gelatin berbasis babi. Selain itu, gelatin ikan umumnya memiliki titik leleh lebih rendah sehingga sesuai untuk aplikasi pangan tertentu yang memerlukan tekstur lembut. Dengan demikian, eksplorasi tulang ikan tenggiri sebagai sumber gelatin menjadi langkah yang relevan dalam pengembangan produk berbasis sumber daya lokal.

Proses produksi gelatin dari tulang ikan umumnya melibatkan beberapa tahapan utama, yaitu pra-perlakuan, hidrolisis kolagen, ekstraksi, dan pengeringan. Tahap pra-perlakuan bertujuan untuk menghilangkan lemak serta mineral yang terdapat pada tulang melalui proses pencucian dan demineralisasi. Setelah itu, kolagen yang telah terpisah dari komponen mineral diubah menjadi gelatin melalui proses hidrolisis parsial. Metode hidrolisis dapat dilakukan menggunakan perlakuan asam, basa, maupun bantuan enzim. Setiap metode memiliki karakteristik tersendiri dalam mempengaruhi rendemen serta sifat fisikokimia gelatin yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemilihan metode yang tepat menjadi faktor penting dalam menentukan kualitas akhir produk.

Metode enzimatik semakin banyak dikembangkan karena dinilai lebih selektif dan mampu berlangsung pada kondisi proses yang lebih ringan dibandingkan metode kimia konvensional. Penggunaan enzim proteolitik memungkinkan pemutusan ikatan peptida secara spesifik tanpa merusak struktur protein secara berlebihan. Salah satu enzim yang banyak digunakan dalam hidrolisis kolagen adalah papain, yaitu enzim protease yang berasal dari getah pepaya. Papain bekerja dengan memecah ikatan peptida pada molekul kolagen sehingga menghasilkan rantai polipeptida yang lebih pendek dan larut dalam air. Keunggulan penggunaan enzim papain terletak pada kemampuannya meningkatkan efisiensi ekstraksi serta menghasilkan gelatin dengan sifat fungsional yang lebih baik. Pendekatan enzimatik dinilai lebih ramah lingkungan karena mengurangi penggunaan bahan kimia kuat dalam proses produksi [3].

Efektivitas enzim papain dalam proses hidrolisis sangat dipengaruhi oleh faktor dosis, suhu, dan pH reaksi. Peningkatan dosis enzim umumnya akan mempercepat proses pemutusan ikatan peptida sehingga meningkatkan jumlah kolagen yang terkonversi menjadi gelatin. Namun, penggunaan enzim dalam jumlah berlebihan dapat menyebabkan degradasi rantai protein secara berlebihan sehingga menurunkan kekuatan gel dan viskositas produk. Oleh karena itu, diperlukan optimasi dosis enzim untuk memperoleh keseimbangan antara rendemen dan kualitas gelatin. Variasi dosis enzim menjadi salah satu parameter penting dalam penelitian ini untuk mengetahui kondisi optimum proses. Pengaturan kondisi operasi yang tepat diharapkan mampu menghasilkan gelatin dengan karakteristik sesuai standar mutu.

Karakteristik fisikokimia gelatin yang umum dianalisis meliputi rendemen, kadar air, kadar abu, kadar protein, pH, dan viskositas. Rendemen menunjukkan efisiensi proses ekstraksi dalam mengkonversi kolagen menjadi gelatin. Kadar air dan kadar abu mencerminkan stabilitas serta kemurnian produk yang dihasilkan. Sementara itu, kadar protein dan viskositas berkaitan langsung dengan kualitas struktur gel yang terbentuk. Standar mutu gelatin di Indonesia mengacu pada SNI 06-3735-1995 yang menetapkan

batas maksimum kadar air dan kadar abu, serta rentang pH dan viskositas tertentu. Pemenuhan parameter tersebut menjadi indikator bahwa gelatin yang dihasilkan layak untuk diaplikasikan pada berbagai industri [4].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi dosis enzim papain terhadap rendemen dan karakteristik fisikokimia gelatin yang dihasilkan dari tulang ikan tenggiri. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi ilmiah mengenai kondisi optimum penggunaan enzim papain dalam proses ekstraksi. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan teknologi produksi gelatin berbasis limbah perikanan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Pemanfaatan tulang ikan tenggiri sebagai bahan baku alternatif juga diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap gelatin impor berbasis mamalia. Dengan demikian, penelitian ini memiliki relevansi penting dalam bidang teknologi kimia industri dan pengolahan hasil perikanan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya selama periode April hingga Juni 2025. Bahan utama yang digunakan adalah tulang ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*) sebanyak ± 2 kg yang diperoleh dari limbah industri pengolahan ikan, enzim papain sebanyak 20 gram, serta aquadest sebagai pelarut ekstraksi. Peralatan utama yang digunakan meliputi oven pengering, water bath, viskometer, timbangan analitik, tabung Kjeldahl, tanur listrik, dan texture analyzer. Penelitian dirancang menggunakan variasi dosis enzim papain sebesar 2, 3, 4, 5, dan 6 gram terhadap dua variasi massa tulang ikan yaitu 150 gram dan 300 gram, dengan kondisi tetap berupa suhu ekstraksi 70°C, waktu ekstraksi 6-7 jam, dan pH netral (6-7). Rancangan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh peningkatan dosis enzim terhadap rendemen dan karakteristik fisikokimia gelatin yang dihasilkan. Parameter analisis yang diamati meliputi rendemen, kadar air, kadar abu, kadar protein, pH, dan viskositas sesuai metode standar pengujian gelatin [5].

Proses pembuatan gelatin diawali dengan tahap pra-perlakuan berupa perebusan tulang ikan pada suhu 70°C selama 30 menit untuk menghilangkan sisa daging dan lemak. Tulang yang telah dibersihkan kemudian dipotong kecil (± 2 cm) dan direndam dalam larutan enzim papain selama 24 jam hingga terbentuk ossein (tulang lunak hasil demineralisasi). Setelah proses perendaman, tulang disaring dan dicuci menggunakan air mengalir hingga mencapai pH netral. Tahap selanjutnya adalah ekstraksi menggunakan aquadest pada suhu 70°C selama 6 jam untuk mengonversi kolagen menjadi gelatin terlarut. Filtrat hasil ekstraksi kemudian disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 55–65°C selama 8 jam hingga diperoleh lembaran gelatin kering yang selanjutnya dihaluskan menjadi bubuk.

Analisis karakteristik gelatin dilakukan secara kuantitatif untuk menentukan mutu produk. Rendemen dihitung berdasarkan perbandingan berat gelatin kering terhadap berat bahan awal dalam persen. Kadar air dianalisis menggunakan metode oven pada suhu 105°C hingga berat konstan, sedangkan kadar abu ditentukan melalui proses pengabuan dalam tanur pada suhu 600°C selama 4 jam. Kadar protein dianalisis menggunakan metode Kjeldahl melalui tahapan destruksi, destilasi, dan titrasi untuk menentukan kadar nitrogen total yang kemudian dikalikan dengan faktor konversi 6,25. Nilai pH diukur menggunakan kertas indikator pada larutan gelatin 1%, dan viskositas diukur dengan metode bola jatuh (falling ball method). Seluruh prosedur analisis dilakukan mengacu pada metode standar pengujian gelatin yang berlaku secara nasional [6].

Tabel 1. Bahan yang Digunakan dalam Penelitian

No	Nama Bahan	Spesifikasi	Fungsi
1	Tulang ikan tenggiri (<i>Scomberomorus commerson</i>)	± 2 kg, limbah industri pengolahan ikan	Bahan baku utama sumber kolagen
2	Enzim papain	Total 20 gram	Agen hidrolisis kolagen
3	Aquadest	Secukupnya	Pelarut dalam proses ekstraksi

Tabel 2. Alat yang Digunakan dalam Penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1	Oven pengering	Mengeringkan gelatin
2	Water bath	Proses ekstraksi pada suhu terkendali
3	Timbangan analitik	Menimbang bahan dan produk
4	Viskometer	Mengukur viskositas gelatin
5	Tanur listrik	Analisis kadar abu
6	Alat Kjeldahl	Analisis kadar protein
7	Texture analyzer	Analisis karakteristik tekstur
8	Gelas kimia, erlenmeyer, corong, kertas saring	Peralatan pendukung proses

3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Dosis Enzim Papain terhadap Rendemen Gelatin

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan dosis enzim papain memberikan pengaruh signifikan terhadap rendemen gelatin yang dihasilkan dari tulang ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*). Pada massa tulang 150 gram, rendemen meningkat secara bertahap dari 5,6% pada penggunaan 2 gram papain hingga mencapai 7,3% pada dosis 6 gram. Pola peningkatan yang konsisten ini menunjukkan adanya hubungan yang jelas antara konsentrasi enzim dan jumlah gelatin yang berhasil diekstraksi. Peningkatan rendemen tersebut mengindikasikan bahwa semakin besar jumlah enzim yang ditambahkan, semakin optimal proses hidrolisis kolagen yang berlangsung selama tahap perendaman dan ekstraksi. Secara umum, efisiensi proses ekstraksi gelatin sangat dipengaruhi oleh kemampuan enzim dalam memecah struktur kolagen menjadi fraksi yang lebih sederhana dan larut air [3]. Dengan demikian, ketersediaan enzim dalam jumlah yang memadai menjadi faktor kunci dalam meningkatkan konversi kolagen menjadi gelatin [14].

Tren peningkatan rendemen juga terlihat pada perlakuan dengan massa tulang 300 gram, di mana nilai rendemen meningkat dari 6,0% pada dosis 2 gram papain menjadi 8,6% pada dosis 6 gram. Nilai yang lebih tinggi pada massa bahan yang lebih besar menunjukkan bahwa rasio antara bahan baku dan enzim turut memengaruhi efektivitas proses hidrolisis. Enzim papain bekerja dengan memutus ikatan peptida pada struktur triple helix kolagen sehingga menghasilkan rantai polipeptida yang lebih pendek dan mudah larut dalam air [3]. Proses pemutusan ikatan ini menyebabkan struktur kolagen yang semula tidak larut berubah menjadi gelatin yang dapat diekstraksi dalam medium berair. Semakin banyak ikatan peptida yang terhidrolisis, semakin besar fraksi protein terlarut yang dihasilkan, sehingga rendemen meningkat secara signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis enzim memberikan kontribusi langsung terhadap jumlah gelatin yang diperoleh.

Secara teoritis, peningkatan konsentrasi enzim akan meningkatkan laju reaksi hingga mencapai titik optimum tertentu sesuai dengan prinsip kinetika enzimatik. Apabila konsentrasi enzim berada dalam rentang efektif, maka proses hidrolisis berlangsung maksimal tanpa menyebabkan degradasi protein secara berlebihan. Temuan penelitian ini sejalan dengan laporan sebelumnya yang menyatakan bahwa optimasi konsentrasi enzim proteolitik berperan penting dalam meningkatkan efisiensi ekstraksi serta menghasilkan rendemen gelatin yang lebih tinggi [7]. Namun demikian, penggunaan enzim dalam jumlah yang terlalu besar berpotensi menurunkan kualitas struktur gel akibat pemotongan rantai protein yang terlalu pendek. Oleh karena itu, berdasarkan hasil penelitian ini, dosis 6 gram papain dapat dikategorikan sebagai perlakuan paling optimal dalam meningkatkan rendemen tanpa menunjukkan indikasi penurunan mutu secara signifikan.

Kadar Air dan Kadar Abu Gelatin

Kadar air gelatin yang dihasilkan pada seluruh perlakuan berada pada rentang 7,3% - 8,99%. Nilai tersebut masih berada di bawah batas maksimum 15% sesuai standar mutu gelatin nasional, sehingga menunjukkan bahwa proses pengeringan yang dilakukan pada suhu 55–65°C telah berlangsung secara efektif [6]. Rendahnya kadar air ini menjadi indikator bahwa sebagian besar air bebas telah berhasil diuapkan selama proses pengeringan, sehingga diperoleh produk dengan tingkat kelembapan yang relatif stabil. Terjadi kecenderungan penurunan kadar air seiring dengan meningkatnya dosis enzim papain pada kedua variasi massa tulang [8]. Kondisi ini diduga berkaitan dengan meningkatnya jumlah padatan terlarut hasil hidrolisis kolagen, sehingga fraksi air dalam produk akhir menjadi lebih kecil secara proporsional.

Selain itu, gelatin dengan kadar air rendah umumnya memiliki daya simpan lebih panjang karena aktivitas air yang rendah dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme serta memperlambat reaksi kimia yang merugikan.

Penurunan kadar air juga dapat dipengaruhi oleh struktur jaringan gelatin yang terbentuk selama proses ekstraksi. Pada dosis enzim yang lebih tinggi, pemecahan kolagen berlangsung lebih optimal sehingga menghasilkan matriks protein yang lebih homogen. Struktur yang lebih kompak tersebut memungkinkan proses pelepasan air selama pengeringan berjalan lebih efisien. Dengan demikian, hubungan antara dosis enzim dan kadar air tidak hanya berkaitan dengan jumlah padatan terlarut, tetapi juga dengan perubahan struktur mikro gelatin yang terbentuk. Hasil ini menunjukkan bahwa variasi dosis papain tidak hanya memengaruhi rendemen, tetapi juga berkontribusi terhadap karakteristik fisik produk akhir [15].

Sementara itu, kadar abu yang diperoleh berkisar antara 1,13% hingga 1,4%, dan seluruhnya masih berada di bawah batas maksimum 2% sesuai standar mutu gelatin [4]. Nilai kadar abu yang rendah menunjukkan bahwa proses demineralisasi tulang sebelum tahap ekstraksi berlangsung dengan baik, sehingga sebagian besar komponen mineral seperti kalsium dan fosfat berhasil dihilangkan. Proses pencucian hingga pH netral juga berperan dalam mengurangi sisa-sisa mineral maupun residu bahan yang tidak diinginkan [9]. Kandungan abu yang rendah menjadi indikator tingkat kemurnian produk gelatin yang dihasilkan, karena abu merepresentasikan residu anorganik yang tertinggal setelah proses pembakaran. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode pra-perlakuan yang diterapkan telah efektif dalam menghasilkan gelatin dengan kadar mineral yang memenuhi standar kualitas.

Kadar Protein Gelatin

Analisis kadar protein menggunakan metode Kjeldahl menunjukkan adanya peningkatan kadar protein seiring bertambahnya dosis enzim papain pada kedua variasi massa tulang ikan. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsentrasi enzim yang digunakan, semakin intensif proses hidrolisis kolagen yang berlangsung selama tahap perendaman dan ekstraksi. Kolagen sebagai protein struktural utama pada tulang mengalami pemutusan ikatan peptida sehingga berubah menjadi gelatin yang lebih mudah larut dalam air. Semakin banyak kolagen yang terkonversi, semakin besar pula kandungan protein yang terukur dalam produk akhir. Dengan demikian, variasi dosis enzim terbukti memberikan pengaruh langsung terhadap komposisi kimia gelatin yang dihasilkan [10].

Pada dosis enzim yang lebih tinggi, fraksi protein terlarut meningkat karena papain bekerja secara spesifik dalam memutus ikatan peptida pada struktur kolagen tanpa merusak seluruh rantai polipeptida secara ekstrem. Mekanisme kerja enzim ini memungkinkan proses konversi berlangsung efektif dan terkendali, sehingga menghasilkan gelatin dengan kandungan protein yang relatif tinggi [3]. Peningkatan kadar protein juga menunjukkan bahwa proses ekstraksi pada suhu 70°C dan pH netral berada dalam kondisi yang mendukung aktivitas enzim. Kondisi tersebut menjaga stabilitas papain sehingga mampu bekerja optimal selama waktu reaksi yang ditentukan. Hasil ini memperkuat bahwa penggunaan metode enzimatis lebih selektif dibandingkan metode kimia dalam mempertahankan kualitas protein gelatin [13].

Selain mencerminkan keberhasilan proses hidrolisis, kadar protein yang tinggi juga berkorelasi dengan kualitas fisik gelatin, khususnya dalam pembentukan struktur gel. Protein merupakan komponen utama pembentuk jaringan tiga dimensi yang bertanggung jawab terhadap kekuatan dan elastisitas gel. Semakin tinggi kandungan protein, semakin besar potensi terbentuknya jaringan gel yang stabil dan kompak. Namun demikian, keseimbangan tetap diperlukan karena degradasi protein yang terlalu lanjut dapat menghasilkan rantai yang terlalu pendek dan menurunkan sifat fungsionalnya [11]. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis papain dalam rentang yang digunakan masih mampu meningkatkan kadar protein tanpa mengindikasikan kerusakan struktur yang signifikan.

Nilai pH dan Viskositas Gelatin

Nilai pH gelatin yang diperoleh pada seluruh perlakuan berada pada kisaran 6 - 7 dan masih termasuk dalam rentang standar mutu gelatin yang berlaku. Nilai pH yang mendekati netral ini menunjukkan bahwa proses pencucian setelah tahap perendaman enzim telah dilakukan secara optimal sehingga sisa-sisa reagen maupun komponen terlarut lainnya dapat diminimalkan. Kondisi pH yang stabil sangat penting karena berpengaruh terhadap kestabilan kimia dan sifat fungsional gelatin dalam berbagai

aplikasi. Gelatin dengan pH netral cenderung memiliki kompatibilitas yang baik ketika digunakan dalam produk pangan, farmasi, maupun kosmetik karena tidak menyebabkan perubahan rasa, warna, maupun reaksi kimia yang tidak diinginkan [2]. Selain itu, pH yang sesuai juga berperan dalam menjaga integritas struktur protein sehingga tidak terjadi denaturasi lanjutan setelah proses ekstraksi. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tahapan netralisasi dan pencucian telah berjalan efektif dan menghasilkan gelatin dengan karakteristik pH yang memenuhi standar.

Viskositas gelatin menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan seiring dengan bertambahnya dosis enzim papain pada kedua variasi massa tulang. Pada massa 150 gram, viskositas meningkat dari 4,93 cP pada dosis 2 gram menjadi 6,56 cP pada dosis 6 gram, sedangkan pada massa 300 gram meningkat hingga mencapai 7,3 cP pada dosis tertinggi. Peningkatan viskositas ini mengindikasikan bahwa proses hidrolisis menghasilkan rantai polipeptida dengan panjang dan distribusi molekul yang cukup untuk membentuk jaringan gel yang stabil.[12] Viskositas yang lebih tinggi umumnya berkaitan dengan kemampuan gelatin dalam membentuk larutan kental dan struktur gel yang kuat. Meskipun pada perlakuan tertentu nilai viskositas sedikit melebihi batas atas standar (2,5–7,0 cP), secara umum hasil yang diperoleh masih tergolong baik dan sesuai untuk kebutuhan industri [6]. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis enzim dalam rentang penelitian masih memberikan efek positif terhadap sifat reologi gelatin.

Secara keseluruhan, kombinasi antara nilai pH yang stabil dan viskositas yang meningkat menunjukkan bahwa penggunaan enzim papain dalam variasi dosis yang diuji mampu menghasilkan gelatin dengan karakteristik fisikokimia yang optimal. pH yang netral mendukung kestabilan produk, sedangkan viskositas yang tinggi mencerminkan kualitas struktur protein yang terbentuk selama proses ekstraksi. Hasil ini memperlihatkan bahwa perlakuan dengan dosis 6 gram papain pada massa tulang 300 gram merupakan kondisi terbaik karena menghasilkan rendemen tertinggi sekaligus sifat reologi yang paling mendekati standar mutu. Dengan demikian, optimasi dosis enzim tidak hanya berpengaruh terhadap jumlah produk yang dihasilkan, tetapi juga terhadap kualitas akhir gelatin yang diperoleh.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, variasi dosis enzim papain terbukti memberikan pengaruh signifikan terhadap rendemen dan karakteristik fisikokimia gelatin yang dihasilkan dari tulang ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*). Peningkatan dosis enzim dari 2 gram hingga 6 gram menunjukkan tren kenaikan rendemen pada kedua variasi massa tulang, yaitu 150 gram dan 300 gram. Rendemen tertinggi diperoleh pada penggunaan 6 gram papain dengan massa tulang 300 gram sebesar 8,6%. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi enzim dalam batas yang diteliti, semakin optimal proses hidrolisis kolagen menjadi gelatin. Dengan demikian, dosis enzim merupakan faktor penting dalam meningkatkan efisiensi ekstraksi.

Karakteristik fisikokimia gelatin yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar protein, pH, dan viskositas secara umum memenuhi standar mutu gelatin nasional. Kadar air berada di bawah batas maksimum 15%, sedangkan kadar abu berada di bawah 2%, yang menunjukkan bahwa proses pengeringan dan demineralisasi berlangsung efektif. Nilai pH yang berada pada kisaran 6–7 menunjukkan kestabilan produk dan kesesuaian untuk berbagai aplikasi industri. Selain itu, peningkatan kadar protein dan viskositas pada dosis enzim yang lebih tinggi mengindikasikan bahwa proses hidrolisis berlangsung optimal tanpa menyebabkan degradasi struktur protein yang berlebihan.

Secara keseluruhan, perlakuan terbaik dalam penelitian ini adalah penggunaan 6 gram enzim papain pada massa tulang 300 gram karena menghasilkan rendemen tertinggi serta karakteristik fisikokimia yang paling optimal. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa metode ekstraksi secara enzimatik menggunakan papain efektif dalam mengonversi kolagen tulang ikan menjadi gelatin berkualitas. Pemanfaatan limbah tulang ikan sebagai bahan baku alternatif juga berpotensi meningkatkan nilai tambah hasil samping industri perikanan. Oleh karena itu, penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan produksi gelatin berbasis sumber daya lokal yang lebih efisien dan berkelanjutan.

5. Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya atas fasilitas laboratorium dan dukungan teknis yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Apresiasi juga disampaikan kepada para dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan ilmiah sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Tidak lupa, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses pengambilan data, analisis laboratorium, serta penyusunan laporan penelitian ini. Dukungan dan kerja sama yang diberikan sangat berarti dalam keberhasilan penyelesaian penelitian ini.

6. Singkatan

%	Persentase
°C	Derajat Celsius
cP	Centipoise (satuan viskositas)
pH	Potential of Hydrogen (derajat keasaman)
gram (g)	Satuan massa
jam (h)	Satuan waktu
SNI	Standar Nasional Indonesia
Metode Kjeldahl	Metode analisis kadar nitrogen total untuk penentuan protein
Papain	Enzim protease dari getah pepaya
Kolagen	Protein struktural utama penyusun jaringan ikat
Gelatin	Produk hasil hidrolisis parsial kolagen
Hidrolisis	Proses pemutusan ikatan kimia

7. Daftar Pustaka

- [1] Siti Nurhayati, Andi Pratama, dan Rizky Kurniawan, "Utilization of fish processing waste for value-added gelatin production: A sustainable approach," *Journal of Cleaner Production*, vol. 321, pp. 1–9, 2021.
- [2] María Isabel Gómez-Guillén, Beatriz Giménez, María Elena López-Caballero, dan María Pilar Montero, "Functional and bioactive properties of fish gelatin and its applications in food and pharmaceutical industries," *Food Hydrocolloids*, vol. 124, pp. 107–118, 2022.
- [3] Roslina Abdul Rahman, Norhayati Huda, dan Faridah Ahmad, "Enzymatic extraction of fish gelatin using papain: Effects on yield and physicochemical properties," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 183, pp. 1021–1029, 2021.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, SNI 06-3735-1995: Gelatin, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2021 (edisi penegasan kembali).
- [5] Laila Putri Sari, Dwi Handayani, dan Muhammad Fikri Putra, "Optimization of papain concentration in fish bone gelatin extraction," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1012, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [6] Azharuddin Wazir Karim dan Ramesh Bhat, "Fish gelatin: Properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatin," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 115, pp. 261–273, 2021.
- [7] Hua Zhang, Yong Liu, dan Xiaofeng Zhou, "Effect of enzymatic hydrolysis on yield and gel strength of fish bone gelatin," *Food Chemistry*, vol. 382, pp. 132–140, 2023.
- [8] Nor Fadilah Abdullah, Norizzah Sarbon, dan Aminah Abdullah, "Influence of protease concentration on physicochemical characteristics of fish gelatin," *Foods*, vol. 11, no. 9, pp. 1–15, 2022.
- [9] Suryani Hartati, Budi Santoso, dan Rina Wahyuni, "Characterization of gelatin extracted from marine fish bones using enzymatic treatment," *Heliyon*, vol. 9, no. 3, pp. 1–10, 2023.
- [10] Muhammad Rizal, Eka Pratiwi, dan Taufik Hidayat, "Physicochemical and functional properties of fish bone gelatin as affected by extraction conditions," *Journal of Food*

-
- Processing and Preservation*, vol. 46, no. 8, pp. 1–12, 2022.
- [11] Ahmad Fauzi, Dian Lestari, dan Yuliana Setiawati, “Sustainable utilization of fishery by-products for gelatin production: Recent advances,” *Sustainability*, vol. 15, no. 4, pp. 1–18, 2023.
- [12] Chaiyaporn Suthipinittharm, Suphatra Benjakul, dan Soottawat Benjakul, “Impact of proteolytic enzymes on properties of fish gelatin,” *LWT – Food Science and Technology*, vol. 164, pp. 113–121, 2022.
- [13] Lina Marlina, Hendra Wijaya, dan Agung Nugroho, “Effect of papain concentration on the extraction efficiency of fish bone collagen and gelatin,” *International Food Research Journal*, vol. 29, no. 6, pp. 1350–1358, 2022.
- [14] Yasmin Khatun, Mohammad Anwar Hossain, dan Md. Abdul Hossain, “Gel strength and viscosity characteristics of enzymatically extracted fish gelatin,” *Food Bioscience*, vol. 52, pp. 102–110, 2023.
- [15] Nur Ainiyah, Fajar Setiawan, dan Indra Saputra, “Quality evaluation of fish bone gelatin based on enzymatic extraction parameters,” *Journal of Applied Food Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 45–56, 2024.