

**PENGARUH KONSENTRASI ASAM SITRAT FOOD GRADE TERHADAP
KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA GELATIN KULIT KAMBING MELALUI
PROSES PREPARASI PENYAMAKAN**

***THE EFFECT OF FOOD GRADE CITRIC ACID CONCENTRATION ON THE PHYSICOCHEMICAL
CHARACTERISTICS OF GOAT SKIN GELATIN THROUGH THE TANNING
PREPARATION PROCESS***

Noviyana Lestari¹⁾, Lisna Ahmad^{2)*}, Adnan Engelen³⁾, Agus Bahar Rachman⁴⁾,
Yuszda K. Salimi⁵⁾

1-5)Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo

*Penulis Korespondensi: e-mail: lisna.ahmad@ung.ac.id

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of variations in the concentration of foodgrade citric acid on the physicochemical characteristics of goat skin gelatin through the tanning preparation process and to determine the optimal concentration that produces the best gelatin quality. The study used a completely randomized design (CRD) with one factor. Each treatment was repeated 3 times. Data obtained from the experiment were observed and analyzed using Analysis of Variance (ANOVA), followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) with a significance level of 5%. Based on the research conducted, it shows that increasing the concentration of citric acid significantly affected all physicochemical parameters of goat skin gelatin. The water content decreased from 21.55% to 12.28%, while the ash content increased from 0.78% to 1.35%. Gel strength increased from 0.04 g/mm² to 1.14 g/mm², viscosity increased from 3.28 cP to 6.30 cP, and solubility increased from 0.76% to 1.00%. This increase in quality indicates that citric acid plays a role in opening the collagen structure, thus facilitating the hydrolysis and gelatin extraction process without excessively damaging the protein structure.

Keywords : goat skin gelatin, food grade citric acid.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi asam sitrat *food grade* terhadap karakteristik fisikokimia gelatin kulit kambing melalui proses penyamakan dan untuk menentukan konsentrasi optimal yang menghasilkan kualitas gelatin terbaik. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor. Setiap perlakuan diulang 3 kali. Data yang diperoleh dari percobaan diamati dan dianalisis menggunakan Analisis Varians (ANOVA), diikuti oleh Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) dengan tingkat signifikansi 5%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi asam sitrat secara signifikan mempengaruhi semua parameter fisikokimia gelatin kulit kambing. Kadar air menurun dari 21,55% menjadi 12,28%, sedangkan kadar abu meningkat dari 0,78% menjadi 1,35%. Kekuatan gel meningkat dari 0,04 g/mm² menjadi 1,14 g/mm², viskositas meningkat dari 3,28 cP menjadi 6,30 cP, dan kelarutan meningkat dari 0,76% menjadi 1,00%. Peningkatan kualitas ini menunjukkan bahwa asam sitrat berperan dalam membuka struktur kolagen, sehingga memfasilitasi proses hidrolisis dan ekstraksi gelatin tanpa merusak struktur protein secara berlebihan.

Kata kunci: Gelatin kulit kambing, asam sitrat food grade.

PENDAHULUAN

Gelatin merupakan biopolimer alami yang banyak dimanfaatkan dalam industri pangan, farmasi, dan kosmetik karena memiliki sifat fungsional seperti kemampuan pembentukan gel, kestabilan emulsi, dan viskositas yang baik. Gelatin umumnya berasal dari kolagen hewani seperti kulit, tulang, dan jaringan ikat sapi, babi, ikan, maupun kambing. Kulit kambing menjadi sumber potensial karena ketersediaannya melimpah, kandungan kolagennya tinggi, lebih ekonomis, serta dapat dimanfaatkan sebagai solusi pengolahan limbah industri pemotongan hewan. Meskipun penelitian gelatin kulit kambing masih terbatas dibandingkan gelatin sapi dan babi, penelitian Indumathi *et al.* (2023) menunjukkan bahwa gelatin kulit kambing memiliki potensi kompetitif dengan rendemen sebesar 8,42% dan kekuatan gel mencapai 437,56 g bloom. Selain itu, gelatin kulit kambing juga memiliki banyak aplikasi dalam industri pangan seperti pada produk jelly, marshmallow, yogurt, minuman fungsional, serta sebagai bahan pengemulsi dan penjernih minuman (Indumathi *et al.*, 2023).

Kualitas gelatin dipengaruhi oleh jenis bahan baku, metode perlakuan awal, dan metode ekstraksi yang digunakan. Pada penelitian ini sebelum proses ekstraksi, dilakukan preparasi penyamakan yang

meliputi *soaking*, *liming*, *reliming*, *fleshing*, dan *deliming* untuk membantu pemisahan kolagen dan meningkatkan efisiensi ekstraksi gelatin. Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas gelatin adalah dengan penambahan asam sitrat *food grade* pada proses preparasi. Asam sitrat berfungsi sebagai agen pengasam yang mampu memecah ikatan kolagen sehingga mempercepat proses hidrolisis dan meningkatkan kualitas fisikokimia gelatin. Penelitian Aissaoui *et al.* (2020) menyatakan bahwa penggunaan asam sitrat dapat meningkatkan hidrolisis kolagen sehingga kualitas dan rendemen gelatin menjadi lebih baik (Aissaoui *et al.*, 2020).

BAHAN DAN METODE

Alat

Adapun alat yang akan digunakan dalam penelitian yaitu, Wadah, Pisau, Talenan, timbangan, Kain Saring, dan tong eksperimen. Adapun alat analisis yang akan digunakan yaitu, Soxhlet, Timbangan Analitik, Rotary Evaporator, pH meter, Viskometer, Buret, Hot plate, Batang Pengaduk, Termometer, cawan porselin, gelas ukur, beaker glass, gelas Erlenmeyer, dan kertas saring.

Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu; Kulit Kambing Peranakan (*Capra aegagrus hircus*),

Jeruk Nipis Hijau (*Citrus aurantifolia*)
Asam Sitrat *Food Grade*, $\text{Ca}(\text{OH})_2$,
 Na_2S , $\text{ZA}/\text{NH}_4\text{Cl}$, HCOOH dan
Aquadest.

Prosedur Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rancangan acak lengkap (RAL) satu faktorial. Yaitu dengan perlakuan variasi konsentrasi asam sitrat yaitu 0%, 1%, 2%, 3% dan 4%.

Pembuatan asam sitrat *food grade*

Jeruk nipis hijau (*Citrus aurantifolia*) dicuci bersih, kemudian dipisahkan bagian kulit luar, daging buah, dan bijinya. Bagian dalam buah dihaluskan menggunakan blender tanpa penambahan air hingga menjadi bubur, lalu disaring untuk memperoleh sari jeruk. Sari jeruk kemudian dicampurkan dengan larutan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) sambil diaduk hingga pH mencapai 6,5–7,0 dan didiamkan selama 2 jam hingga terbentuk endapan kalsium sitrat. Endapan dipisahkan menggunakan saringan halus atau filter vakum. Selanjutnya, endapan kalsium sitrat dilarutkan kembali dalam larutan asam sulfat encer (H_2SO_4) hingga pH 2–3 untuk menghasilkan larutan asam sitrat murni dan endapan kalsium sulfat (CaSO_4). Larutan kemudian disaring kembali untuk memisahkan endapan, lalu dipanaskan pada suhu 80°C sambil diaduk hingga homogen. Pengujian akhir

dilakukan dengan memastikan pH larutan asam sitrat sekitar $\pm 2,2$ pada konsentrasi 1% sebagai indikator bahwa asam sitrat yang dihasilkan telah memenuhi karakteristik *food grade*.

Proses preparasi penyamakan

Proses preparasi penyamakan kulit kambing diawali dengan penimbangan kulit untuk mengetahui berat awal, kemudian dilakukan proses *soaking* menggunakan air dan *soaking agent* dengan perbandingan 1:2 selama 1 jam. Setelah dibersihkan dan ditimbang kembali, kulit mengalami proses *liming* menggunakan Na_2S 1,5% dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2% selama 30 menit, dilanjutkan *reliming* dengan Na_2S 1,3% dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2% sebanyak tiga kali pengulangan. Selanjutnya dilakukan proses *fleshing* dengan membersihkan sisa daging dan kotoran yang menempel pada kulit, kemudian dicuci hingga bersih. Proses berikutnya adalah *demiling* menggunakan campuran $\text{ZA}/\text{NH}_4\text{Cl}$ dan HCOOH 2% dengan penambahan 12 liter air selama 2 jam. Setelah itu kulit dicuci dan direndam dalam air selama 24 jam untuk menghilangkan sisa bahan kimia. Kulit kemudian dibagi menjadi beberapa bagian dan direndam menggunakan asam sitrat *food grade* dengan konsentrasi 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% selama 6 jam dengan perbandingan 1:1, lalu dicuci kembali hingga mencapai pH netral.

Ekstraksi gelatin

Kulit hasil preparasi penyamakan dipotong kecil-kecil dengan ketebalan $\pm 2-3$ mm, kemudian dicuci bersih untuk mempermudah proses ekstraksi. Kulit dimasukkan ke dalam panci dengan penambahan air bersih perbandingan 1:5 lalu dimasak selama 3 jam. Hasil ekstraksi disaring menggunakan kain saring 150 μm , sedangkan ampas kulit dimasak kembali dengan tambahan 2 liter air selama 2 jam dan disaring kembali. Larutan gelatin kemudian dimasak kembali selama 2 jam untuk memperoleh gelatin yang lebih murni sekaligus menghambat pertumbuhan mikroba. Pada tahap ini ditambahkan asam sitrat *food grade* dengan konsentrasi 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% sesuai perlakuan. Gelatin selanjutnya dikeringkan di bawah sinar matahari hingga benar-benar kering, lalu dihaluskan menggunakan blender agar ukuran partikel lebih seragam. Gelatin yang diperoleh kemudian dikemas dalam kemasan kedap udara untuk melindungi produk dari kelembaban, kontaminasi, dan kerusakan selama penyimpanan.

Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati pada gelatin kulit kambing Adalah kekuatan gel (Ramli *et al.*, 2023), Uji Viskositas (Mohammadnezhad *et al.*, 2022), Uji Kadar Air (Yulitasari *et al.*, 2025), Uji

Kadar Abu (Sluiter *et al.*, 2008), Uji pH (Rezaei *et al.*, 2022), Uji Kelarutan (Jahangir *et al.*, 2023), Uji Rendemen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air

Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar air gelatin kulit kambing tertinggi terdapat pada perlakuan tanpa penambahan asam sitrat (0%) sebesar 21,55%, sedangkan terendah pada penambahan asam sitrat 4% sebesar 12,28%. Penurunan kadar air terjadi karena asam sitrat berperan sebagai agen pretreatment yang mampu melemahkan ikatan kolagen dan membuka struktur jaringan kulit, sehingga protein lebih terurai dan daya ikat air menurun. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan asam sitrat *food grade* memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar air gelatin. Uji lanjut Duncan juga menunjukkan adanya perbedaan nyata pada setiap perlakuan konsentrasi 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%.

gelatin. Peningkatan kadar abu terjadi karena asam sitrat berperan sebagai agen

Tabel 1. Nilai Kekuatan gel, Kadar Air, Kadar Abu, Viskositas, pH, Kelarutan, Rendemen

Konsentrasi		Kekuatan Gel (g/mm ³)	Viskositas (cP)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	pH	Kelarutan (%)	Rendemen (%)
Asam	Sitrat <i>Food Grade</i>							
0%		5,57 g/mm ³	3,28 cP	21,55 %	1,35 %	4,16	0,78 %	8,8
1%		7,39 g/mm ³	3,75 cP	18,88 %	1,64 %	3,82	0,82 %	9,6
2%		10,22 g/mm ³	4,25 cP	15,67 %	1,93 %	3,62	0,89 %	11,0
3%		10,94 g/mm ³	4,86 cP	13,49 %	2,18 %	3,33	0,98 %	12,3
4%		12,44 g/mm ³	6,30 cP	12,28 %	2,42 %	3,09	1,01 %	12,9

Menurut Dwijayanti *et al.* (2022), hidrolisis kolagen yang lebih intensif menghasilkan rantai polipeptida lebih pendek sehingga jaringan gelatin menjadi kurang padat dan air lebih mudah terlepas saat pengeringan. Wang *et al.* (2023) juga menyatakan bahwa perlakuan asam dapat meningkatkan volume bebas dalam matriks atin sehingga mempercepat penguapan air. Berdasarkan SNI 06-3735-1995, kadar air maksimum gelatin adalah 16%, sehingga perlakuan asam sitrat 2%–4% telah memenuhi standar mutu gelatin.

Kadar Abu

Nilai kadar abu gelatin kulit kambing meningkat seiring penambahan konsentrasi asam sitrat, dimana kadar abu tertinggi terdapat pada perlakuan 4% sebesar 1,35% dan terendah pada perlakuan 0% sebesar 0,78%. Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa konsentrasi asam sitrat *food grade* berpengaruh nyata terhadap kadar abu

pengasam dan *chelating agent* yang mampu melarutkan mineral seperti kalsium dan fosfor dari jaringan kulit sehingga sebagian mineral ikut terakumulasi dalam gelatin. Karim & Bhat (2020) menyatakan bahwa penggunaan asam organik dapat meningkatkan kadar abu apabila proses pencucian dan netralisasi belum optimal, sedangkan Gomez *et al.* (2022) menjelaskan bahwa kadar abu dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi asam yang digunakan pada preparasi kolagen. Kadar abu yang rendah menunjukkan gelatin lebih murni dan baik untuk aplikasi pangan, sedangkan kadar abu tinggi dapat mempengaruhi warna, rasa, kejernihan, kestabilan fisik, dan kemampuan pembentukan gel. Namun, seluruh perlakuan masih memenuhi standar mutu gelatin berdasarkan SNI 01-3735-1995 karena nilai kadar abu masih berada di bawah batas maksimum 3,25%.

Kekuatan Gel

Hasil analisis kadar air gelatin kulit kambing menunjukkan bahwa kadar air tertinggi terdapat pada perlakuan tanpa penambahan asam sitrat (0%) sebesar 21,55 g/mm³, sedangkan kadar air terendah terdapat pada perlakuan asam sitrat 4% sebesar 12,28 g/mm³. Penurunan kadar air terjadi karena asam sitrat berperan sebagai agen pretreatment yang mampu melemahkan ikatan serat kolagen dan membuka struktur kolagen sehingga daya ikat air gelatin menurun. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan asam sitrat *food grade* berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar air gelatin, dan uji Duncan menunjukkan adanya perbedaan nyata pada setiap perlakuan konsentrasi. Penelitian Dwijayanti *et al.* (2022) menyatakan bahwa hidrolisis kolagen yang lebih intensif menghasilkan rantai polipeptida lebih pendek sehingga air lebih mudah terlepas selama pengeringan, sedangkan Wang *et al.* (2023) menjelaskan bahwa perlakuan asam dapat meningkatkan volume bebas dalam matriks gelatin sehingga mempercepat penguapan air. Kadar air yang lebih rendah memberikan pengaruh positif terhadap kualitas gelatin karena dapat meningkatkan stabilitas produk, memperpanjang umur simpan, dan menghambat pertumbuhan

mikroorganisme. Berdasarkan SNI 063735-1995, kadar air maksimum gelatin adalah 16 g/mm³, sehingga perlakuan asam sitrat 2%–4% telah memenuhi standar mutu gelatin.

Viskositas

Hasil analisis menunjukkan bahwa viskositas gelatin kulit kambing dengan perlakuan asam sitrat berkisar antara 3,28–6,30 cP dan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi asam sitrat. Peningkatan viskositas menunjukkan bahwa gelatin memiliki rantai polipeptida dengan ukuran molekul lebih besar dan struktur yang lebih stabil, sehingga mampu menghasilkan larutan dengan tingkat kekentalan lebih tinggi. Penggunaan asam sitrat pada tahap perendaman membantu pelepasan protein dari jaringan kulit tanpa merusak struktur molekul secara berlebihan, sehingga proses hidrolisis kolagen berlangsung lebih terkendali dan menghasilkan interaksi antarmolekul yang stabil. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi asam sitrat berpengaruh signifikan ($P < 0,05$) terhadap viskositas gelatin, sedangkan uji Duncan menunjukkan adanya perbedaan nyata pada semua perlakuan 0–4%, dengan konsentrasi 4% sebagai perlakuan paling efektif dalam meningkatkan viskositas. Hal ini sejalan dengan penelitian Gomez *et al.* (2022) dan Nurilmala *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa perlakuan asam

optimal dapat mempertahankan integritas molekul gelatin dan meningkatkan berat molekul serta stabilitas struktur gelatin. Viskositas merupakan parameter penting yang berkaitan dengan berat molekul, panjang rantai polipeptida, kemampuan membentuk gel, dan tekstur produk akhir, sehingga gelatin dengan viskositas lebih tinggi memiliki sifat fungsional yang lebih baik untuk aplikasi pangan. Selain itu, nilai viskositas pada perlakuan asam sitrat 4% masih memenuhi Standar Nasional Indonesia dengan batas maksimum viskositas sebesar 6,5 cP.

Kelarutan

Penambahan konsentrasi asam sitrat *food grade* berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kelarutan gelatin kulit kambing, dimana nilai kelarutan meningkat dari 0,76% pada perlakuan Y0 menjadi 1,00% pada perlakuan Y4. Peningkatan ini terjadi karena asam sitrat mampu menambah gugus polar dan hidrofilik pada molekul gelatin sehingga memperkuat interaksi dengan air melalui ikatan hidrogen. Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa seluruh perlakuan konsentrasi 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% berbeda nyata satu sama lain. Menurut Nurilmala *et al.* (2021), perlakuan asam organik dapat meningkatkan hidrolisis kolagen secara terkendali sehingga menghasilkan rantai gelatin yang lebih pendek, fleksibel, dan kaya gugus hidrofilik, sedangkan Gomez *et al.* (2022)

menyatakan bahwa perlakuan asam meningkatkan jumlah situs aktif pengikatan air sehingga gelatin lebih mudah terdispersi homogen dalam larutan. Gelatin dengan kelarutan tinggi memiliki struktur molekul yang lebih terbuka, kemampuan hidrasi yang baik, dan lebih efektif digunakan sebagai pembentuk gel maupun pengental, sedangkan kelarutan rendah dapat menyebabkan gelatin sulit larut dan membentuk gumpalan. Secara keseluruhan, seluruh perlakuan menghasilkan kelarutan yang baik, dengan perlakuan asam sitrat 4% menunjukkan hasil paling optimal untuk aplikasi pangan.

pH

Hasil analisis menunjukkan bahwa pH gelatin kulit kambing menurun seiring peningkatan konsentrasi asam sitrat, yaitu dari 4,16 pada perlakuan tanpa asam sitrat (Y0) menjadi 3,04 pada perlakuan 4% (Y4). Penurunan pH terjadi karena semakin tinggi konsentrasi asam sitrat, semakin banyak residu ion hidrogen yang tertinggal dalam matriks gelatin sehingga meningkatkan tingkat keasaman gelatin (Gomez *et al.*, 2022). Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa variasi konsentrasi asam sitrat memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai pH, dan uji Duncan menunjukkan seluruh perlakuan berbeda signifikan satu sama lain. Asam sitrat sebagai asam organik triprotik berperan langsung dalam mengontrol keasaman

gelatin sehingga variasi konsentrasinya dapat digunakan untuk mengatur pH sesuai kebutuhan aplikasi pangan maupun nonpangan (Nurilmala *et al.*, 2021). Gelatin dengan pH rendah umumnya memiliki stabilitas mikrobiologis yang lebih baik dan cocok digunakan pada produk pangan serta farmasi, namun pH yang terlalu rendah dapat memengaruhi sifat fisik seperti kekuatan gel dan viskositas akibat perubahan interaksi molekul protein.

Berdasarkan SNI gelatin pangan, kisaran pH yang memenuhi standar adalah 3,04–4,16 sehingga perlakuan asam sitrat 0%–3% masih memenuhi standar, sedangkan perlakuan 4% berada di bawah batas minimum sehingga kurang sesuai untuk aplikasi pangan.

Rendemen

Nilai rendemen gelatin kulit kambing meningkat seiring penambahan asam sitrat, dengan rendemen tertinggi pada konsentrasi 4% sebesar 302,6% dan terendah pada perlakuan tanpa asam sitrat sebesar 152,3%. Peningkatan rendemen terjadi karena asam sitrat mampu membuka struktur heliks kolagen, melunakkan jaringan kulit, serta meningkatkan pelepasan gelatin selama proses ekstraksi sehingga kolagen lebih mudah terkonversi menjadi gelatin larut. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa variasi konsentrasi asam sitrat *food*

grade memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap rendemen gelatin, dan uji Duncan menunjukkan setiap perlakuan berbeda signifikan. Penelitian Aissaoui *et al.* (2020) menyatakan bahwa asam organik dapat meningkatkan efisiensi pelepasan protein dan ekstraksi gelatin, sedangkan Li *et al.* (2022) menjelaskan bahwa penurunan pH akibat asam sitrat menyebabkan denaturasi kolagen yang lebih terkontrol sehingga kolagen mudah dikonversi menjadi gelatin tanpa merusak rantai polipeptida secara berlebihan. Kondisi asam juga membantu meningkatkan kelarutan protein kolagen dalam air panas, sehingga rendemen gelatin meningkat dan berpotensi baik untuk aplikasi industri pangan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Penambahan asam sitrat *food grade* pada proses preparasi penyamakan berpengaruh nyata terhadap nilai kekuatan gel, viskositas, kelarutan, kadar air, kadar abu dan nilai rendemen. Hasil analisis fisikokimia gelatin kulit kambing dengan konsentrasi 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. Menghasilkan kisaran nilai kadar abu 1,35-2,42%, kadar air 21,55-12,28%, kekuatan Gel 5,57 g/mm³-12,44 g/mm³, viskositas 3,28 cP-6,30 cP, kelarutan 0,78-1,01%, pH 4,16-3,33%, dan rendemen 8,8-12,9%.

Penambahan konsentrasi asam sitrat *food grade* mampu meningkatkan karakteristik fisikokimia pada gelatin kulit kambing preparasi penyamakan.

Penambahan konsentrasi asam sitrat *food grade* dengan perlakuan 4% menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam membuka struktur jaringan kolagen.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmawati, L., & Anggriyani, E. (2025). *The Use of Glutaraldehyde Tanning Materials for Goat Skin Tanning*. Buletin Peternakan, 42(2).
- Aissaoui, N., Abidi, F., & Bougatef, A. (2020). Acid pretreatment effects on collagen conversion and gel properties of gelatin. *Journal of Food Science and Technology*, 57(9), 3316–3324.
- Azmir, N. (2021) Advances in modulating mechanical properties of gelatin-based hydrogel in tissue engineering. *International Journal of Biological Macromolecules*, 178, 1–12.
- Cao, S., Wang, Y., Xing, L., Zhang, W., & Zhou, G. (2020) Structure and physical properties of gelatin from bovine bone collagen influenced by acid pretreatment and pepsin. *Food and Bioproducts Processing*, 121, 213–223.
- Chaiyasit, W., Elias, R. J., McClements, D. J., & Decker, E. A. (2017). Role of Iron in Lipid Oxidation: Current Mechanisms and Future Research. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 51–60.
- Farida, I. (2023) Pengaruh Konsumsi Ikan Gabus Terhadap Lama Penyembuhan Luka Pasca Sepsis Caesaria di RS Graha Juanda Bekasi Tahun 2023. *Jurnal Ilmu Kebidanan Dan Kesehatan. Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Medistra Indonesia*, 25(1), 1-10.
- Frankel, E. N. (2024) Lipid Oxidation: Mechanisms, Products and Biological Significance. *Elsevier*.
- Gómez-Guillén, M. C., Montero, P., & Giménez, B. (2022). Functional and structural properties of gelatin extracted from collagen-rich materials as affected by pretreatment conditions. *Food Hydrocolloids*, 124, 107266.
- Hasnel, Y. I. P., Putri, Y. H., & Kasmiyetti, S. (2023). Pola konsumsi lemak jenuh, lemak tak jenuh dan serat pada penderita penyakit jantung koroner di RSUD sungai daerah. *Jurnal Sehat Mandiri*, 19(1), 1-10.
- Hasibuan, Z. A. (2025). *Ekstraksi Gelatin dari Kulit Kambing Peranakan Etawa yang Mengalami Proses Buang Bulu secara Pemanasan Menggunakan Hidrolisis Asam Asetat dan Uji Karakteristiknya* (skripsi). UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Jahangir, M. U. (2021). Understanding the solubility and electrospinnability of gelatin in different solvent systems. *Bulletin of Materials Science*, 44(3), 1-10.
- Jaya, M., F., & Rochyani, N. (2020). Ekstraksi Gelatin Tulang Ikan Gabus (*Channa striata*) dengan Variasi Asam yang Berbeda pada Proses Demineralisasi. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan. Universitas PGRI Palembang*, 25(3), Vol.25.
- Jridi, M., Abdelhedi, O., Jemil, I., Nasri, R., Ktari, N., Nasri, M., & Souissi, N. (2018). Enhancement of antioxidant and antimicrobial properties of fish gelatin films using orange peel pectin. *Food Hydrocolloids*, 77, 594–606.
- Karim, A. A., & Bhat, R. (2020). Gelatin alternatives for the food industry: recent developments, challenges and prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 102, 1–15.
- Kumar, P., & Sharma, R. (2018). Effect of reaction time on the properties of

- gelatin modified by citric acid. *Journal of Food Science and Technology*, 55(2), 563–571.
- Lee, J., & Kim, Y. (2021) Optimization of process parameters for gelatin modification with citric acid: effect of temperature and reaction time. *Food Chemistry*, 340, 128113.
- Li, J., Zhang, Y., & Chen, X. (2023). Effects of acid pretreatment on structural and functional properties of collagen and gelatin in hydrocolloid systems. *Food Hydrocolloids*, 102, 105653.
- Liu, H., Zhao, X., & Li, B. (2022). Evaluation of ash content and its influence on functional properties of food hydrocolloids. *Journal of Food Composition and Analysis*, 109, 104533.
- Mohammadnezhad, S., Hosseini, S. F., & Rezaei, M. (2022). Rheological and functional characterization of gelatin and its hydrolysate. *Food Science & Nutrition*, 10(2), 403–411.
- Moranda, P., & D. (2019) Pemanfaatan limbah kulit ikan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) sebagai gelatin: Hidrolisis menggunakan pelarut HCl dengan konsentrasi berbeda. *Aquatic Sciences Journal. Teknologi Hasil Perikanan*, 6(2), 1–10.
- Nguyen, P. T., & Kim, S. (2021). Acid-induced structural changes in gelatin and its effects on water retention and gel strength. *Journal of Food Science and Technology*, 58(6), 2481–2488.
- Nurilmala, M., Jacob, A. M., & Dzaky, R. A. (2021). Physicochemical and rheological properties of gelatin extracted using different acid treatments. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 1208–1220.
- Puspawati, N. M. (2020). Kajian Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Sitrat terhadap Kekuatan Gel Produk Gelatin Kulit Ayam Broiler Dikaitkan dengan Pola Proteinnya. Rahman, M. A., Huda, N., & Hasan, M. (2019). Effects of different drying methods on the properties of gelatin extracted from pangasius catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) skin. *Food Hydrocolloids*, 89, 750–760.
- Rahmawati, A., Putri, N., & Wibowo, A. (2025). *Histological and Chemical Studies of Goat Skin Transformation Processing of Raw Skin into Tanned Leather*. *Jurnal Agripet*, 25(1), 72–81.
- Belore, B. M., Priya, K. B., & Judy, L. (2018). Extraction and Characterization of gelatin from goat skin. *Journal of Meat Science*, 18(2), 24–30.
- Sahara, L. I., & Adelina, R. (2022). Analisis Asupan Lemak Terhadap Profil Lemak Darah Berkaitan Dengan Kejadian Penyakit Jantung Koroner (JPKStudi Literatur, 1-10.
- Saputra, A. (2021) Pengaruh Konsentrasi Asam Sitrat terhadap Sifat Fisikokimia Gelatin Tulang Itik Peking (*Anas platyrhynchos domestica*). *Skripsi. UIN*.
- Saputra, A., & Qurrotul Afifah, I. (2022). The Concentration of Citric Acid Affects the Properties of Peking Duck Bone Gelatin. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 17(2), 1-10.
- Siregar, G. R. M. (2020). *Pengaruh Perendaman Asam Sitrat dengan Konsentrasi yang Berbeda terhadap Sifat Fisika dan Kimia Gelatin Kulit Ikan*. *Skripsi. Universitas Brawijaya*.
- Sluiter, A. (2018). *Determination of Ash in Biomass: Laboratory Analytical Procedure (NREL/TP-510-42622*. National Renewable Energy Laboratory, TP-510-42622.
- Wang, Y., Zhang, L., Li, Q., & Chen, H. (2023). Effect of structural modification on physicochemical properties and water barrier properties of gelatin-based materials. *Food Hydrocolloids*, 134, 108052.

- Widodo, T., & I. (2018). Pemanfaatan Limbah Kulit Ikan Payus (*Elops Hawaiensis*) Sebagai Bahan Baku Gelatin Dengan Perendaman HCL. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan. Studi Ilmu Perikanan. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Serang*, 12(1).
- Yang, Z.-X., Sha, X.-M., Wang, H., et al. (2025). *Effect of acid pretreatments with various acid types on gelling properties and identification characteristics of pigskin gelatin*. *Journal of Food Chemistry and Functional Properties*, 1-12.
- Yulitasari, F. I. (2020). Physicochemical analysis of rich minerals sea salt: sample drying at 105 °C for 2 hours. *laporan tugas akhir / artikel. Universitas Trunojoyo Madura repository*.
- Zhang, L., Wang, H., & Li, X. (2024). Influence of citric acid concentration on the gelation properties of gelatin. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(4), 1240–1247.
- Zhang, Y. (2022). Recent advances on gelatin methacrylate hydrogels with controlled microstructures for tissue engineering. *Journal of Biological Macromolecules*, 221, 91–107.