

Sterilisasi Kulit Ikan Kambing-Kambing (*Abalistes stellaris*) menggunakan Metode Iradiasi Gamma sebagai Bahan Baku Kolagen

Yusmianda^{*1}, Indria Mahgfirah², Lia Handayani³

¹Mahasiswa Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan Universitas Abulyatama

²Program Studi Agroindustri Pangan, Politeknik Negeri Sambas

³Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan Universitas Abulyatama

*Email korespondensi: yusmianda070@gmail.com

Diterima 20 Juni 2025; Disetujui 02 Agustus 2025; Dipublikasi 31 Januari 2026

Abstract: Starry trigger fish skin waste (*Abalistes stellaris*), commonly regarded as fishery waste, has potential as a collagen source due to its high protein content. This study investigated the moisture and protein contents, as well as the effect of gamma irradiation on the collagen functional groups in powdered *A. stellaris* skin. The experimental procedure consisted of four stages: washing, boiling, drying, and grinding. Proximate analysis revealed that the irradiated sample (A) contained 11.06% moisture and 42.75% protein, whereas the non-irradiated sample (B) contained 10.88% moisture and 45.74% protein. Despite these values, both samples failed to meet the standards of commercial fish skin powder. Furthermore, the pH values of sample A (6.57) and sample B (6.71) exceeded the normal range for fish skin powder (4.6–5.6). The observed differences were attributed to the effects of gamma irradiation treatment and variability in raw material processing. Overall, the findings indicate that gamma irradiation, as applied in this study, was not effective in producing high-quality collagen raw material from *A. stellaris* skin.

Keywords: *Abalistes stellaris*, fish skin waste, gamma irradiation, treatment raw material for collagen

Abstrak: Kulit ikan kambing-kambing (*Abalistes stellaris*), yang selama ini dianggap sebagai limbah perikanan, berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber kolagen karena kandungan proteinnya yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air, kadar protein, serta pengaruh penyinaran dengan metode iradiasi gamma terhadap gugus kolagen pada bubuk kulit ikan kambing-kambing. Proses penelitian dilakukan melalui empat tahap, yaitu pencucian, perebusan, penjemuran, dan penghalusan kulit ikan. Hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa sampel A (menggunakan iradiasi) memiliki kadar air sebesar 11,06% dan kadar protein 42,75%, sedangkan sampel B (tanpa iradiasi) menunjukkan kadar air 10,88% dan kadar protein 45,74%. Namun, kedua sampel tersebut belum memenuhi standar tepung kulit ikan komersial. Nilai pH pada sampel A adalah 6,57 dan pada sampel B sebesar 6,71, yang berada di atas rentang pH normal tepung kulit ikan, yaitu 4,6–5,6. Perbedaan hasil antara kedua sampel disebabkan oleh perlakuan iradiasi gamma serta variasi dalam proses pengambilan bahan baku. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode iradiasi gamma dalam penelitian ini belum efektif digunakan untuk menghasilkan bahan baku kolagen dari kulit ikan kambing-kambing.

Kata kunci : Bahan baku kolagen, ikan kambing-kambing, iradiasi gamma, kolagen, limbah kulit ikan

Kulit ikan kambing-kambing (*Abalistes stellaris*), yang merupakan salah satu limbah hasil perikanan, masih belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah hasil pengolahan organisme perairan, seperti tulang, jeroan, sisik, dan kulit ikan, umumnya dibuang begitu saja, padahal memiliki potensi ekonomi dan fungsional yang tinggi. Limbah pengolahan ikan diketahui dapat mencapai 20–60% dari total bahan baku, dan sekitar 30% dari limbah tersebut berupa kulit dan tulang ikan yang mengandung kolagen dalam jumlah tinggi (Go Âmez-Guille Ân *et al.*, 2002).

Kolagen merupakan protein struktural utama yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai industri, seperti pangan, kosmetik, biomedis, dan farmasi. Daya tarik kolagen terletak pada sifat fisikokimianya, antara lain mudah diserap tubuh, bersifat non-antigenik, memiliki afinitas tinggi terhadap air, tidak beracun, serta bersifat biokompatibel dan biodegradabel. Kolagen juga stabil, mudah larut dalam air atau asam, dan dapat disiapkan dalam berbagai bentuk sesuai kebutuhan industri. Saat ini, sumber kolagen yang umum digunakan berasal dari kulit ikan, tulang sapi, dan babi. Namun, penggunaan kolagen dari hewan darat sering menimbulkan kekhawatiran terkait aspek keamanan dan kehalalan (Alhana *et al.*, 2015).

Kolagen memainkan peran penting dalam tubuh manusia, terutama dalam membentuk struktur kulit, jaringan ikat, tendon, tulang, dan tulang rawan (Rahman *et al.*, 2021). Seiring bertambahnya usia, sintesis kolagen dalam tubuh menurun secara signifikan (Sivan *et al.*, 2008), dan ini berdampak pada penurunan kekuatan tarik kulit serta perubahan

struktur fibril kolagen dan arsitektur membran basal (Lettmann *et al.*, 2014). Menurut (Salzes *et al.*, 2016), kolagen juga berperan penting dalam proses penyembuhan luka dan regenerasi jaringan, karena kolagen bertindak sebagai pengatur utama dalam pembentukan matriks dermal, komposisi jaringan, dan aktivitas fibroblas. Penurunan produksi kolagen sekitar 1% per tahun per satuan luas permukaan kulit (Baumann, 2007).

Memperkuat kebutuhan akan sumber kolagen alternatif untuk menunjang regenerasi jaringan. Salah satu metode potensial untuk meningkatkan keamanan dan mutu bahan baku kolagen adalah dengan menggunakan teknologi iradiasi gamma. Iradiasi gamma merupakan teknik pengawetan yang mampu memperpanjang umur simpan produk tanpa merusak kandungan nutrisi, termasuk protein. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menyatakan bahwa iradiasi gamma pada dosis tertentu aman digunakan untuk pengawetan bahan pangan dan tidak menimbulkan risiko toksikologi maupun kerusakan nilai gizi (Pangestika *et al.*, 2022). Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI, 2008) juga menyarankan pemilihan dosis iradiasi yang tepat agar proses sterilisasi dapat berlangsung efektif dan aman.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi potensi kulit ikan kambing-kambing sebagai bahan baku kolagen melalui proses sterilisasi menggunakan metode iradiasi gamma, dengan mengamati karakteristik kimia dan fisik hasilnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan 2 perlakuan yaitu perlakuan menggunakan

iradiasi gamma dan tanpa iradiasi gamma. Di bawah ini merupakan alur proses pembuatan



Gambar 1. Alur proses pembuatan bubuk kulit ikan kambing-kambing

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian pembuatan bubuk kulit ikan kambing-kambing menjadi bubuk adalah : Pisau, ember, talenan, blender, ayakan, wajan, kompor, dan iradiator gamma. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit ikan kambing-kambing dan air.

Proses pembuatan bubuk kulit ikan kambing-kambing (*Abalistes stellaris*)

Proses pembuatan bubuk kulit ikan kambing-kambing (*Abalistes stellaris*) dilakukan dengan 6 tahapan yaitu, diawali dengan pembersihan kulit ikan kemudian dilakukan pencucian sampai tidak ada darah atau otot yang menempel pada kulit selanjutnya dilakukan perebusan selama lima menit dilanjutkan dengan penjemuran selama tiga sampai empat hari dibawah sinar matahari langsung. Setelah kulit ikan kering masuk ke tahap penghalusan menggunakan blender kemudian di ayak menggunakan ayakan 60 mesh, setelah limbah kulit ikan kambing-kambing menjadi bubuk dilakukan iradiasi gamma dengan

bubuk kulit ikan kambing-kambing (*Abalistes stellaris*).

dosis 10 kGy. Bubuk kulit ikan kambing-kambing siap dilakukan uji lanjutan seperti analisis FTIR (*Fourier Transform InfraRed*), Angka Lempeng Total (ALT), pH, analisa proksimat (kadar air dan kadar protein).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gugus fungsi

Analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi kimia yang terdapat dalam bubuk kulit ikan kambing-kambing (*Abalistes stellaris*) yang telah dan belum mengalami perlakuan iradiasi gamma. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengevaluasi potensi perubahan struktur kimia, khususnya gugus fungsi utama yang berperan dalam struktur kolagen, akibat perlakuan iradiasi gamma.

Sampel bubuk kulit ikan kambing-kambing dikeringkan hingga kadar air konstan dan kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer FTIR dengan rentang bilangan gelombang 4000–500 cm^{-1} . Sampel diletakkan pada perangkat ATR (*Attenuated Total Reflectance*), dan masing-masing spektrum

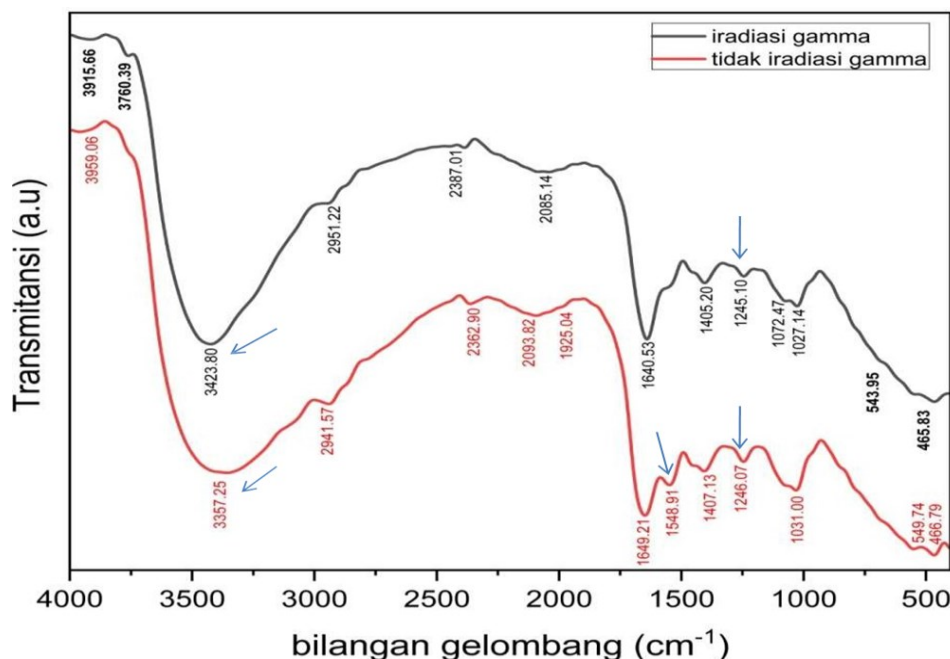
diperoleh melalui 32 kali pemindaian dengan resolusi 4 cm^{-1} .

Hasil spektrum FTIR dari kulit ikan yang tidak diiradiasi dibandingkan dengan kulit ikan yang telah dikenai dosis tertentu dari iradiasi gamma. Perbandingan ini digunakan untuk mengevaluasi keberadaan gugus amida (Amida A, I, II, dan III) sebagai indikator keutuhan struktur kolagen serta potensi modifikasi akibat iradiasi.

Hasil spektrum FTIR menunjukkan adanya kesamaan profil spektral antara sampel kulit ikan kambing-kambing yang diiradiasi dan yang tidak diiradiasi gamma, dengan beberapa variasi intensitas dan pergeseran kecil pada bilangan gelombang tertentu.

Pita serapan kuat terdeteksi pada rentang $3760,39\text{--}3915,66\text{ cm}^{-1}$, yang mengindikasikan adanya vibrasi regangan dari gugus O–H bebas dan N–H dari amida primer/sekunder. Selain itu, serapan pada $3423,80\text{ cm}^{-1}$ dan $3357,25\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan keberadaan ikatan hidrogen antara gugus N–H dan O–H, khas untuk Amida A dan hidroksil.

Rentang serapan $3490\text{--}3280\text{ cm}^{-1}$ umumnya dikaitkan dengan regangan N–H dan O–H yang mengalami pergeseran ke frekuensi lebih rendah ketika berinteraksi melalui ikatan hidrogen, dengan nilai khas pada 3300 cm^{-1} , sebagaimana dilaporkan oleh (Sinthusamran *et al.*, 2015).



Gambar 2. Spektra FTIR bubuk kulit ikan sebagai bahan baku pembuatan kolagen

Puncak serapan pada $1548,91\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan keberadaan gugus Amida II (N–H bending dan C–N stretching), sesuai dengan karakteristik spektrum kolagen menurut (Febryana *et al.*, 2018), yang menyebutkan bahwa Amida II

biasanya muncul pada rentang $1560\text{--}1335\text{ cm}^{-1}$.

Adapun serapan pada bilangan $1405,20\text{--}1407,13\text{ cm}^{-1}$ diatribusikan pada vibrasi gugus karboksilat, berupa regangan C–N atau pembengkokan O–H. Selain itu, puncak pada

1245,10 cm^{-1} dan 1246,07 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus Amida III, yang merupakan kombinasi dari N–H bending dan C–N pembengkokan, mendukung temuan (Suptijah *et al.*, 2018) yang melaporkan bilangan gelombang 1239,46 cm^{-1} sebagai ciri khas amida III pada kolagen.

Kesamaan pola spektral antara sampel iradiasi dan non-iradiasi menunjukkan bahwa iradiasi gamma tidak merusak struktur utama kolagen, meskipun dapat menyebabkan modifikasi pada struktur sekunder protein. Perubahan tersebut berpotensi meningkatkan kerentanan protein terhadap denaturasi termal serta menurunkan kemampuan kolagen untuk

berinteraksi dengan molekul lain, seperti dilaporkan pada penelitian sebelumnya terkait dampak iradiasi terhadap biomolekul protein.

Mutu bubuk kulit ikan kambing-kambing yang telah melalui proses perlakuan

Analisis terhadap mutu bubuk kulit ikan kambing-kambing (*Abalistes stellaris*) pada parameter kadar air, kadar protein, angka lempeng total, dan pH disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, terlihat adanya perbedaan pada setiap parameter yang diiradiasi gamma dan tanpa iradiasi gamma.

Tabel 1. Hasil pengujian mutu bubuk ikan Kadar air

Parameter	Iradiasi gamma	Tanpa iradiasi	SNI 8076:2014
Kadar air (%)	11,06	10,88	≤ 12
Kadar protein (%)	42,78	45,74	≥ 45
ALT <i>aerob</i> (koloni/gr)	$1,2 \times 10^5$	$3,7 \times 10^5$	Maks 1×10^5
pH	6,57	6,71	5,5 – 7,0

Kadar Air

Hasil pengujian kadar air dengan menggunakan metode iradiasi gamma dan tanpa iradiasi gamma menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan. Artinya perlakuan iradiasi gamma pada bubuk kulit ikan kambing-kambing mempengaruhi kadar air bubuk kulit ikan. Kadar air dari perlakuan iradiasi gamma 10 kGy mengandung air sebesar 11,06%. Nilai ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan tanpa iradiasi gamma 10,88%, peningkatan kadar air ini disebabkan oleh terjadinya denaturasi protein akibat iradiasi, dimana iradiasi gamma dapat memutuskan ikatan hidrogen dan menyebabkan perubahan struktur protein. Proses ini membuat struktur kolagen menjadi lebih terbuka dan meningkatkan kemampuan menyerap serta

mempertahankan air, penelitian (Romadhon *et al.*, 2019) dengan kadar air kolagen dari kulit ikan nila 7,85% mengacu pada mutu kolagen yang ditetapkan oleh BSN (2014) yaitu $\leq 12\%$. Sedangkan pada penelitian (Nasrulloh, 2019) menggunakan iradiasi gamma dengan dosis 5 kGy dan 10 kGy pada pengujian kadar air sebesar 11,21% dan 11,25%, semakin tinggi dosis iradiasi yang diberikan maka kadar air dalam produk cenderung meningkat.

Kadar Protein

Pengujian protein pada mutu kolagen sangat penting karena kolagen sendiri adalah protein utama, pengujian kadar protein bukan hanya untuk mengetahui jumlah protein, tetapi juga parameter utama dalam penjaminan mutu kolagen. Hasil uji kadar protein (%) pada bubuk kulit ikan kambing-

kambing yang iradiasi gamma 42,78% lebih tinggi bubuk yang tidak diiradiasi gamma 45,74%, kandungan protein pada bubuk kulit ikan kambing-kambing menurun setelah dilakukan iradiasi gamma dan juga disebabkan dari beberapa faktor seperti pemanasan yang berlebihan atau penyimpanan yang kurang tepat. Hal ini dilihat pada penelitian yang dilakukan oleh (Daud *et al.*, 2020), dengan kadar protein berkisar 47,90% tanpa perlakuan iradiasi gamma.

Angka Lempeng Total (ALT)

Angka Lempeng Total (ALT) digunakan sebagai indikator mikrobiologis dalam mengevaluasi keamanan bahan baku pangan. Hasil uji ALT menunjukkan bahwa sampel A (yang diiradiasi gamma) memiliki total koloni mikroba sebesar $1,2 \times 10^5$ koloni/gram, sedangkan sampel B (tanpa iradiasi) memiliki nilai ALT sebesar $3,7 \times 10^5$ koloni/gram.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 7388:2009), batas maksimum ALT untuk bahan pangan kering adalah $1,0 \times 10^5$ koloni/gram. Dengan demikian, kedua sampel berada di atas ambang batas aman, meskipun perlakuan iradiasi terbukti mampu menurunkan jumlah mikroba secara signifikan (sekitar 67,6% penurunan dari sampel tanpa iradiasi).

Tingginya nilai ALT pada kedua sampel kemungkinan besar disebabkan oleh kurangnya penerapan prinsip higiene dan sanitasi selama proses pengolahan. Faktor-faktor seperti pengambilan sampel di pelabuhan yang tidak memiliki alas sanitasi, proses pengeringan terbuka di bawah sinar matahari langsung, serta paparan terhadap debu dan serangga (misalnya lalat) dapat meningkatkan risiko kontaminasi mikroba.

Selain itu, keberadaan mikroorganisme dalam bahan pangan juga dipengaruhi oleh tiga kelompok faktor:

1. Faktor intrinsik, seperti kadar air, pH, dan komposisi bahan;
2. Faktor ekstrinsik, meliputi suhu lingkungan, kelembapan, dan sanitasi tempat pengolahan;
3. Faktor implisit, yaitu kemampuan mikroorganisme untuk tumbuh dan bertahan hidup (Sukmawati & Hardianti, 2018).

Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa iradiasi gamma berperan dalam menurunkan cemaran mikroba, namun tidak cukup efektif jika tidak didukung oleh pengendalian sanitasi selama pengolahan. Oleh karena itu, untuk menghasilkan bubuk kolagen yang memenuhi standar keamanan pangan, kombinasi antara perlakuan iradiasi dan praktik sanitasi yang baik sangat disarankan.

Uji pH

Hasil uji pH pada bubuk kulit ikan kambing-kambing (*Abalistes stellaris*) tanpa iradiasi sebesar 6,71 sedangkan dengan perlakuan iradiasi gamma menurun menjadi 6,57. Meskipun terjadi penurunan, kedua nilai pH masih berada dalam kisaran standar BSN (2014) yaitu 6,5-8, sehingga bahan tetap stabil dan aman digunakan. Penurunan pH ini menurun akibat proses iradiasi gamma yang memecah struktur protein kolagen menjadi asam amino bebas yang bersifat asam. Penurunan pH tersebut tidak signifikan dan masih tergolong mutu kolagen yang baik. Penelitian (Romadhon *et al.*, 2019) perlakuan tanpa iradiasi gamma memiliki nilai pH antara 4,38- 6,49. Hasil uji nilai pH menunjukkan bahwa perlakuan iradiasi gamma tetap menjaga kualitas bubuk kulit

ikan kambing-kambing dalam batas yang diizinkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai sterilisasi kulit ikan kambing-kambing (*Abalistes stellaris*) menggunakan metode iradiasi gamma sebagai bahan baku kolagen, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Perlakuan iradiasi gamma dengan dosis 10 kGy menyebabkan sedikit perubahan pada gugus fungsi yang teridentifikasi melalui spektrum FTIR, namun tidak merusak struktur utama kolagen, sehingga fungsi kolagen tetap dapat dipertahankan.
2. Iradiasi gamma terbukti menurunkan jumlah mikroba secara signifikan. Sampel bubuk kulit yang diiradiasi memiliki nilai Angka Lempeng Total (ALT) sebesar $1,2 \times 10^5$ koloni/gram, sedangkan sampel tanpa iradiasi sebesar $3,7 \times 10^5$ koloni/gram. Meski demikian, kedua nilai ALT masih berada di atas batas maksimum yang ditetapkan oleh standar keamanan pangan, sehingga diperlukan penguatan sanitasi dalam proses produksi.
3. Nilai pH bubuk kulit ikan kambing-kambing pada kedua perlakuan menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan, yaitu 6,57 pada sampel iradiasi dan 6,71 pada sampel tanpa iradiasi, yang masih berada dalam kisaran pH bahan baku kolagen yang stabil.
4. Secara keseluruhan, perlakuan iradiasi gamma berpotensi digunakan sebagai metode sterilisasi pada bubuk kulit ikan kambing-kambing tanpa mengganggu karakteristik fungsional kolagen, sehingga layak dijadikan sebagai bahan baku alternatif dalam industri kolagen dengan catatan

pengendalian mutu mikrobiologis tetap diperhatikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhana, A., Suptijah, P., Tarman, K., 2015. Ekstraksi dan karakterisasi kolagen dari daging teripang gamma. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 18, 150–161.
- Baumann, L. (2007). Skin ageing and its treatment. *Journal of Pathology*, 211(2), 241–251.
<https://doi.org/10.1002/path.2098>
- Daud, M. Zulfan, Z. (2020). Potensi penggunaan limbah ikan leubiem (*Chanthidermis maculatus*) sebagai sumber protein dalam ransum terhadap produktivitas itik petelur. *Livestock and Animal Research*, 18(3), 217.
<https://doi.org/10.20961/lar.v18i3.45992>
- Febryana, W. Agus Wibowo, M. (2018). Ekstraksi Gelatin Dari Kulit Ikan Belida (*Chitala lopis*) Pada Proses Perlakuan Asam Asetat. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(4), 93–102.
- Go Âmez-Guille Ân, M., Turnay, J., Ândez-Dõ Âaz, F., Ulmo, N., Lizarbe, M., Montero, P., 2002. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. *Food Hydrocoll*, 25– 4.
- Lettmann, S. Wagener, R. (2014). null mice as a model to study skin phenotypes in patients with collagen VI related myopathies: Expression of classical and novel collagen VI variants during wound healing. *PLoS ONE*, 9(8), 3–11.

- <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105686>
- Nasrulloh, N. (2019). Application of Gamma Rays Irradiation to reduce purine base of adenine and hypoxanthine content on melinjo chips (*Gnetum Gnemon L*). *Jurnal Ilmu Pangan Dan Hasil Pertanian*, 3(1), 12–21.
<https://doi.org/10.26877/jiphp.v3i1.3365>
- Pangestika, W. Herawati, V. (2022). The effect of gamma irradiation and cold storage time on characteristics of snapper fish fillet. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(1), 80–87.
<https://doi.org/10.17844/jphpi.v25i1.38521>
- Rahman, V. R. Saptarini, M.Si, Apt., N. M. (2021). Artikel review: potensi kolagen sebagai bahan aktif sediaan farmasi. *Majalah Farmasetika*, 6(3), 253.
<https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v6i3.33621>
- Romadhon, R. 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>
- Salzes, C. Ezzedine, K. (2016). The Vitiligo Impact Patient scale (VIPs): Development and validation of a vitiligo burden assessment tool. *Journal of Investigative Dermatology*, 136(1), 52–58.
<https://doi.org/10.1038/JID.2015.398>
- Sinthusamran, S. Kishimura, H. (2015). Molecular characteristics and properties of gelatin from skin of seabass with different sizes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 73(1), 146–153.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.11.024>
- Sivan, S. S. Maroudas, A. (2008). Collagen turnover in normal and degenerate human intervertebral discs as determined by the racemization of aspartic acid. *Journal of Biological Chemistry*, 283(14), 8796–8801.
<https://doi.org/10.1074/jbc.M709885200>
- Sukmawati, S., & Hardianti, F. (2018). Analisis Total Plate Count (TPC) Mikroba pada Ikan Asin Kakap di Kota Sorong Papua Barat. *Jurnal Biodjati*, 3(1), 72–78.
<https://doi.org/10.15575/biodjati.v3i1.2368>
- Suptijah, P. Wardoyo, S. E. (2018). Isolasi Dan Karakterisasi Kolagen Dari Kulit Ikan Patin (*Pangasius sp.*). *Sains Natural: Journal of Biology and Chemistry*, 8(1), 8–23.
<https://doi.org/10.31938/jsn.v8i1.106>