

## KARAKTERISTIK KIMIA DAN STRUKTUR MIKROSKOPIK KOLAGEN DARI KULIT IKAN GABUS (*Channa striata*)

*Chemical and Structural Microscopic Characteristics of Collagen from Headsnake Skin (Channa striata)*

Wulandari<sup>1\*)</sup>, Pipih Suptijah<sup>2)</sup>, Kustiariyah Tarman<sup>2)</sup>, Afriani<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Peternakan, Universitas Jambi, Jl. Jambi - Muara Bulian No.KM. 15, Mendalo Darat, Kec. Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi 36361, Jambi, Indonesia

<sup>2)</sup>Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Jalan Agatis, Bogor 16680 Jawa Barat, Indonesia

\*korespondensi: [wulandari@unja.ac.id](mailto:wulandari@unja.ac.id)

### ABSTRACT

*The fisheries products industry produces by-products such as scales, skin, bones and fins which can be used as a source of collagen raw materials. Utilization of snakehead fish skin as a raw material for collagen can increase value added and reduce environmental pollution. The purpose of this study was to determine the chemical characteristics and microscopic structure of collagen from the skin of snakehead fish (Channa striata). This research consisted of several stages, namely preparation of snakehead fish skin, isolation of collagen using the hydro-extraction method, drying with a freeze dryer and characterization of collagen. Parameters observed included pH value, molecular weight and microscopic structure of collagen. Collagen from snakehead fish skin extracted by the hydro-extraction method has a pH value of 5.24 which is acidic. Collagen from snakehead fish skin is type I collagen which is characterized by the presence of  $\alpha 1$  and  $\alpha 2$  chains. The  $\alpha 1$  and  $\alpha 2$  chains of snakehead skin collagen have a molecular weight of 123.35 kDa and 88.70 kDa. Snakehead fish skin collagen has a white soft spongy structure with a porous structure when observed by eye.*

**Keywords:** collagen, *channa striata*, molecular weight, pH

### ABSTRAK

Industri hasil perikanan menghasilkan *by-product* berupa sisik, kulit, tulang dan sirip yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku kolagen. Pemanfaatan kulit ikan gabus sebagai bahan baku kolagen dapat meningkatkan *value added* dan mengurangi pencemaran lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan karakteristik kimia dan struktur mikroskopis kolagen dari kulit ikan gabus (*Channa striata*). Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium. Hasil analisis pH, berat molekul dan struktur permukaan/ mikroskopis kolagen dideskripsikan dalam bentuk gambar. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu preparasi kulit ikan gabus, isolasi kolagen, pengeringan, dan karakterisasi kolagen. Parameter pengamatan meliputi nilai pH, berat molekul dan struktur mikroskopis kolagen. Kolagen dari kulit ikan gabus yang diekstraksi dengan metode hidro-ekstraksi memiliki nilai pH 5,24 yaitu bersifat asam. Kolagen dari kulit ikan gabus merupakan kolagen tipe I yang dicirikan dengan adanya rantai  $\alpha 1$  dan  $\alpha 2$ . Rantai  $\alpha 1$  dan  $\alpha 2$  kolagen kulit ikan gabus memiliki berat molekul 123.35 kDa dan 88.70 kDa. Kolagen kulit ikan gabus memiliki struktur seperti spons lembut berwarna putih dengan struktur berpori jika diamati secara kasat mata.

**Kata kunci:** kolagen, *channa striata*, berat molekul, pH

### PENDAHULUAN

Ikan gabus (*Channa striata*) merupakan jenis ikan air tawar yang habitatnya di rawa-

rawa, sungai, danau, dan kolam. Ikan ini tersebar luas hampir di seluruh wilayah Indonesia, salah satunya di Sumatera Selatan. Pemanfaatan ikan gabus di

provinsi ini diolah menjadi makanan khas Kota Palembang yaitu pempek, dan berbagai produk olahan lainnya.

Limbah yang dihasilkan dari pengolahan ikan gabus antara lain kulit, tulang, sirip, sisik, dan jeroan. Persentase *by-product* yang dihasilkan dari pengolahan hasil perikanan mencapai 60-75%, yang sebagian besar dimanfaatkan sebagai pakan ternak, silase, tepung ikan dan pupuk yang termasuk kedalam produk dengan nilai jual rendah (Nawaz et al., 2020). Akan tetapi masih terdapat beberapa *by-product* yang belum diolah sehingga menimbulkan pencemaran bagi lingkungan. Diperlukan upaya pengolahan *by-product* sehingga dapat mengurangi masalah lingkungan dan untuk meningkatkan *value added*. *By-product* dari industri pengolahan ikan seperti kulit, tulang dan sisik dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku kolagen (Jaziri et al., 2022).

Kolagen merupakan protein matriks ekstraseluler (ECM) yang terdistribusi secara luas di jaringan ikat (termasuk kulit, tulang, tendon, dan ligamen) hewan vertebrata mencapai 25-35% dari total protein tubuh (Subhan et al., 2015; Silva et al., 2014). Kolagen telah diaplikasikan secara luas diberbagai industri farmasi, makanan, kosmetik dan biomedis (Chen et al., 2019; Minh Thuy et al., 2014). Jumlah permintaan kolagen diperkirakan meningkat dari tahun ke tahun dimana mencapai 920,1 ton pada tahun 2019 (Cruz-López et al., 2021).

Sumber utama kolagen saat ini berasal dari tulang dan kulit sapi maupun babi. Penggunaan kolagen dari kedua jenis bahan baku tersebut dikhawatirkan menularkan penyakit seperti sapi gila (*bovine spongiform encephalopathy*), serta penyakit mulut dan kuku (PMK) pada manusia (Ahmed et al., 2020). Permasalahan lain yaitu dari kebudayaan dan keyakinan yang sangat serius melarang umatnya untuk menggunakan kedua bahan baku tersebut (Goyal et al., 2013).

Akhir-akhir ini, biota hasil perikanan menjadi alternatif bahan baku yang sangat menjanjikan untuk dimanfaatkan sebagai sumber kolagen. Penggunaan *by-product* hasil perikanan sebagai bahan baku kolagen tidak ada batasan, baik dari segi agama maupun kesehatan. *By-product* hasil

perikanan seperti limbah dari pengolahan ikan (Sisik, sirip, kulit dan tulang), bulu babi, hasil tangkapan sampingan (Ubur-ubur, bintang laut dan spongs) dapat dijadikan sebagai bahan baku kolagen (Avila Rodríguez et al., 2018; Felician et al., 2018; Langasco et al., 2017; Salvatore et al., 2020; Parisi et al., 2019).

Pemanfaatan *by-product* hasil perikanan sebagai bahan baku kolagen meningkatkan *value added* dan juga mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Beberapa penelitian penggunaan limbah perikanan khususnya kulit sebagai kolagen antara lain kolagen dari kulit ikan gabus (Wulandari et al., 2015), kolagen dari kulit ikan patin (Yanti et al., 2022; Azizah et al., 2019), kolagen dari kulit ikan nila (Prastyo et al., 2020), kolagen dari kulit ikan tuna (Ahmed et al., 2020), dan kolagen dari kulit ikan *grass carp* (*Ctenopharyngodon idella*) (Liu et al., 2014). Penelitian ekstraksi kolagen dari kulit ikan telah banyak dilakukan, akan tetapi informasi tentang struktur mikroskopis kolagen dari kulit ikan gabus masih sangat sedikit sehingga penelitian ini perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik kimia dan struktur mikroskopis kolagen dari kulit ikan gabus (*Channa striata*).

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kulit ikan gabus dari Pasar Kamboja, Kota Palembang, provinsi Sumatera Selatan. Bahan kimia yang digunakan antara lain NaOH (*Merck*), asam asetat (*Merck*), akuades, akuabides dan bahan analisa lainnya.

Alat yang digunakan antara lain Erlemeyer, beaker gelas, *freeze dryer* (Eyela FDU-1200, Tokyo, Japan), *waterbath incubator shaker* (BT 25 Yamato, Tokyo, Japan), dan *Scanning Electron Microscope* (JSM-5310LV, Japan).

### Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental laboratorium. Hasil analisis pH, berat molekul dan struktur permukaan/ mikroskopis kolagen dideskripsikan dalam bentuk gambar.

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu preparasi kulit ikan gabus, isolasi kolagen, pengeringan, dan karakterisasi kolagen.

## Prosedur Kerja

### Preparasi Kulit Ikan Gabus

Kulit ikan gabus yang digunakan dalam penelitian ini merupakan berasal dari ikan gabus yang berukuran 0,5 – 2 kg/ekor. Sebelum digunakan untuk proses pretreatment dengan NaOH, kulit ikan gabus terlebih dahulu dibersihkan dari sisa daging, darah, lendir dan sisik yang masih menempel. Selanjutnya kulit ikan gabus tersebut dipotong dengan ukuran 0,5 x 0,5 cm<sup>2</sup>.

### Isolasi Kolagen (Modifikasi Liu et al., 2014)

Kulit ikan gabus yang telah dipreparasi dilanjutkan ke proses isolasi. Isolasi kolagen dari kulit ikan gabus dilakukan dengan metode hidro-ekstaksi. Kulit ikan gabus direndam ke dalam larutan NaOH 0,05 M selama 6 jam, larutan NaOH diganti setiap 2 jam sekali. Rasio antara kulit ikan gabus dan larutan NaOH adalah 1:10 (b/v). Perendaman kulit di dalam larutan NaOH bertujuan untuk mengeliminasi protein non kolagen dan senyawa pengotor lainnya yang terdapat didalam kulit ikan gabus. Kulit ikan gabus selanjutnya dicuci dengan air mengalir hingga pH mendekati netral.

Proses isolasi kolagen selanjutnya adalah hidrolisis dengan larutan asam asetat 0,1 M selama 2 jam. Rasio antara kulit ikan gabus dan larutan asam asetat adalah 1:20 (b/v). kulit ikan gabus yang telah terhidrolisis dicuci dengan air hingga pH netral, dan kulit siap untuk diekstraksi.

Ekstraksi kolagen dilakukan pada suhu 40°C selama 2 jam menggunakan *water bath shaker* kecepatan 150 rpm. Larutan kolagen yang dihasilkan kemudian dikeringkan dengan *freeze dryer* untuk mendapatkan kolagen kering dan siap untuk dianalisa.

### Parameter Pengamatan

#### Analisis pH (AOAC, 2005)

Nilai derajat keasaman (pH) kolagen kulit ikan gabus diukur menggunakan pH meter. Sampel kolagen kering sebanyak 1gram dilarutkan kedalam 20 mL akuades

dan diaduk hingga homogen, kemudian ditambahkan akuades sebanyak 50 mL dan dihomogenkan kembali. pH meter dinyalakan dan stabilkan terlebih dahulu. Elektroda dimasukkan ke dalam larutan sampel selama beberapa menit hingga diperoleh angka yang stabil.

### Analisis Berat Molekul (Sulaiman dan Sarbon, 2020)

Profil protein kolagen kulit ikan gabus dianalisis dengan menggunakan SDS PAGE. Tahapan proses pengukuran berat sampel meliputi preparasi sampel kolagen, preparasi gel poliakrilamid, perakitan *chamber* dan *glass plate*, injeksi marker dan sampel protein kolagen kulit ikan gabus, proses running SDS PAGE, pewarnaan dan pencucian gel poliakrilamid. Proses *running* alat elektroforesis dilakukan pada tegangan 120 V dengan arus 28 A dan waktu selama 90 menit.

### Analisis Struktur permukaan (Tamilmozhi et al., 2013)

Pengamatan struktur permukaan/morfologi kolagen kulit ikan gabus menggunakan SEM dengan magnifikasi 350X dan 1.000X. serbuk sampel kolagen kulit ikan gabus di *coating* dengan serbuk emas pladium yang berfungsi sebagai penghantar listrik ketika sampel dipotret.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### pH

Hasil analisis nilai pH kolagen ikan gabus bersifat asam yaitu 5.24. Nilai pH ini lebih tinggi dibandingkan dengan ASC dan PSC dari kulit ikan baramudi yaitu 3.41 dan 3.44 (Jamilah et al., 2013), dan kolagen dari kulit ikan pari 5.0 (Nur'aenah, 2013). Perbedaan nilai pH kolagen dari kulit ikan yang diekstraksi dengan metode yang berbeda disebabkan oleh proses hidrolisis yang menggunakan larutan asam asetat. Proses hidrolisis dengan menggunakan larutan asam asetat konsentrasi tinggi menyebabkan kolagen yang dihasilkan bersifat asam. Selain itu, nilai pH tinggi pada kolagen juga disebabkan oleh proses netralisasi yang kurang sempurna.

Nilai pH pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai pH kolagen untuk bahan kosmetik dari beberapa merk

kolagen yaitu berkisar antara 3.8-4.7 (Peng *et al.*, 2004) dan lebih rendah dibandingkan dengan standar mutu kolagen SNI 8076 (2014) yaitu berkisar antara 6.5-8. Nilai pH kolagen ini erat kaitannya dengan tingkat kelarutan (Solubilitas) kolagen (Tabarestani *et al.*, 2012).

### Berat Molekul

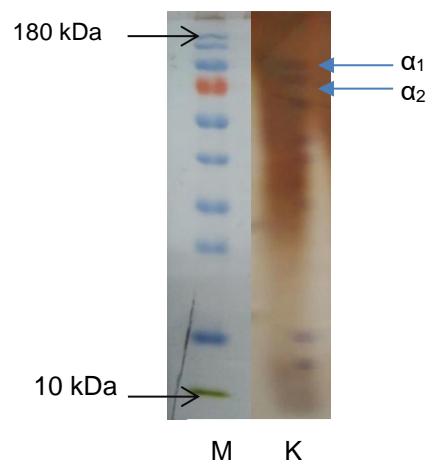
Pola protein kolagen kulit ikan gabus yang diisolasi dengan metode hidro-ekstraksi menunjukkan adanya rantai  $\alpha_1$  dan  $\alpha_2$  (Gambar 1) merupakan ciri khas dari kolagen tipe I. Berat molekul untuk masing-masing pita protein yang terdeteksi pada kolagen kulit ikan gabus dihitung berdasarkan berat molekul marker. Rantai  $\alpha_1$  dan  $\alpha_2$  kolagen kulit ikan gabus memiliki berat molekul 123.35 kDa dan 88.70 kDa. Gelse *et al.*, (2003) menyatakan bahwa kolagen tipe I memiliki karakteristik unik berupa keberadaan rantai  $[\alpha_1(I)]_2\alpha_2(I)$ .

Kolagen tipe I terbentuk dari 90% bahan organik, sebagian besar terdapat pada kulit, tulang, tendon, ligamen, kornea dan jaringan ikat serta sangat jarang terdapat pada tulang rawan. Struktur triple helix kolagen tipe I secara umum dibentuk dari heterotrimer oleh dua rantai yaitu  $\alpha_1$  dan  $\alpha_2$ . Perbedaan tipe kolagen ditandai dengan kompleksitas yang cukup besar dan keseragaman struktur, varian sambungan (*slice*), non heliks domain, perakitan (*assembly*) dan fungsinya (Alcaide-Ruggiero *et al.*, 2021).

Huang *et al.*, (2016) melaporkan bahwa kolagen sisik ikan nila yang diisolasi dengan metode *extrusion hydro-extraction* (EHE) melalui pretreatment menggunakan air deion ( $ddH_2O$ ) menghasilkan kolagen dengan berat molekul rantai  $\alpha_1$  123.7 kDa, rantai  $\alpha_1$  pretreatment dengan asam sitrat 126.2 kDa, dan rantai  $\alpha_1$  pretreatment dengan asam asetat 116.5 kDa.

Perbedaan nilai berat molekul rantai  $\alpha_1$  pada kolagen diduga karena perbedaan kondisi dan bahan yang digunakan pada proses pretreatment. Pita protein pada kolagen dengan berat molekul tinggi terdiri dari rantai  $\beta$  (*dimers*) dan  $\gamma$  (*trimers*) tidak muncul, sedangkan pita protein kolagen dengan berat molekul rendah di bawah

rantai  $\alpha$  muncul dengan nilai 81.23 kDa, 57.1 kDa, 42.00 kDa, 36.80 kDa, 30.87 kDa, 27.05 kDa, 12.26 kDa dan 10.74 kDa.



Gambar 1. Berat Molekul Protein: Marker (M) dan kolagen Kulit Ikan Gabus (K)

Hal tersebut diduga karena protein dengan berat molekul tinggi ( $\beta$  dan  $\gamma$ ) mengalami kerusakan yang menyebabkan terpecah menjadi protein-protein dengan berat molekul rendah. Huang *et al.*, (2016) menunjukkan bahwa kolagen yang diekstraksi dengan metode EHE juga muncul pita protein di bawah rantai  $\alpha$  dengan berat molekul 35 kDa dan 67 kDa, kondisi tersebut dikarenakan protein terdegradasi selama proses isolasi kolagen, sehingga fragmen ini memiliki berat molekul yang lebih kecil dan mungkin memiliki aktivitas tertentu seperti antioksidan, pengkelat mineral, dan inhibitor enzim *Angiotensin Converting Enzyme* (ACE).

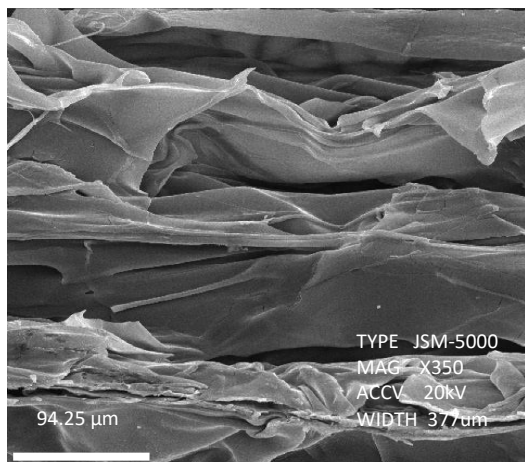
### Struktur Mikroskopik Kolagen

Hasil analisis struktur mikroskopik kolagen kering yang diisolasi melalui metode hidro-ekstraksi diawali dengan proses pretreatment dengan NaOH dan hidrolisis dengan asam asetat dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 8A dan 8B memperlihatkan jaringan struktur fibril saling bertumpang tindih satu sama lain.

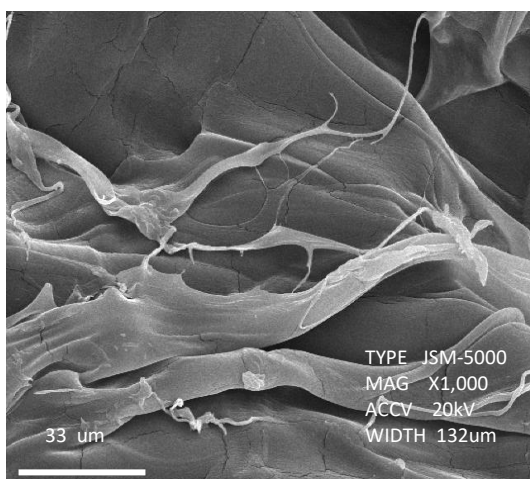
Yoshimura *et al.* (2000) menyatakan bahwa larutan alkali memecah sebagian besar daerah telopeptida kolagen selama proses pretreatment, dan menyebabkan sebagian kolagen terlarut. Ikatan batang-



batang fibril tersebut sebagai satu kesatuan. Hal ini menunjukkan bahwa ikatan pada batang fibril terpengaruh larutan NaOH. Proses *pretreatment* dengan alkali menyebabkan batang-batang fibril terpisah (Yang et al., 2008).



A



B

Gambar 2. Struktur mikroskopik kolagen dari kulit ikan gabus: (A) perbesaran 350x (B) perbesaran 1.000x

Struktur fibril yang terlihat besar menunjukkan adanya ikatan struktur triple helix, selain itu terdapat juga agregat spherical, yang selanjutnya menjadi jaringan fibrosa (Mackie et al. 1998). Saxena et al. (2005) melaporkan bahwa struktur morfologi gelatin terbentuk agregat spherical dan fibril. Kolagen terdiri dari tropokolagen yang tersusun dengan cara tertentu sehingga memberikan jarak antar pengulangan kolagen 67 nm. Kolagen kulit ikan gabus memiliki struktur seperti spons

lembut berwarna putih dengan struktur berpori jika diamati dengan mata.

## KESIMPULAN

Kolagen dari kulit ikan gabus yang diekstraksi dengan metode hidro-ekstraksi memiliki nilai pH 5,24 yaitu bersifat asam. Kolagen dari kulit ikan gabus merupakan kolagen tipe I yang dicirikan dengan adanya rantai  $\alpha 1$  dan  $\alpha 2$ . Rantai  $\alpha 1$  dan  $\alpha 2$  kolagen kulit ikan gabus memiliki berat molekul 123.35 kDa dan 88.70 kDa. Kolagen kulit ikan gabus memiliki struktur seperti spons lembut berwarna putih dengan struktur berpori jika diamati secara kasat mata.

## DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. (2005). Official Method of Analysis (18 Edn). Arlington, Virginia, USA: Published by The Association of Official Analytical Chemist. Inc.
- Ahmed, M., Kumar, A., and Patel, R., 2020. Collagen extraction and recent biological activities of collagen peptides derived from sea-food waste : A review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 18 (June), 100315.
- Alcaide-Ruggiero, L., Molina-Hernández, V., Granados, M.M., and Domínguez, J.M., 2021. Main and minor types of collagens in the articular cartilage: The role of collagens in repair tissue evaluation in chondral defects. *International Journal of Molecular Sciences*, 22 (24).
- Avila Rodríguez, M.I., Rodríguez Barroso, L.G., and Sánchez, M.L., 2018. Collagen: A review on its sources and potential cosmetic applications. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 17 (1), 20–26.
- Azizah, N., Ochiai, Y., and Nurilmala, M., 2019. Collagen peptides from Pangasius fish skin as antioxidants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 404 (1).
- Chen, Y., Jin, H., Yang, F., Jin, S., Liu, C., Zhang, L., Huang, J., Wang, S., Yan, Z., Cai, X., Zhao, R., Yu, F., Yang, Z., Ding, G., and Tang, Y., 2019. Physicochemical, antioxidant properties of giant croaker (Nibea

- japonica) swim bladders collagen and wound healing evaluation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 138, 483–491.
- Cruz-López, H., Rodríguez-Morales, S., Enríquez-Paredes, L.M., Villarreal-Gómez, L.J., Olivera-Castillo, L., Cortes-Santiago, Y., and López, L.M., 2021. Comparison of collagen characteristic from the skin and swim bladder of Gulf corvina (*Cynoscion othonopterus*). *Tissue and Cell*, 72 (March).
- Felician, F.F., Xia, C., Qi, W., and Xu, H., 2018. Collagen from Marine Biological Sources and Medical Applications. *Chemistry and Biodiversity*, 15 (5).
- Goyal, D., Goyal, A., and Brittberg, M., 2013. Consideration of religious sentiments while selecting a biological product for knee arthroscopy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 21, 1577–1586.
- Jaziri, A.A., Shapawi, R., Mokhtar, R.A., Md. Noordin, W.N., and Huda, N., 2022. Biochemical and Microstructural Properties of Lizardfish Organic Acids. *Gels*, 8 (266), 1–18.
- Langasco, R., Cadeddu, B., Formato, M., Lepedda, A.J., Cossu, M., Giunchedi, P., Pronzato, R., Rasso, G., Manconi, R., and Gavini, E., 2017. Natural collagenic skeleton of marine sponges in pharmaceuticals: Innovative biomaterial for topical drug delivery. *Materials Science and Engineering C*, 70, 710–720.
- Liu, D., Wei, G., Li, T., Hu, J., Lu, N., Regenstein, J.M., and Zhou, P., 2014. Effects of alkaline pretreatments and acid extraction conditions on the acid-soluble collagen from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) skin. *FOOD CHEMISTRY*.
- Minh Thuy, L.T., Okazaki, E., and Osako, K., 2014. Isolation and characterization of acid-soluble collagen from the scales of marine fishes from Japan and Vietnam. *Food Chemistry*, 149, 264–270.
- Nawaz, A., Li, E., Irshad, S., Xiong, Z., Xiong, H., Shahbaz, H.M., and Siddique, F., 2020. Valorization of fisheries by-products: Challenges and technical concerns to food industry. *Trends in Food Science and Technology*, 99 (February), 34–43.
- Parisi, J.R., Fernandes, K.R., Avanzi, I.R., Dorileo, B.P., Santana, A.F., Andrade, A.L., Gabbai-Armelin, P.R., Fortulan, C.A., Trichês, E.S., Granito, R.N., and Renno, A.C.M., 2019. Incorporation of Collagen from Marine Sponges (Spongin) into Hydroxyapatite Samples: Characterization and In Vitro Biological Evaluation. *Marine Biotechnology*, 21 (1), 30–37.
- Prastyo, D.T., Trilaksani, W., and Nurjanah, 2020. Aktivitas Antioksidan Hidrolisat Kolagen Kulit Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23 (3), 423–433.
- Salvatore, L., Gallo, N., Natali, M.L., Campa, L., Lunetti, P., Madaghiele, M., Blasi, F.S., Corallo, A., Capobianco, L., and Sannino, A., 2020. Marine collagen and its derivatives: Versatile and sustainable bio-resources for healthcare. *Materials Science and Engineering C*, 113 (April), 110963.
- Silva, T., Moreira-Silva, J., Marques, A., Domingues, A., Bayon, Y., and Reis, R., 2014. Marine Origin Collagens and Its Potential Applications. *Marine Drugs*, 12 (12), 5881–5901.
- Subhan, F., Ikram, M., Shehzad, A., and Ghafoor, A., 2015. Marine Collagen: An Emerging Player in Biomedical applications. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (8), 4703–4707.
- Sulaiman, A.W. and \*Sarbon, N.M., 2020. Characterization of acid soluble collagen (ASC) and pepsin soluble collagen (PSC) extracted from shortfin scad (*Decapterus macrosoma*) waste. *Food Research*, 4 (6), 2272–2280.
- Wulandari, Suptijah, P., and Tarman, K., 2015. Efektivitas Pretreatment Alkali Dan Hidrolisis Asam Asetat Terhadap Karakteristik Kolagen Dari Kulit Ikan Gabus. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 18 (3), 287–302.
- Yanti, F., Dharmayanti, N., and Suryanti, S., 2022. Aktivitas Antioksidan Kolagen dari Kulit Ikan Patin (*Pangasius sp.*) dengan Enzim Bromelin Kasar Kulit Nanas (*Ananas comosus L.*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25 (1), 88–96.