

**PROFIL ASAM AMINO KOLAGEN  
LARUT ASAM TERIPANG PASIR (*HOLOTHURIA SCABRA*)**

**Nunik Gustini<sup>1\*</sup>, Yatri Hapsari<sup>1</sup>, Gita Syahputra<sup>1</sup>, dan A'liyatur Rosyidah<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Pusat Riset Vaksin dan Obat, Organisasi Riset Kesehatan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)  
Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat 16911

\*Email: nunik.gustini@brin.go.id

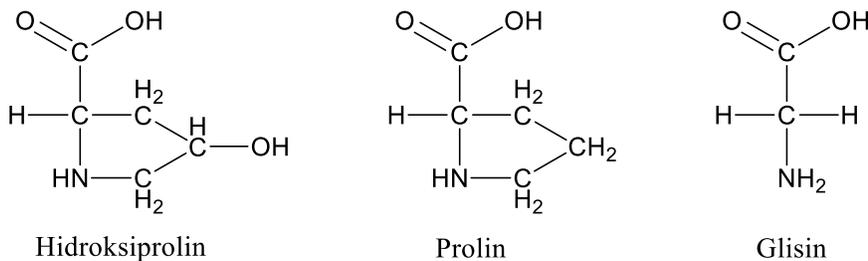
**Abstrak**

Kolagen yang bersumber dari laut memiliki sifat yang unik dibandingkan kolagen dari mamalia, diantaranya yaitu biokompatibilitas yang baik, risiko penyakit menular yang rendah, tidak ada kendala agama dan etika, berat molekul rendah, serta mudah diserap oleh tubuh manusia. Dari berbagai organisme laut, teripang diidentifikasi sebagai sumber kolagen yang tinggi karena sebagian besar penyusun dinding tubuhnya adalah kolagen. Pada penelitian ini, dilakukan ekstraksi kolagen dari teripang pasir (*Holothuria scabra*) dan analisis asam amino serta morfologi kolagen hasil ekstraksi. Analisis asam amino dilakukan menggunakan ultra-performance liquid chromatography (UPLC) sedangkan morfologi kolagen diamati menggunakan scanning electron microscopy (SEM). Kolagen larut asam hasil ekstraksi mengandung asam amino dengan konsentrasi terbesar yaitu asam glutamat (3151,62 ppm), glisin (2975,02 ppm), dan asam aspartat (2384,97 ppm). Sedangkan kandungan asam amino dengan konsentrasi terendah yaitu histidin (698,86 ppm), lisin (966,44 ppm), dan isoleusin (1072,9 ppm). Berdasarkan hasil SEM, struktur triple helix dari polipeptida kolagen masih dapat teramati, sehingga dapat dikatakan bahwa proses ekstraksi tidak merusak struktur kolagen.

**Kata kunci:** asam amino, kolagen larut asam, teripang pasir.

**1. PENDAHULUAN**

Kolagen merupakan salah satu protein berserat yang paling melimpah. Kolagen berperan penting dalam jaringan ikat sehingga kulit dan tulang hewan memberikan kekuatan dan fleksibilitas pada kerangka ekstraseluler. Kolagen memiliki berbagai aplikasi dalam industri kulit, bahan kosmetik dan biomedis, serta sebagai makanan. Dalam aplikasi farmasi, kolagen dapat digunakan untuk pembalut luka, implan, dan sebagai pembawa untuk penghantaran obat (*drug delivery*). Sebagai makanan, kolagen telah digunakan untuk memproduksi *edible casing* untuk industri pengolahan daging seperti sosis, salami, dan *snack stick* (Singh dkk., 2011). Kolagen merupakan protein paling melimpah yang terdapat pada vertebrata yang banyaknya sekitar 30% dari total protein. Terdapat 29 jenis kolagen yaitu kolagen tipe I-XXIX yang dibedakan berdasarkan urutan asam amino, struktur dan fungsinya (Pal dan Suresh, 2016). Kolagen tipe I umumnya ditemukan pada jaringan ikat termasuk tendon, tulang, dan kulit. Kolagen dicirikan oleh pengulangan tripeptida, Gly-X-Y, dengan X adalah prolin dan Y adalah hidroksiprolin yang terlibat dalam pembentukan struktur *triple helix* (**Gambar 1**) (Senadheera, Dave dan Shahidi, 2020).



**Gambar 1. Residu Asam Amino yang Terdapat pada Struktur *Triple Helix* Kolagen**

Karena karakteristik uniknya, termasuk sifat biokompatibilitas dan fisikokimia lainnya, kolagen tidak mudah digantikan oleh molekul lainnya. Oleh karena itu, mengidentifikasi sumber kolagen alami

baru dan meningkatkan metodologi yang ada untuk ekstraksi, isolasi, dan pemurnian dapat menjadi solusi alternatif. Kolagen yang bersumber dari hewan darat memiliki risiko patologis yang tinggi untuk penyakit menular dan proses ekstraksi yang rumit sehingga membatasi penerapan penggunaan kolagen hewan darat dan mencari sumber alternatif untuk kolagen (Senadheera, Dave dan Shahidi, 2020). Kolagen yang bersumber dari laut dapat dijadikan sebagai sumber alternatif yang potensial untuk memenuhi peningkatan permintaan kolagen alami. Dengan sifat biokompatibilitas yang baik, risiko penyakit menular yang rendah, tidak adanya kendala etika dan agama, proses ekstraksi yang mudah, berat molekul rendah, serta mudah diserap oleh tubuh manusia menjadikan kolagen yang bersumber dari laut sebagai sumber komoditas farmasi maupun makanan yang menjanjikan (Jafari dkk., 2020).

Dari berbagai organisme laut, teripang diidentifikasi sebagai sumber kolagen yang tinggi karena sebagian besar penyusun dinding tubuhnya adalah kolagen, namun belum banyak dieksplorasi (Senadheera, Dave dan Shahidi, 2020). Selain memiliki nutrisi yang tinggi, teripang memiliki senyawa bioaktif yang unik dan sifat terapeutiknya menjadikan teripang sebagai bahan makanan fungsional. Beberapa senyawa bioaktif seperti antioksidan, antihipertensi, antiinflamasi, antikanker, antimikroba, dan senyawa antikoagulan/ antitrombotik telah diidentifikasi dalam berbagai spesies teripang di seluruh dunia (Bordbar, Anwar dan Saari, 2011; Hamed dkk., 2015). Diantara berbagai spesies teripang, teripang pasir (*Holothuria scabra*) merupakan salah satu spesies teripang yang telah dibudidayakan sehingga potensi pemanfaatannya sebagai sumber kolagen semakin besar (Kumayanjati, 2020).

Beberapa metode untuk mengekstraksi kolagen diantaranya yaitu metode ekstraksi dengan garam netral, hidrolisis dengan asam dan metode hidrolisis enzimatis dengan bantuan beberapa enzim seperti protease, papain, tripsin, atau pepsin (Liu dkk., 2018; Senadheera, Dave dan Shahidi, 2020). Metode ekstraksi kolagen menggunakan garam dilaporkan oleh Wang dkk. (2014) yang berhasil mengisolasi kolagen dari ikan amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*) menggunakan larutan NaCl 0,45 M. Sedangkan isolasi kolagen menggunakan metode hidrolisis asam pada teripang gama (*Stichopus variegatus*) dilaporkan oleh Safithri dkk. (2020) dan pada kulit ikan lele perak (*Pangasius sp.*) dilaporkan oleh Hukmi dan Sarbon (2018), keduanya menggunakan larutan asam asetat 0,5 M dalam proses ekstraksi. Ekstraksi kolagen dengan metode hidrolisis enzimatis menggunakan enzim pepsin telah banyak dilakukan pada beberapa spesies teripang, diantaranya yaitu *Acaudina leucoprocta* (Lin dkk., 2017), *Stichopus monotuberculatus* (Zhong dkk., 2015), *Stichopus japonicus* (Park dkk., 2012), dan *Holothuria cinerascens* (Li dkk., 2020). Pepsin merupakan enzim yang banyak digunakan karena kemampuannya dalam memotong rantai peptida *non helix* sehingga rantai peptida *helix* kolagen tidak berubah (Senadheera, Dave dan Shahidi, 2020).

Kelarutan kolagen yang rendah dalam larutan garam menjadikan metode ekstraksi dengan garam terbatas untuk digunakan (Ahmed, Verma dan Patel, 2020), sedangkan harga yang mahal untuk enzim-enzim tertentu merupakan kelemahan dari metode hidrolisis enzimatis (Araujo dkk., 2021). Dengan mempertimbangkan kelemahan dari metode ekstraksi menggunakan garam maupun hidrolisis enzimatis, maka pada penelitian ini metode hidrolisis asam dipilih untuk mengekstraksi kolagen dari teripang pasir (*Holothuria scabra*). Penelitian ini bertujuan untuk mengekstraksi kolagen dari teripang pasir serta menganalisis kandungan asam amino dan morfologinya.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Bahan dan Alat

Teripang pasir (*Holothuria scabra*) diperoleh dari hasil budidaya di Pusat Riset Bioindustri Laut dan Darat BRIN, Lombok, Nusa Tenggara Barat. Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian yaitu NaOH (Merck, Jerman) dan asam asetat glasial (Merck, Jerman). Sedangkan instrumen yang digunakan diantaranya yaitu *ultra-performance liquid chromatography* (UPLC) dan *scanning electron microscopy* (SEM) Jeol JSM-IT200.

### 2.2. Ekstraksi Kolagen

Kolagen teripang pasir (*Holothuria scabra*) diperoleh melalui proses ekstraksi dengan larutan natrium hidroksida (NaOH) 0,1 M dan larutan asam asetat (CH<sub>3</sub>COOH) 0,1 M seperti metode yang

dipaparkan oleh Syahputra dkk. (2021) dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 2 kg teripang pasir dibersihkan dari organ dalamnya, dipotong-potong kecil, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 40°C selama 48 jam. Setelah kering, daging teripang digiling/ diblender hingga halus, kemudian dilakukan perendaman dengan larutan NaOH 0,1 M selama 24 jam pada suhu 4°C, 150 rpm menggunakan *orbital shaker-incubator*, dan dilanjutkan dengan perendaman menggunakan larutan CH<sub>3</sub>COOH 0,1 M selama 24 jam pada suhu 4°C, 150 rpm. Sebelum dilakukan perendaman dengan larutan CH<sub>3</sub>COOH 0,1 M, daging teripang dicuci terlebih dahulu dengan akuades hingga mencapai pH netral. Filtrat yang diperoleh dari hasil perendaman dengan larutan CH<sub>3</sub>COOH 0,1 M kemudian dikeringbekukan menggunakan *freeze dryer* untuk mendapatkan kolagen padat.

**2.3. Analisis Asam Amino**

Analisis kandungan asam amino pada kolagen hasil ekstraksi dilakukan di PT. Saraswanti Indo Genetech Laboratory menggunakan alat *ultra-performance liquid chromatography* (UPLC) dengan metode 18-5-17/MU/SMM-SIG.

**2.4. Analisis Morfologi Kolagen**

Morfologi kolagen hasil ekstraksi dianalisis menggunakan alat *scanning electron microscopy* (SEM) Jeol JSM-IT200. Sebelum dilakukan karakterisasi, sampel kolagen dilapisi dengan logam emas (Au) kemudian diamati strukturnya pada 3000× perbesaran.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Ekstraksi kolagen teripang pasir (*Holothuria scabra*) dilakukan dengan merendam daging teripang berturut-turut dengan larutan NaOH 0,1 M dan CH<sub>3</sub>COOH 0,1 M masing-masing selama 24 jam pada suhu 4°C. Kolagen larut asam diperoleh dengan mengeringkan filtrat yang diperoleh dari hasil perendaman dengan larutan asam asetat hingga dihasilkan kolagen kering/ padat. Kolagen dibentuk dari tiga asam amino utama yaitu glisin, prolin, dan hidroksiprolin. Asam amino yang terkandung dalam kolagen berkontribusi pada stabilitas struktur *helix* pada kolagen (Zaelani dkk., 2019). Kandungan asam amino dalam kolagen juga mencerminkan kualitas dari kolagen itu sendiri.

Komposisi asam amino baik esensial dan non esensial dari kolagen hasil ekstraksi beserta konsentrasinya disajikan pada **Tabel 1**. Yang termasuk ke dalam asam amino esensial diantaranya yaitu arginin, valin, leusin, threonin, fenilalanin, isoleusin, lisin, dan histidin. Sedangkan asam amino non esensial diantaranya yaitu asam glutamat, asam aspartat, glisin, serin, prolin, alanin, dan tirosin. Kolagen hasil ekstraksi diketahui mengandung asam amino dengan tiga konsentrasi terbesar berturut-turut yaitu asam glutamat (3151,62 ppm), glisin (2975,02 ppm), dan asam aspartat (2384,97 ppm). Sedangkan kandungan asam amino dengan konsentrasi terendah yaitu histidin (698,86 ppm), lisin (966,44 ppm), dan isoleusin (1072,9 ppm).

Kandungan dua asam amino tertinggi pada kolagen hasil ekstraksi sesuai dengan yang dilaporkan Saallah dkk. (2021) bahwa kandungan asam amino tertinggi pada kolagen teripang *H. scabra* yaitu glisin, asam glutamat, dan alanin. Sedangkan Syahputra dkk. (2021) melaporkan kandungan asam amino tertinggi kolagen *H. scabra* yaitu glisin, asam glutamat, dan arginin. Aberoumand (2012) menyatakan bahwa sekitar sepertiga bagian dari kolagen mengandung glisin, tidak mengandung triptofan dan sistein serta mengandung tirosin dan histidin dengan konsentrasi yang rendah. Peranan glisin yaitu mengurangi hambatan sterik dan memicu interaksi ikatan hidrogen dalam rantai *helix* (Alhana, Suptijah dan Tarman, 2015). Selain itu, glisin juga berfungsi membentuk tiga rantai alfa *helix* menjadi struktur super *helix*.

Kandungan prolin dalam kolagen berperan dalam menjaga keutuhan struktur kolagen. Konsentrasi prolin dalam kolagen hasil ekstraksi tergolong cukup besar yaitu 1994,98 ppm, menempati urutan asam amino terbesar kelima dalam kolagen larut asam teripang pasir (*H. scabra*) hasil ekstraksi. Kandungan prolin yang tinggi dalam kolagen dapat meningkatkan kestabilan termal (Zaelani dkk., 2019).

**Tabel 1. Komposisi Asam Amino Kolagen Larut Asam Teripang Pasir (*Holothuria scabra*)**

Asam Amino	Konsentrasi (ppm)
Serin	1897,28
Asam glutamat	3151,62
Fenilalanin	1637,31
Isoleusin	1072,9

---

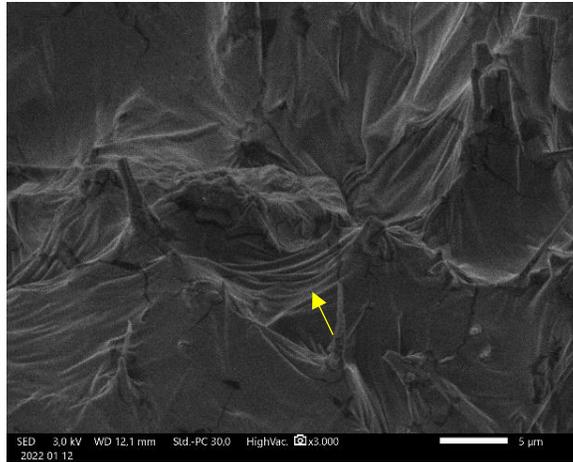
Valin	1575,34
Alanin	1605,63
Arginin	1988,3
Glisin	2975,02
Lisin	966,44
Asam aspartat	2384,97
Leusin	1545,71
Tirosin	1134,05
Prolin	1994,98
Threonin	2197,98
Histidin	698,86

---

Jika dibandingkan dengan kolagen dari kulit sapi dan babi, kandungan asam glutamat pada kolagen teripang memiliki konsentrasi yang lebih tinggi (Kumayanjati, 2020). Tingginya kandungan asam glutamat menjadikan teripang sebagai sumber *umami*. Selain itu, asam glutamat juga dapat merangsang saraf pada indera perasa manusia (Sulistyowibowo dkk., 2013).

Konsentrasi asam amino (terutama prolin dan hidroksiprolin) yang terkandung pada kolagen berpengaruh pada stabilitas termal. Semakin tinggi konsentrasi prolin dan hidroksiprolin pembentuk kolagen maka semakin baik kestabilannya terhadap suhu tinggi (Jamilah dkk., 2013). Secara umum, konsentrasi asam amino yang terkandung dalam kolagen larut asam teripang pasir jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kolagen teripang pasir yang dilaporkan oleh Syahputra dkk. (2021) yang diperoleh dengan metode ekstraksi yang berbeda. Pada penelitian ini, larutan NaOH 0,1 M dan CH<sub>3</sub>COOH 0,1 M digunakan untuk mengekstraksi kolagen, sedangkan Syahputra dkk. (2021) mengekstraksi kolagen dari teripang pasir dengan menggunakan larutan NaOH 0,1 M, CH<sub>3</sub>COOH 0,5 M, dan akuades. Metode dan konsentrasi larutan yang berbeda tersebut diduga menyebabkan perbedaan kandungan asam amino dari kolagen hasil ekstraksi. Hal itu sesuai dengan yang disampaikan oleh Fawzya dkk. (2016) bahwa perbedaan konsentrasi asam amino yang terkandung dalam kolagen dari bahan baku yang sama dapat dipengaruhi oleh metode ekstraksi, konsentrasi larutan yang digunakan untuk ekstraksi, dan metode analisis asam amino yang digunakan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Nurhayati dkk. (2013) mengungkapkan bahwa kandungan asam amino pada kolagen larut asam yang diekstraksi menggunakan larutan asam asetat 0,5 M lebih besar dibandingkan dengan menggunakan larutan asam asetat 1,5 M. Hal tersebut disebabkan karena penggunaan asam dengan konsentrasi tinggi akan memicu terjadinya substitusi ion-ion sehingga dapat memutuskan struktur protein. Asam dapat memecah ikatan-ikatan intermolekul rantai asam amino yang kemudian mengalami denaturasi dan pelarutan sehingga terjadi kerusakan permanen (Zeugolis dkk., 2008).

Pengamatan terhadap morfologi kolagen larut asam hasil ekstraksi dilakukan menggunakan analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Berdasarkan hasil analisis SEM yang ditunjukkan pada Gambar 2, kolagen hasil ekstraksi menunjukkan adanya permukaan yang berkerut seperti serat (ditunjukkan oleh panah kuning). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Syahputra dkk. (2021) bahwa kerutan yang diamati pada struktur kolagen teripang pasir menandakan adanya struktur *triple helix* dari polipeptida komponen kolagen. Adanya struktur *triple helix* menandakan bahwa proses ekstraksi tidak merusak struktur kolagen (Syahputra dkk., 2021).



**Gambar 2.** Hasil Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) Kolagen Larut Asam Teripang Pasir (*H. scabra*) pada Perbesaran 3000 $\times$ .

#### 4. KESIMPULAN

Kandungan asam amino dengan konsentrasi tertinggi dalam kolagen larut asam teripang pasir hasil ekstraksi yaitu asam glutamat (3151,62 ppm), glisin (2975,02 ppm), dan asam aspartat (2384,97 ppm). Sedangkan tiga asam amino dengan konsentrasi terendah yaitu histidin (698,86 ppm), lisin (966,44 ppm), dan isoleusin (1072,9 ppm). Berdasarkan hasil SEM, struktur *triple helix* dari polipeptida kolagen masih dapat teramati, sehingga dapat dikatakan bahwa proses ekstraksi tidak merusak struktur kolagen.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aberoumand, A. (2012) 'Comparative study between different methods of collagen extraction from fish and its properties', *World Applied Sciences Journal*, 16(3), pp. 316–319.
- Ahmed, M., Verma, A. K. and Patel, R. (2020) 'Collagen extraction and recent biological activities of collagen peptides derived from sea-food waste: A review', *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. Elsevier B.V., 18(August), p. 100315. doi: 10.1016/j.scp.2020.100315.
- Alhana, A., Suptijah, P. and Tarman, K. (2015) 'Extraction and Characterization of Collagen from Sea Cucumber Flesh', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 18(2), pp. 150–161. doi: 10.17844/jphpi.2015.18.2.150.
- Araujo, J. *et al.* (2021) 'Enzymatic Hydrolysis of Fish Waste as an Alternative to Produce High Value-Added Products', *Waste and Biomass Valorization*. Springer Netherlands, 12(2), pp. 847–855. doi: 10.1007/s12649-020-01029-x.
- Bordbar, S., Anwar, F. and Saari, N. (2011) 'High-value components and bioactives from sea cucumbers for functional foods - A review', *Marine Drugs*, pp. 1761–1805. doi: 10.3390/md9101761.
- Fawzya, Y. N. *et al.* (2016) 'Isolasi dan Karakterisasi Parsial Kolagen dari Teripang Gamma (*Stichopus variegatus*)', *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 11(1), pp. 91–100. doi: 10.15578/jpbkp.v11i1.284.
- Hamed, I. *et al.* (2015) 'Marine Bioactive Compounds and Their Health Benefits: A Review', *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(4), pp. 446–465. doi: 10.1111/1541-4337.12136.
- Hukmi, N. M. M. and Sarbon, N. M. (2018) 'Isolation and characterization of acid soluble collagen (ASC) and pepsin soluble collagen (PSC) extracted from silver catfish (*Pangasius sp.*) skin', *International Food Research Journal*, 25(6), pp. 2601–2607.
- Jafari, H. *et al.* (2020) 'Fish collagen: Extraction, characterization, and applications for biomaterials engineering', *Polymers*, 12(10), pp. 1–37. doi: 10.3390/polym12102230.
- Kumayanjati, B. (2020) 'Teripang Sebagai Salah Satu Sumber Kolagen', *Oseana*, 45(1), pp. 17–27. doi:

- 10.14203/oseana.2020.vol.45no.1.51.
- Li, P. H. *et al.* (2020) 'Extraction and characterization of collagen from sea cucumber (*Holothuria cinerascens*) and its potential application in moisturizing cosmetics', *Aquaculture*. Elsevier B.V., 515, p. 734590. doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.734590.
- Lin, S. *et al.* (2017) 'Extraction and Characterization of Pepsin Soluble Collagen from the Body Wall of Sea Cucumber *Acaudina leucoprocta*', *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 26(5), pp. 502–515. doi: 10.1080/10498850.2016.1222560.
- Liu, Y. *et al.* (2018) 'A comparative study of the properties and self-aggregation behavior of collagens from the scales and skin of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*)', *International Journal of Biological Macromolecules*. Elsevier B.V., 106, pp. 516–522. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.08.044.
- Nurhayati, N., Tazwir, T. and Murniyati, M. (2013) 'Ekstraksi dan Karakterisasi Kolagen Larut Asam dari Kulit Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)', *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 8(1), p. 84. doi: 10.15578/jpbkp.v8i1.56.
- Pal, G. K. and Suresh, P. V. (2016) 'Sustainable valorisation of seafood by-products: Recovery of collagen and development of collagen-based novel functional food ingredients', *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. Elsevier B.V., 37(Part B), pp. 201–215. doi: 10.1016/j.ifset.2016.03.015.
- Park, S. Y. *et al.* (2012) 'Pepsin-solubilised collagen (PSC) from Red Sea cucumber (*Stichopus japonicus*) regulates cell cycle and the fibronectin synthesis in HaCaT cell migration', *Food Chemistry*. Elsevier Ltd, 132(1), pp. 487–492. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.11.032.
- Saallah, Suryani *et al.* (2021) 'Comparative study of the yield and physicochemical properties of collagen from sea cucumber (*Holothuria scabra*), obtained through dialysis and the ultrafiltration membrane', *Molecules*, 26(9). doi: 10.3390/molecules26092564.
- Safithri, M. *et al.* (2020) 'Karakteristik Kolagen Larut Asam Teripang Gama (*Stichopus variegatus*)', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(1), pp. 166–177. doi: 10.17844/jphpi.v23i1.31063.
- Senadheera, T. R. L., Dave, D. and Shahidi, F. (2020) 'Sea cucumber derived type i collagen: A comprehensive review', *Marine Drugs*, 18(9), pp. 11–13. doi: 10.3390/md18090471.
- Singh, P. *et al.* (2011) 'Isolation and characterisation of collagen extracted from the skin of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*)', *Food Chemistry*. Elsevier Ltd, 124(1), pp. 97–105. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.05.111.
- Sulistiyowibowo, W. *et al.* (2013) 'Analisis Asam Amino dan Mineral Essensial pada Ubur-Ubur (*Aurelia aurita*)', *Jkk*, 2(2), pp. 101–106.
- Syahputra, G. *et al.* (2021) 'Extraction and Characterization of Collagen from Sand Sea Cucumber (*Holothuria scabra*)', *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(3), pp. 319–327. doi: 10.18343/jipi.26.3.319.
- Wang, Z. *et al.* (2014) 'Isolation and characterization of collagen from the muscle of Amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*)', *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 19(5), pp. 935–941. doi: 10.1007/s12257-013-0638-0.
- Zaelani, B. F. D. *et al.* (2019) 'Collagen isolation with acid soluble method from the skin of Red Snapper (*Lutjanus sp.*)', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 241(1), pp. 0–9. doi: 10.1088/1755-1315/241/1/012033.
- Zeugolis, D. I. *et al.* (2008) 'Electro-spinning of pure collagen nano-fibres - Just an expensive way to make gelatin?', *Biomaterials*, 29(15), pp. 2293–2305. doi: 10.1016/j.biomaterials.2008.02.009.
- Zhong, M. *et al.* (2015) 'Isolation and Characterization of Collagen from the Body Wall of Sea Cucumber *Stichopus monotuberculatus*', *Journal of Food Science*, 80(4), pp. C671–C679. doi: 10.1111/1750-3841.12826.