

KARAKTERISTIK KOLAGEN DARI TULANG, KULIT, DAN SISIK IKAN NILA

Romadhon*, Yudhomenggolo Sastro Darmanto, Retno Ayu Kurniasih

Departemen Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas
Diponegoro Jalan Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah-50275,

Telp./Faks. +6224 7474698

*Korespondensi: romi_thp@yahoo.co.id

Diterima : 20 Februari 2019/Disetujui : 27 Agustus 2019

Cara sitasi: Romadhon, Darmanto YS, Kurniasih RA. 2019. Karakteristik kolagen dari tulang, kulit, dan sisik ikan nila. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 22(2): 403-410.

Abstrak

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu komoditas ikan air tawar unggulan di Indonesia. Sebagian besar, ikan nila diekspor dalam bentuk fillet yang menghasilkan sisa pengolahan diantaranya tulang, kulit, dan sisik yang jumlahnya dapat mencapai 50-70% dari total bobot ikan. Tujuan penelitian ini adalah mengekstraksi dan mengkarakterisasi kolagen dari tulang, kulit, dan sisik ikan nila. Metode penelitian menggunakan pola percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan perbedaan jenis bahan baku kolagen yaitu tulang, kulit, dan sisik ikan nila. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis bahan baku berpengaruh terhadap rendemen, kadar air, warna, dan pH ($p < 0,05$). Rendemen kolagen pada penelitian ini bernilai 0,53% (tulang), 0,63% (sisik) dan 0,94% (kulit). Kecilnya rendemen disebabkan karena konsentrasi asam asetatnya terlalu rendah. kadar air terkecil pada kolagen tulang ikan nila 2,17%; kecerahan kolagen yang terbaik pada tulang ikan 76,91%; nilai derajat putih yang terbesar pada sisik ikan 75,95%; kandungan pH mendekati netral kolagen sisik ikan 6,49; hasil morfologi dari kolagen yang dihasilkan menggunakan SEM adanya pori yang terlihat pada kolagen tulang ikan nila disebabkan adanya ruang antara serat kolagen sedangkan. Kolagen dari kulit dan sisik memiliki morfologi yang sama, yaitu berbentuk kotak-kotak kecil dan permukaannya halus tanpa pori

Kata kunci: ikan nila, kadar air, kolagen, morfologi, warna

The Difference Characteristic of Collagen from Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Bone, Skin, and Scales

Abstract

Tilapia (*Oreochromis niloticus*) is one of the main commodities of freshwater fish in Indonesia. Mostly, tilapia is exported in the form of fillets which produce residual processing including bone, skin, and scales which can reach 50 to 70% of the total weight of fish. The aimed of this study was to extract and characterize collagen from bone, skin, and scales of tilapia. The research method used a Completely Randomized Design (CRD) by treating the different types of collagen raw materials, namely bone, skin, and scales of tilapia. The results showed that the type of raw material affected the yield, water content, color, and pH ($p < 0.05$). The collagen yield in this study was 0.53% (bone), 0.63% (scales) and 0.94% (skin). The small amount of amendment was caused by the concentration of acetic acid being too low. the smallest water content in tilapia fish collagen 2.17%; the best brightness of collagen in fish bones 76.91%; the value of the largest degree of white on fish scales 75.95%; pH content close to neutral fish collagen scales 6.49; Morphological results of collagen produced using SEM, the presence of pores seen in the collagen of tilapia fish due to the space between the collagen fibers while. Collagen from the skin and scales has the same morphology, which is shaped in small squares and smooth surface without pores

Keywords: color, moisture content, morphology, rendemen,

PENDAHULUAN

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu komoditas utama ikan air tawar unggulan di Indonesia. Berdasarkan data statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP 2018a), ikan nila merupakan ikan air tawar dengan volume produksi terbanyak di Indonesia. Produksi ikan nila pada tahun 2017 adalah 1.280.126,18 ton. Produksi ikan nila tiap tahun meningkat 13,13% pada rentang waktu tahun 2012-2017 (KKP 2018b). Peningkatan ini tentunya diikuti dengan adanya peningkatan permintaan pasar dan industri pengolah ikan nila. Sebagian besar, ikan nila diekspor dalam bentuk fillet. Sisa pengolahan fillet ikan, termasuk tulang, kulit, dan sisik dapat mencapai 50-70% dari total bobot ikan (Muralidharan *et al.* 2013). Besarnya sisa pengolahan yang tidak termanfaatkan dapat menimbulkan efek negatif pada kelestarian dan keseimbangan lingkungan. Sementara itu, tulang, kulit, dan sisik ikan dapat menjadi bahan baku ekstraksi kolagen (Liu dan Huang 2016; Arumugam *et al.* 2018; Mahboob 2015).

Kolagen adalah protein dengan struktur berserat yang merupakan komponen utama matriks ekstraseluler suatu organisme hidup yang berjumlah 25-30% dari total protein dan berperan penting dalam menjaga integritas struktur biologis beberapa jaringan (Marousek *et al.* 2015; Schmidt *et al.* 2016). Pemanfaatan ekstrak kolagen diantaranya untuk industri kosmetik, farmasi (penyembuh luka), dan makanan karena kolagen memiliki sifat daya tarik (*tensile strength*) yang tinggi, antigenisitas rendah, dan biokompatibilitas yang baik. Kolagen juga dapat menginduksi koagulasi trombosit, mempengaruhi diferensiasi sel, dan berkontribusi dalam penyembuhan luka (Subhan *et al.* 2017; Dang *et al.* 2017).

Kolagen ikan juga dapat menjadi alternatif pengganti kolagen dari sapi dan babi. Hal ini dikarenakan umat Islam dan Yahudi tidak diperbolehkan menggunakan bahan baku babi, sedangkan umat Hindu tidak diperkenankan menggunakan bahan baku sapi. Kolagen dari sapi juga mulai dihindari karena adanya isu penyakit sapi gila, *bovine spongiform encephalopathy* (BSE) dan *foot and mouth*

diseases (FMD) yang dapat ditransmisikan ke manusia yang mengonsumsinya. Perbedaan utama kolagen dari ikan dengan kolagen dari hewan lainnya adalah nilai biologisnya yang tinggi, kandungan asam amino esensial yang tinggi, dan kandungan hidroksiprolin yang rendah (Muralidharan *et al.* 2013).

Ekstraksi kolagen dari berbagai sisa pengolahan ikan telah banyak dilakukan, antara lain kolagen dari gelembung renang (Djailani *et al.* 2016) dan sisik ikan haruan (Pamungkas *et al.* 2018). Muralidharan *et al.* (2013) membandingkan karakteristik ekstrak kolagen dari kulit, tulang, dan daging ikan *leather jacket* (*Odonus niger*) serta Aminudin *et al.* (2015) membandingkan karakteristik ekstrak kolagen dari berbagai jenis kulit ikan air tawar (nila, lele, dan patin). Namun, belum ada penelitian mengenai perbedaan karakteristik ekstrak kolagen dari tulang, kulit, dan sisik ikan nila yang diekstraksi menggunakan pelarut yang sama, yaitu asam asetat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengekstraksi kolagen dari tulang, kulit, dan sisik ikan nila (hasil budidaya di waduk) dengan menggunakan asam asetat serta mengarakterisasi masing-masing kolagen.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tulang, kulit, dan sisik ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diperoleh dari PT Aquafarm Nusantara, Semarang, Indonesia. Ikan nila yang digunakan oleh PT Aquafarm Nusantara berukuran 1000 ± 100 g merupakan hasil budidaya di Waduk Gajah Mungkur (Wonogiri, Indonesia) dengan usia panen 6 bulan. Ada pun bahan kimia yang digunakan untuk pembuatan kolagen adalah NaOH (Merck, CV Chemix Pratama, Yogyakarta) dan CH_3COOH (Merck, CV Chemix Pratama, Yogyakarta). Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *freeze drying* (Heto Powerdry LL 1500, Japan), pH meter (Trans Instruments Aqua-pal tester, Singapura), *chromameter* (Minolta CR-200, Jepang), dan *scanning electron microscopy* (SEM) (Jeol JSM 6510LA, Japan).

Metode Penelitian

Ekstraksi kolagen

Proses ekstraksi kolagen mengacu pada metode Ata *et al.* (2016) dengan sedikit modifikasi, yaitu pengeringan ekstrak kolagen menggunakan *spray dryer* diganti dengan *freeze dryer*. Sampel tulang, kulit, dan sisik ikan nila dibersihkan dari kotoran yang menempel, dipotong-potong menjadi ukuran kecil, kemudian dicuci hingga bersih. Masing-masing bahan baku (tulang, kulit, dan sisik) direndam dalam larutan NaOH 0,1 M dengan perbandingan 1:10 (b/v) pada suhu ruang ($32\pm 2^\circ\text{C}$) selama 3x24 jam untuk menghilangkan protein non kolagen dan lemak (*degreasing*) dan setiap hari larutan NaOH diganti baru. Tulang, kulit, dan sisik kemudian dicuci menggunakan akuades hingga pH netral. Proses ekstraksi kolagen dilakukan dengan cara merendam tulang, kulit, dan sisik masing-masing dalam larutan CH_3COOH 0,5 M sebanyak 1:10 (b/v) pada suhu kamar selama 3x24 jam. Hasil ekstraksi disaring menggunakan kain blacu untuk memisahkan residu dan supernatan. Supernatan dipresipitasi dengan menambahkan NaCl 0,9 M (proses *salting out*) selama 24 jam. Presipitat disentrifugasi pada 8000 rpm selama 30 menit kemudian kolagen dikeringkan menggunakan *freeze dryer*.

Karakterisasi kolagen

Penentuan rendemen kolagen

Rendemen kolagen diperoleh berdasarkan berat basah. Nilai rendemen merupakan persentase berat serbuk kolagen yang dihasilkan terhadap berat bahan baku (tulang, kulit, sisik) pada kondisi basah (Alves *et al.* 2017).

Analisis kadar air

Metode yang digunakan adalah pengeringan menggunakan *drying oven* pada suhu 105°C hingga berat sampel konstan (AOAC 2005). Cawan dikeringkan kemudian ditimbang (C). Sampel dimasukkan dalam cawan kemudian ditimbang (B). Sampel dalam cawan yang telah dikeringkan kemudian ditimbang beratnya (A). Persentase kadar air (berat basah) dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\%$$

Analisis warna

Sampel diukur intensitas warnanya menggunakan *chromameter*. Nilai L^* menunjukkan kecerahan, $-a^*$ adalah kehijauan, $+a^*$ adalah kemerahan, $-b^*$ adalah kebiruan, dan $+b^*$ adalah kekuningan (Priyadarshini *et al.* 2015). *Whiteness* dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Whiteness} = 100 - [(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

Derajat keasaman (pH)

Kolagen ditambah akuades dengan rasio 1:100 (b/v) selanjutnya dihomogenisasi. Sampel diukur pH menggunakan pH meter hingga diperoleh nilai pH yang stabil.

Pengamatan morfologi

Pengamatan morfologi kolagen dilakukan menggunakan SEM pada 20 kV dan magnifikasi 3000x. Sebelum pengamatan dengan SEM, serbuk kolagen terlebih dahulu dilapisi menggunakan platinum. Proses pelapisan menggunakan *mini sputter coater* (Quorum SC7620, Inggris) dengan arus 18 mA selama 4 menit.

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan perbedaan bahan baku kolagen (tulang, kulit, dan sisik). Data yang diperoleh dari pengujian karakteristik gelatin (rendemen, kadar air, warna, dan pH) dianalisis dengan sidik ragam atau Analysis of Varians (ANOVA). Jika terdapat perbedaan yang nyata, dilakukan uji Duncan untuk melihat perlakuan mana yang berbeda nyata pada $p < 0,05$. Analisis data dilakukan menggunakan SPSS versi 17. Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk rata-rata dari tiga kali ulangan \pm standar deviasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Kolagen

Rendemen merupakan persentase kolagen yang dihasilkan dengan bahan baku awal. Rendemen menunjukkan bagian

bahan baku yang dapat dimanfaatkan dan menjadi suatu parameter yang penting untuk mengetahui nilai ekonomis, serta keefektifan suatu bahan atau produk Suptijah *et al.* (2018). Hasil perhitungan rendemen menunjukkan bahwa perbedaan bahan baku berpengaruh nyata terhadap rendemen kolagen ($p < 0,05$), di mana rendemen terbanyak diperoleh dari kulit dan terendah dari tulang ikan nila (Table 1). Hal ini sesuai dengan pernyataan Suptijah *et al.* (2018) bahwa salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai rendemen pada kolagen yang dihasilkan adalah jenis bahan yang digunakan. Kolagen yang tersusun pada bahan kulit, tulang, dan sisik memiliki karakteristik berbeda. Lapisan kolagen pada sisik ikan tersusun kaku akibat mineralisasi, konsisten dengan sifat fleksibilitas yang rendah. Fase mineral terdiri dari kalsium hydroxyapatite, dengan sejumlah kecil ion natrium, magnesium, karbonat, dan fosfat Ikoma *et al.* (2003a). Nalinanon *et al.* (2011) menyatakan bahwa kolagen terbentuk dari tiga rantai polipeptida yang berpilin (*triple helix*) dengan susunan glisin-prolin-hidroksiprolin. Kolagen dari kulit dan tulang ikan, tergolong kolagen tipe I yang mengandung asam amino glisin, alanin, dan prolin dalam jumlah besar.

Rendemen kolagen pada penelitian ini bernilai 0,53% (tulang), 0,63% (sisik) dan 0,94% (kulit). Hasil rendemen secara keseluruhan rendah karena konsentrasi CH_3COOH 0,5 M (sangat rendah) sehingga hasil ekstrak kolagen yang dihasilkan belum optimal. menurut Naro (2013), proses

ekstraksi sampel kulit ikan nila hitam yang menggunakan konsentrasi asam asetat 0,75 M menghasilkan persentase rendemen kolagen yang lebih besar (5,96%) artinya makin tinggi konsentrasi larutan asam asetat yang digunakan, makin banyak kolagen yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa faktor konsentrasi larutan asam asetat memberikan pengaruh signifikan terhadap ekstraksi protein kolagen. Nilai ini jauh lebih rendah dibandingkan rendemen kolagen hasil penelitian Jamilah *et al.* (2013), yaitu kolagen yang diekstraksi dari kulit ikan kakap putih dengan menggunakan asam asetat menghasilkan rendemen 8,1%. Rendahnya nilai rendemen dapat disebabkan adanya variasi kekuatan ionik. Menurut Veeruraj *et al.* (2013), peningkatan interaksi hidrofobik-hidrofobik antara rantai protein sebagai hasil dari peningkatan kekuatan ionik dapat menyebabkan penurunan nilai rendemen dari kolagen yang dihasilkan. Perbedaan kekuatan ionik dapat mengurangi pelepasan kolagen dari jaringan. Jamila *et al.* (2013) juga menyatakan bahwa rendemen kolagen dapat ditingkatkan dengan penggunaan enzim pepsin atau papain pada saat proses ekstraksi.

Kadar air

Kadar air sampel berkisar antara 2,17-7,85% (Table 1), kadar air kolagen dari ketiga sumber bahan baku memenuhi persyaratan mutu kolagen yang telah ditetapkan oleh BSN (2014), yaitu $\leq 12\%$. Jaswir *et al.* (2011)

Table 1 Characteristics of collagen from bone, skin, and tilapia scales

Characteristics of collagen	Bone	Skin	Scales
Yield (%)	0.53±0.01 ^a	0.94±0.01 ^c	0.63±0.01 ^b
Moisture content (%)	2.17±0.01 ^a	6.29±0.1 ^b	7.85±0.05 ^c
Color			
Brightness(L*)	76.91±0.42 ^c	49.32±0.63 ^b	44.00±0.62 ^a
Greenness(-a*)	-3.57±0.15 ^b	-1.83±0.65 ^a	-2.07±0.42 ^a
Yellowish(+b*)	5.17±2.98 ^a	4.47±1.94 ^a	9.03±5.06 ^a
Whiteness(%)	75.95±0.36 ^c	48.31±0.14 ^b	43.77±0.68 ^a
pH	5.39±0.00 ^b	4.38±0.00 ^a	6.49±0.00 ^c

Note: Different superscript on the same row shows significantly different ($p < 0.05$).

menyatakan bahwa air pada kolagen dapat disebabkan oleh adanya penetrasi air ke dalam kolagen melalui ikatan hidrogen atau gaya elektrostatis antara gugus polar. Peningkatan H^+ akibat penggunaan asam ketika ekstraksi kolagen diduga mengakibatkan peningkatan penetrasi air ke dalam kolagen.

Berdasarkan penelitian ini, diketahui bahwa kadar air kolagen dari tulang ikan nila lebih rendah dibandingkan kadar air kolagen dari kulit dan sisik ikan nila. Penyebab rendahnya kadar air kolagen dari tulang adalah struktur kolagen pada tulang lebih kuat dan rapat, sehingga penggunaan asam asetat 0,5 M pada saat ekstraksi tidak dapat menghidrolisis kolagen. Hidrolisis dapat menyebabkan air terperangkap di dalam kolagen. Devi *et al.* (2017) menjelaskan bahwa hidrolisis kolagen dapat menyebabkan terjadinya rantai-rantai peptida pada kolagen lebih pendek, sehingga menyebabkan penyerapan air.

Warna

Hasil pengujian warna ketiga sampel menunjukkan bahwa nilai L mengindikasikan kecerahan warna serbuk kolagen (*Table 1*) di mana kolagen dari tulang memiliki kecerahan tertinggi dan kolagen dari sisik memiliki kecerahan terendah. Nilai L ketiga sampel berkisar antara 44,00-76,91. Menurut Hunterlab (2012) nilai L dengan rentan antara (0-50) mengindikasikan kegelapan warna, sedangkan nilai L dengan rentan antara (51-100) mengindikasikan kecerahan warna. Jamilah *et al.* (2013) menambahkan bahwa semakin besar nilai L, menunjukkan sampel berwarna cerah.

Pengujian warna yang kedua yaitu berdasarkan nilai a^* (-) atau intensitas kehijauan. Hasil pengujian warna kolagen didapatkan intensitas kehijauan paling besar yaitu pada kolagen tulang (*Table 1*). Pengujian warna yang ketiga yaitu berdasarkan nilai b^* atau intensitas warna kekuningan. Semakin besar nilai b^* maka mengarah ke warna kuning. Nilai b^* tersebut menunjukkan bahwa perbedaan bahan baku memberikan hasil yang tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) (*Table 1*). Perbedaan warna kolagen dipengaruhi oleh banyaknya pigmen yang terdapat pada bahan baku di mana pigmen tersebut dapat

dilepaskan selama proses perendaman dengan NaOH (Alhana *et al.* 2015).

Karakteristik fisik yang menentukan kualitas kolagen salah satunya adalah *whiteness*. Kolagen yang berkualitas memiliki nilai *whiteness* mendekati 100%. Nilai *whiteness* pada penelitian ini berkisar antara 43,77-75,95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *whiteness* tertinggi terdapat pada kolagen tulang, sedangkan yang terendah terdapat pada kolagen sisik ikan ($p < 0,05$) (*Table 1*). Nilai *whiteness* kolagen menjadi salah satu parameter penting untuk menentukan kualitas kolagen karena dapat mempengaruhi warna suatu produk akhir yang ditambah dengan kolagen. Kolagen dari kulit ikan pari hasil penelitian Shon *et al.* (2011) memiliki nilai *whiteness* lebih tinggi, yaitu 88,4%.

pH Kolagen

Kolagen pada penelitian ini memiliki pH berkisar antara 4,38-6,49 (*Table 1*). Nilai pH tersebut tidak sesuai dengan standar kolagen yang ditetapkan oleh BSN (2014), yaitu berkisar antara 6,5-8. Peng *et al.* (2004) melaporkan bahwa beberapa merk kolagen untuk kosmetik memiliki pH berkisar antara 3,8-4,7. Hasil penelitian yang sama juga ditunjukkan oleh Devi *et al.* (2017), yaitu kolagen kulit ikan patin yang diekstraksi menggunakan asam asetat, memiliki pH asam, yaitu 5,53.

Nilai pH kolagen yang rendah diduga karena proses netralisasi yang tidak sempurna. Alhana *et al.* (2015) menyatakan bahwa dalam proses penetralan setelah ekstraksi kolagen menggunakan asam, contohnya CH_3COOH , dapat mempengaruhi pH akhir kolagen yang dihasilkan. Proses penetralan yang sempurna dapat mengurangi residu asam, sehingga kolagen memiliki pH mendekati netral.

Morfologi Kolagen

Hasil pengamatan morfologi kolagen menggunakan SEM disajikan pada *Figure 1*. Berdasarkan hasil pada perbesaran 3000 x terlihat bahwa kolagen dari tulang berbentuk seperti lembaran dengan sedikit berpori pada permukaannya. Adanya pori yang terlihat pada kolagen tulang ikan nila disebabkan adanya ruang antara serat kolagen. Menurut

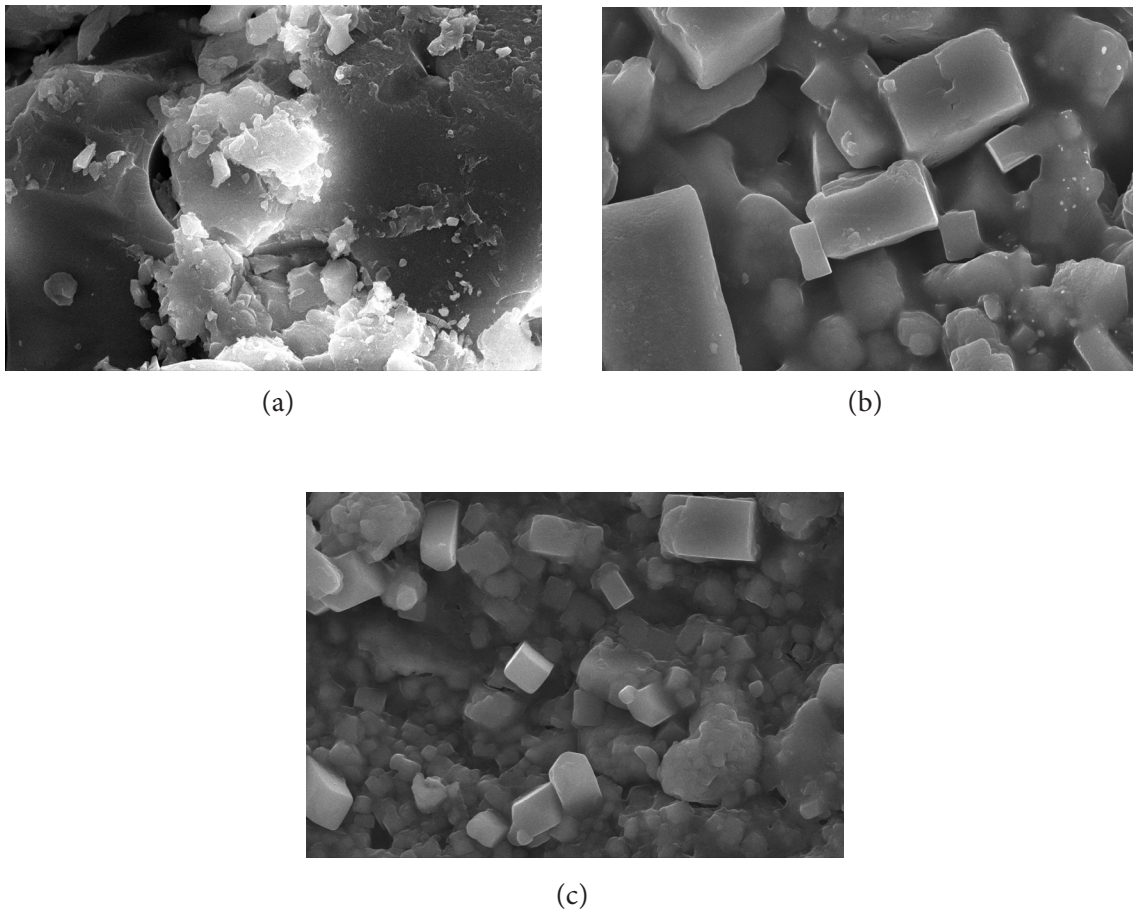


Figure 1 Collagen morphology : (a) Bone, (b) skin, and (c) Scales.

Arumugam *et al.* (2018) bahwa adanya ruang antara lembaran yang saling berselubung menyebabkan porositas pada kolagen.

Kolagen dari kulit dan sisik memiliki morfologi yang sama, yaitu berbentuk kotak-kotak kecil dan permukaannya halus tanpa pori. Wang *et al.* (2014) menyatakan bahwa pengamatan morfologi dengan menggunakan SEM, kolagen tampak seperti kumparan. Namun, pada magnifikasi yang lebih tinggi, kolagen terlihat seperti lembaran yang saling berhubungan. Arumugam *et al.* (2018) juga melakukan pengamatan morfologi dengan SEM pada magnifikasi 500 x terhadap kolagen dari kulit ikan sole (*Aseraggodes umbratilis*) di mana kolagen terlihat seperti serat. Berdasarkan penelitian Thakur *et al.* 2016 kolagen tampak berbentuk serabut-serabut yang saling bertautan. Pada pengamatan morfologi ini bermanfaat untuk mengetahui karakteristik kolagen yang nantinya dapat diaplikasikan sebagai produk cosmeceutical.

Kolagen yang paling banyak dikenal adalah kolagen tipe I yang terdiri dari tiga rantai α polipeptida. Kolagen tipe I paling banyak terdapat pada bagian tubuh yang lunak seperti kulit dan tendon maupun bagian tubuh yang keras seperti tulang dan gigi serta jaringan penghubung (Cardoso *et al.* 2014). Senyawa ini dapat diperoleh dari kulit hewan laut seperti ubur-ubur, bintang laut, gurita, paper nautilus, cuttlefish purple, dan sea urchin. Ekstraksi kolagen tipe I dari sisik ikan mengandung kolagen fiber tipe I dan calcium hydroxyapatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$) (Ikoma *et al.* 2003b; Pang *et al.* 2013).

KESIMPULAN

Rendemen kolagen pada penelitian ini bernilai 0,53% (tulang), 0,63% (sisik) dan 0,94% (kulit) Kecilnya rendemen disebabkan karena konsentrasi asam asetatnya terlalu rendah. Kadar air terkecil pada kolagen tulang ikan nila yaitu 2,17%; kecerahan kolagen

yang terbaik pada tulang ikan 76,91%; nilai derajat putih yang terbesar pada sisik ikan 75,95%; kandungan pH mendekati netral kolagen sisik ikan yaitu 6,49; hasil morfologi dari kolagen yang dihasilkan menggunakan SEM adanya pori yang terlihat pada kolagen tulang ikan nila disebabkan adanya ruang antara serat kolagen sedangkan. Kolagen dari kulit dan sisik memiliki morfologi yang sama, yaitu berbentuk kotak-kotak kecil dan permukaannya halus tanpa pori

DAFTAR PUSTAKA

- Alhana, Suptijah P, Tarman K. 2015. Ekstraksi dan karakterisasi kolagen dari daging teripang gamma. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 18(2): 150-161.
- Aminudin A, Muhammad S, Hamdan RH, Shaari R, Nordin MFM, Saufi RA, Mei SJ. 2015. Characterization of collagen extract from the skins of commercial freshwater fish. *Jurnal Teknologi*. 77(33): 43-48.
- [AOAC] Association of Official Analytical of Chemists. 2005. Official methods of analysis (18 Edn). Association of Official Analytical of Chemists, Inc: Arlington, Virginia.
- Arumugam GKS, Sharma D, Balakrishnan RM, Ettiyappan JBP. 2018. Extraction, optimization and characterization of collagen from sole fish skin. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 9: 19-26.
- Ata STW, Yulianty R, Sami FJ, Ramli N. 2016. Isolasi kolagen dari kulit dan tulang ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*). *Journal of Pharmaceutical and Medicinal Sciences*. 1(1): 27-30.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2014. *Kolagen kasar dari sisik ikan- syarat mutu dan pengolahan- SNI 8076-2014*. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional.
- Dang Q, Liu K, Zhang Z, Liu C, Liu X, Xin Y, Cheng X, Xu T, Cha D, Fan B. 2017. Fabrication and evaluation of thermosensitive chitosan/Collagen/ α , β -glycerophosphate hydrogels for tissue regeneration. *Carbohydrate Polymers*. 167: 145-157.
- Devi HLNA, Suptijah P, Nurilmala M. 2017. Efektifitas alkali dan asam terhadap mutu kolagen dari kulit ikan patin. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(2): 255-265.
- Djailani F, Trilaksani W, Nurhayati T. 2016. Optimasi ekstraksi dan karakterisasi kolagen dari gelembung renang ikan cunang dengan metode asam-hidro-ekstraksi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 19(2): 156-1617.
- Hunterlab. 2012. Hunter L, a, b, vs CIE L*, a*, b*: measuring color using hunter L, a, b, versus CIE 1976 L*, a*, b*. Hunter Associates Laboratory Inc. <http://www.hunterlab.com> (Diakses pada tanggal 25 Februari 2017).
- Ikoma T, Kobayashi H, Tanaka J, Walsh D, Mannb S. 2003a. Microstructure, Mechanical, and Biomimetic Properties of Fish Scales from *Pagrus major*. *Journal of Structural Biology*. 142: 327-333.
- Ikoma T, Kobayashi H, Tanaka J, Walsh D, Mannb S. 2003b. Physical properties of type I collagen extracted from fish scales of *Pagrus major* and *Oreochromis niloticas*. *International Journal of Biological Macromolecules*. 32: 199-204.
- Jamilah B, Umi Hartina MR, Mat Hashim D, Sazili AQ. 2013. Properties of collagen from barramundi (*Lates calcarifer*) skin. *International Food Research Journal*. 20(2): 835-842.
- Jaswir I, Monsur HA, Salleh HM. 2011. Nano-structural analysis of fish collagen extracts for new process development. *African Journal of Biotechnology*. 10(81): 18847-18854.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2018a. *Satu data produksi kelautan dan perikanan tahun 2017*. Jakarta (ID): Pusat Data, Statistik, dan Informasi Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2018b. *Kelautan dan perikanan dalam angka tahun 2018*. Jakarta (ID): Pusat Data, Statistik, dan Informasi Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Liu H, Huang K. 2016. Structural Characteristics of extracted collagen from tilapia (*Oreochromis mossambicus*) bone: effect of ethylenediaminetetraacetic acid solution and hydrochloric acid treatment.

- International Journal of Food Properties*. 19: 63-75.
- Mahboob S. 2015. Isolation and characterization of collagen from fish waste material-skin, scales and fins of *Catla catla* and *Cirrhinus mrigala*. *Journal of Food Science and Technology*. 52(7): 4296-4305.
- Marousek J, Marouskova A, Myskova K, Vachal J, Vochozka M, Zak J. 2015. Techno-economic assesment of collagen casings waste management. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 12(10): 3385-3390.
- Muralidharan N, Shakila RJ, Sukumar D, Jeyasekaran G. 2013. Skin, bone, and muscle collagen extraction from the trash fish, leather jacket (*Odonus niger*) and their characterization. *Journal of Food Science and Technology*. 50(6): 1106-1113.
- Nalinanon S, Benjakul S, Kishimura H, Osako K. 2011. Type I collagen from the skin of ornate threadfin bream (*Nemipterus hexodon*): characteristics and effect of pepsin hydrolysis. *Food Chemical*. 125: 500-507.
- Pamungkas BF, Supriyadi, Murdiati A, Indrati R. 2018. Ekstraksi dan karakterisasi kolagen larut asam dan pepsin dari sisik haruan (*Channa striatus*) kering. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(3): 513-521.
- Pang S, Chang YP, Woo KK. 2013. The Evaluation of the suitability of fish wastes as a source of collagen. *2nd International Conference on Nutrition and Food Sciences*. 53: 77-81.
- Peng Y, Glauttauer V, Werkmeister JA, Ramshaw J. 2004. Evaluation for collagen products for cosmetic application. *Journal of Cosmetic Science*. 55(4): 327-341.
- Priyadarshini B, Xavier KAM, Nayak BB, Dhanapal K. 2017. Instrumental quality attributes of single washed surimi gels of tilapia: effect of different washing media. *Food Science and Technology*. 86: 385-392.
- Schmidt MM, Dornelles RCP, Mello R, Kubota EH, Mazutti M, Kempka AP, Demiate IM. 2016. Collagen extraction process. *International Food Research Journal*. 23(3): 913-922.
- Shon J, Ji-Hyun E, Hwang SJ, Jong-Bang E. 2011. Effect of processing conditions on functional properties of collagen powder from skate (*Raja kenoei*) skins. *The Journal of Food Science Biotechnology*. 20(1): 99-106.
- Sotelo CG, Comesana MB, Ariza PR, Perez-Martin RI. Characterization of collagen from different discarded fish species of the west coast of the Iberian Peninsula. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 25(3): 388-399.
- Subhan F, Kang HY, Lim Y, Ikram M, Baek SY, Jin S, Jeong YH, Kwak JY, Yoon S. 2017. Fish scale collagen peptides protect against CoCl₂/TNF- α -induced cytotoxicity and inflammation via inhibition of ROS, MAPK, and NF- κ B pathways in HaCaT cells. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2017:1-17.
- Suptijah P, Indriani D, Wardoyo SE. 2018. Isolasi dan karakterisasi kolagen dari kulit ikan patin (*Pangasius sp.*). *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*. 8(1): 8-23.
- Veeruraj A, Arumugam M, Balasubramanian T. 2013. Isolation and characterization of thermostable collagen from the marine eel-fish (*Evenchelys macrura*). *Process Biochemistry*. 48(10): 1592-1602.
- Wang I, Liang Q, Wang Z, Xu J, Liu Y, Ma H. 2014. Preparation and characterisation of type I and V collagens from the skin of Amur Sturgeon (*Acipenser schrenckii*). *Food Chemistry*. 148: 410-414.