

KARAKTERISASI GLIKOSAMINOGLIKAN DARI TULANG RAWAN IKAN PARI AIR LAUT (*Neotrygon kuhlii*) DAN PARI AIR TAWAR (*Himantura signifer*)

Characterisation of Glycosaminoglycan from Marine Skate (Neotrygon kuhlii) and Freshwater Skate (Himantura signifer) Cartilage

Bambang Riyanto*, Tati Nurhayati, Andri Dwi Pujiastuti

Departemen Teknologi Hasil Perairan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga, Jl. Agatis, Bogor 16680 Jawa Barat
Telp. (0251) 8622909-8622907, Fax (0251) 8622907
*Korespondensi: e-mail: bambangriyanto.ipb@gmail.com
Diterima 29 Oktober 2013/Disetujui 3 Desember 2014

Abstract

Skate is a great commodity of fisheries in Indonesia, however it has been less utilized. Stingray cartilaginous tissue contains glycosaminoglycan, which has been widely utilized in osteoarthritis therapy. The aim of this study was to characterize glycosaminoglycan from marine stingray (*Neotrygon kuhlii*) and freshwater stingray (*Himantura signifer*) cartilage. FTIR spectra showed similar pattern with chondroitin sulphate. Concentration of glycosaminoglycan from marine stingray cartilage was 74.767 mg/100 mL, and higher than that in freshwater stingray which was 66.767 mg/100 mL.

Keywords: chondroitin sulphate, glycosaminoglycan, *Himantura signifer*, *Neotrygon kuhlii*, osteoarthritis

Abstrak

Ikan pari merupakan komoditas perikanan yang populasinya besar di Indonesia, tetapi pemanfaatannya belum optimal. Jaringan tulang rawan ikan pari mengandung molekul glikosaminoglikan dan telah dimanfaatkan dalam terapi osteoarthritis. Tujuan penelitian ini adalah menentukan karakteristik glikosaminoglikan dari tulang rawan ikan pari air laut (*Neotrygon kuhlii*) dan pari air tawar (*Himantura signifer*). Spektrum FTIR memperlihatkan pola yang sama dengan kondroitin sulfat. Konsentrasi glikosaminoglikan pada pari air laut adalah 74,767 mg/100 mL, konsentrasi ini lebih tinggi dibandingkan dari ikan pari air tawar, yaitu 66,767 mg/100 mL.

Kata kunci: glikosaminoglikan, *Himantura signifer*, kondroitin sulfat, *Neotrygon kuhlii*, osteoarthritis

PENDAHULUAN

Ikan pari merupakan komoditas perairan Indonesia dengan populasi yang besar. Ikan ini merupakan kelompok ikan bertulang rawan kelas Chondrichthyes (Nelson 1994). Indonesia tercatat sebagai negara dengan pemanfaatan ikan bertulang rawan terbesar di dunia, dengan dugaan hasil tangkapan sebesar 118.000 ton pada tahun 2008 yang saat itu, total tangkapan pari dunia mencapai 736.491 ton (FAO 2008). Jumlah hasil tangkapan tersebut menempatkan Indonesia sebagai negara ke tiga terbesar penangkap

ikan pari dunia, menggantikan Amerika Serikat. White *et al.* (2006) menyatakan bahwa ikan pari hasil tangkapan biasanya dibuang atau diambil kulitnya saja. Sebanyak 171 jenis ikan *elasmobranchii* yang terdiri dari 68 genus dan 34 famili yang ditemukan di dunia berasal dari perairan tawar dan muara sungai. Keanekaragaman dan kelimpahan ikan *elasmobranchii* air tawar dan muara sungai tertinggi ditemukan di negara-negara tropis (Tsuguo 1999).

Kondroitin sulfat selama ini diekstraksi dari jaringan struktur tulang ikan hiu

(Grossfeld 1963; Sim 2007), kulit cumi-cumi (Radhakrishnamurthy *et al.* 1970), tulang salmon (Uchisawa *et al.* 2001), tulang sturgeon (Zheng *et al.* 2008), dan kulit teripang (Chen *et al.* 2011). Menurut Murado *et al.* (2007), 80% tubuh ikan pari tersusun atas tulang rawan. Lignot *et al.* (2003) memaparkan bahwa jaringan tulang rawan ikan pari mengandung molekul glikosaminoglikan, terutama kondroitin sulfat. Glikosaminoglikan pada tulang rawan ikan pari terikat secara kovalen dengan protein membentuk kompleks proteoglikan yang menempel pada jaringan fibril kolagen. Porter *et al.* (2006) menyatakan kadar kolagen dan proteoglikan pada tulang rawan pari masing-masing adalah sekitar 17,4% dan 19,6%.

Glikosaminoglikan sangat penting untuk kesehatan sendi. Garnjanagoonchorn *et al.* (2007) menyatakan bahwa glikosaminoglikan, terutama kondroitin sulfat, telah dimanfaatkan dalam terapi osteoarthritis. Simanek *et al.* (2005) memaparkan bahwa kondroitin sulfat mampu mencegah osteoarthritis, karena dapat meningkatkan sintesis proteoglikan oleh kondrosit dan menyediakan substansi-substansi yang penting bagi perbaikan matriks ekstraseluler tulang rawan. Ronca *et al.* (1998) menyatakan bahwa kondroitin memiliki aktivitas antiinflamasi, mampu menurunkan fagositosis, menghambat sekresi berbagai enzim degradatif serta melindungi membran sel dari oksigen reaktif. Adebowale *et al.* (2000) menjelaskan osteoarthritis diasosiasikan sebagai penyakit akibat perubahan struktur dan fungsi persendian yang disebabkan oleh hilangnya keseimbangan antara sintesis dan degradasi makromolekul pada sendi. Menurut Pearle *et al.* (2005), proses osteoarthritis diduga juga berkaitan erat dengan berkurangnya kadar dan komposisi proteoglikan pada tulang. Simanek *et al.* (2005) menjelaskan bahwa osteoarthritis muncul karena meningkatnya kadar matriks metalloproteinase, yang memiliki aktivitas degradatif terhadap protein jaringan ikat, yaitu kolagen, elastin, proteoglikan dan laminin. Hal

ini menyebabkan ketidakmampuan sel tulang rawan dalam membentuk kembali matriks ekstraseluler yang penting bagi kesehatan sendi, sehingga terjadilah kerusakan sendi yang merupakan awal dari osteoarthritis. Penyakit ini telah menjangkit lebih dari 40 juta warga Amerika, menurut Pearle *et al.* (2005) sekitar 10% orang dewasa berumur lebih dari 50 tahun mengalami osteoarthritis di Amerika.

Schneider *et al.* (2012) menyatakan bahwa sodium kondroitin sulfat telah diproduksi secara komersial dalam bentuk suplemen pangan. Kondroitin sulfat tersebut berasal dari trakea sapi atau tulang rawan unggas. Structum® merupakan contoh produk kondroitin sulfat komersial dengan bahan baku tulang rawan unggas. Produk ini diterima secara internasional sejak tahun 1993. Penjualan glukosamin dan kondroitin sulfat diduga lebih dari 500 juta kemasan selama pertengahan tahun 1998 dan 1999. Menurut NPS (2003), glikosaminoglikan secara luas telah dimanfaatkan dalam terapi osteoarthritis, dengan tingkat asupan untuk orang dewasa 800-1.200 mg per hari.

Teknologi dan keilmuan ekstraksi kondroitin sulfat telah banyak dikembangkan. Einbinder dan Schubert pada tahun 1950 melakukan proses pemisahan kondroitin sulfat dari tulang rawan dengan menggunakan larutan alkali. Volpi (1996) melakukan fraksinasi bertahap dengan larutan metanol, etanol dan propanol, kemudian dianalisis menggunakan *agarose-gel* elektroforesis dan densitometer. Teknologi ekstraksi kondroitin sulfat juga dikembangkan Lignot *et al.* (2003), dengan ekstraksi enzimatis dan pemurnian menggunakan ultrafiltrasi. Garnjanagoonchorn *et al.* (2007) melakukan ekstraksi secara enzimatis, namun disertai pemurnian dengan *cetylpyridinium chloride*. Murado *et al.* (2007) mengembangkan metode ekstraksi enzimatis dan optimasi proses dengan hidrolisis alkalin hidroalkohol. Ekstraksi menggunakan enzim juga dilakukan Nakano (2012) yang menggunakan enzim proteolitik dari pepaya, pankreas, buah

kiwi dan *flavourzyme*, kemudian dipadukan dengan *anion-exchange chromatography* dan presipitasi konsentrasi etanol yang berbeda.

Lignot *et al.* (2003) melakukan ekstraksi enzimatis dan pemurnian menggunakan ultrafiltrasi terhadap tulang rawan berbagai jenis pari dan menghasilkan kondroitin sulfat dengan konsentrasi berkisar 1,3 g/100 mL. Penelitian lain juga dilakukan Garnjanagoonchorn *et al.* (2007), dengan mengekstrak kondroitin sulfat dari sirip hiu dan tulang rawan pari (*Dasyatis zugei*) menggunakan ekstraksi enzimatis dan pemurnian *cetylpyridinium chloride*, yang menghasilkan dari masing-masing sumber bahan baku adalah 1,5 g/100 mL dan 0,749 g/100 mL.

Melihat besarnya tangkapan ikan pari dan belum adanya pemanfaatan ikan pari air tawar di Indonesia serta tingginya permintaan akan glikosaminoglikan, terutama kondroitin sulfat untuk terapi osteoarthritis, maka penelitian karakterisasi glikosaminoglikan tulang rawan ikan pari air laut dan ikan pari air tawar ini sangat penting dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan karakteristik glikosaminoglikan tulang rawan ikan pari air laut (*N. kuhlii*) dan pari air tawar (*H. signifer*).

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah ikan pari air tawar (*H. signifer*) segar yang diperoleh dari hasil tangkapan di Sungai Rupit, Sumatera Selatan yang dibawa menggunakan sistem rantai dingin (pemberian es dalam wadah *styrofoam*) berukuran diameter sekitar 50 cm, ikan pari air laut (*N. kuhlii*) yang dibeli dari pedagang ikan Pasar Gunung Batu Bogor dengan asal Pasar Ikan Muara Angke Jakarta berukuran diameter sekitar 30 cm, enzim papain dengan aktivitas 1072 unit/g, asam trikloroasetat (TCA) *for analysis* tingkat kemurnian $\geq 99,5\%$ (Merck), kantong dialisis ukuran 12 kDa, *methylene blue for analysis*, kondroitin sulfat *for analysis* dengan bahan trakea sapi tingkat kemurnian $\geq 60\%$ (Sigma Aldrich) dan kertas indikator pH.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan dengan tingkat ketelitian 0,001 g, panci kapasitas ± 4 L, oven listrik (merek Yamato tipe DV 41 AC suhu maksimum 290°C), termometer skala 100°C, *centrifuge* (merek Sorvall Ultra Pro-80 dengan kecepatan maksimum 80.000 rpm, *speed control accuracy* ± 100 rpm), MAG-MIXER *magnetic stirrer* (tipe MH-61 AC dengan voltase 100 V, daya 250 W dan suhu maksimum 300°C), *multiple dialyzer* merek Pyrex kapasitas 4 L, spektrofotometer UV-Vis RS Spectrophotometer UV-2500 dengan panjang gelombang 200-1.000 nm, Waters Breeze HPLC *system* (dengan panjang gelombang 190-700 nm, kolom AccQtag 3,9x150 mm, suhu kolom 37°C, dan detector *fluorescence*), serta Bruker Tensor 37 FT-IR *Spectrometer* (sumber sinar mid-IR 4.000-400 cm^{-1} , *beamsplitter* KBr, *detektor mercury-cadmium-telluride* (MCT)).

Metode Penelitian

Penelitian terdiri atas dua tahap, yaitu preparasi dan karakterisasi tulang rawan ikan pari serta ekstraksi enzimatis glikosaminoglikan. Preparasi tulang rawan ikan pari mengacu Mizuta *et al.* (2003) dan karakterisasi tulang rawan ikan pari mengacu Kittiphattanabawon *et al.* (2010) yaitu berupa analisis kadar air dan abu (AOAC 2005) serta komposisi asam amino dengan metode *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Ekstraksi tulang rawan dilakukan secara enzimatis mengacu Lignot *et al.* (2003), dimana sampel tulang rawan yang telah dikeringkan sebanyak 11,25 g ditambahkan enzim papain sebanyak 0,25 g. Ekstraksi berlangsung pada pH 6,5 dan suhu $\pm 65^\circ\text{C}$ selama 3 jam (kondisi efektif terhadap waktu dan hasil ekstraksi berdasarkan Lignot *et al.* (2003) yang telah dikembangkan Scott (1969) untuk menghasilkan kondroitin sulfat dengan konsentrasi berkisar 1,3 g/100 mL serta berdasarkan Garnjanagoonchorn *et al.* (2007) pada ekstraksi enzimatis kondroitin sulfat dari sirip hiu dan tulang rawan pari (*Dasyatis zugei*) dengan konsentrasi kondroitin sulfat

yang dihasilkan dari masing-masing sumber sebesar 1,5 g/100 mL dan 0,749 g/100 mL.

Pemisahan protein yang dilakukan mengacu Garnjanagoonchorn *et al.* (2007) yaitu pada hasil ekstraksi ditambahkan asam trikloroasetat (TCA) hingga konsentrasinya mencapai 7% (b/v) untuk dipisahkan proteinnya. Campuran tersebut didiamkan semalam pada suhu 4°C, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 132.000 x g selama 30 menit pada suhu 4°C untuk memisahkan protein yang mengendap. Supernatan yang dihasilkan dari proses ini selanjutnya didialisis dalam aquades dingin selama 24 jam. Proses ini bertujuan memisahkan glikosaminoglikan (GAGs) dari garam-garam yang masih tercampur dalam larutan. Konsentrasi glikosaminoglikan diuji dengan spektrofotometri menggunakan *sulfate GAGs assay* yang mengacu Jong *et al.* (1989) dan Zhou *et al.* (2002) yang dimodifikasi serta analisis spektrofotometri *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) (Garnjanagoonchorn *et al.* 2007).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air dan Abu Tulang Rawan Ikan Pari

Hasil analisis kadar air tulang rawan ikan pari air laut dan ikan pari air tawar adalah berkisar antara (70,26±0,453)% dan (72,905±0,361)% dan kadar abu berkisar (11,255±0,460)% sampai (15,115±0,573)% (Tabel 1). Hasil analisis tersebut cenderung sama dengan tulang rawan ikan pari jenis *Dasyatis zugei* yaitu kadar air sebesar 65,28% dan kadar abu sebesar 17,12% (Garnjanagoonchorn *et al.* 2007). Analisis terhadap kadar air memperlihatkan bahwa air merupakan komponen terbanyak yang terdapat dalam tulang rawan ikan pari.

Dugaan ini kemungkinan peran keberadaan proteoglikan pada tulang rawan, dimana proteoglikan bersifat hidrofilik sehingga memiliki kemampuan mengikat air (Porter *et al.* 2006). Pearle *et al.* (2005) juga memaparkan bahwa air merupakan komponen terbanyak pada tulang rawan, jumlahnya berkisar (65-80)% dari berat basah tulang rawan.

Analisis terhadap kadar air dan kadar abu memperlihatkan bahwa ikan pari air tawar memiliki kadar air yang lebih besar serta kadar abu yang lebih rendah dari pari air laut. Kadar air tulang rawan ikan pari air tawar sebesar (72,905±0,361)%, sedangkan kadar air tulang rawan ikan pari air laut sebesar (70,26±0,453)%. Kadar abu tulang rawan ikan pari air tawar sebesar (11,255±0,460)% sedangkan kadar abu tulang rawan ikan pari air laut sebesar (15,115±0,573)%. Perbedaan kadar abu tersebut diduga karena kondisi adaptasi dengan lingkungan hidupnya melalui pengaturan tekanan osmotik tubuhnya yang bersifat hiperosmotik (Ip *et al.* 2009). Dugaan ini juga disampaikan Walker (2005), kadar abu yang lebih tinggi pada tulang rawan ikan pari air laut diduga sebagai akibat tingginya proses mineralisasi pada tulang rawan ikan pari air laut. Struktur kartilago ikan-ikan bertulang rawan diperkuat dan diperkeras melalui proses mineralisasi berbagai garam didepositkan menjadi tulang rawan. Yamada *et al.* (2011) menjelaskan bahwa proses sulfatisasi pada tulang rawan dipengaruhi oleh habitat suatu organisme hidup. Derajat sulfatisasi pada glikosaminoglikan meningkat dengan meningkatnya salinitas. Interaksi antar komponen matriks ekstraseluler terjadi pada habitat perairan dengan konsentrasi garam

Tabel 1 Kandungan kadar air dan abu tulang rawan ikan pari air laut (*N. kuhlii*) dan pari air tawar (*H. signifer*)

Parameter (%)	Tulang rawan ikan pari air laut (<i>N. kuhlii</i>)	Tulang rawan ikan pari air tawar (<i>H. signifer</i>)	Tulang rawan ikan pari jenis <i>Dasyatis zugei</i> (Garnjanagoonchorn <i>et al.</i> 2007)
Kadar air	70,26±0,45	72,905±0,36	65,28
Kadar abu	15,115±0,57	11,255±0,46	17,12

lebih tinggi. Qu (2007) menyatakan bahwa enzim tertentu menambahkan gugus ester sulfat ke gugus hidroksil tertentu untuk membentuk kondroitin sulfat.

Kandungan Asam Amino Tulang Rawan Pari

Asam amino tulang rawan ikan pari air laut dan tawar cenderung sama, namun secara komposisi kadarnya berbeda. Kadar asam amino pada tulang rawan ikan pari air tawar rata-rata lebih tinggi dibandingkan kadar asam amino tulang rawan ikan pari air laut, dengan kadar tertinggi pada jenis asam amino glisin. Komposisi dan kadar asam amino tulang rawan ikan pari tersebut juga cenderung sama dengan ikan pari dari jenis *Raja kenoeji* (Mizuta *et al.* 2003) dan ikan hiu jenis *Carcharhinus limbatus* (Kittiphattanabawon *et al.* 2010) (Tabel 2).

Kittiphattanabawon *et al.* (2010) menjelaskan bahwa kandungan asam amino bervariasi tergantung pada spesies, lingkungan, dan suhu tubuh ikan. Asam amino yang paling banyak

terdapat pada tulang rawan pari air tawar maupun tulang rawan pari air laut adalah glisin. Semua jenis kolagen mengandung glisin sebagai asam amino utama serta kaya akan alanina, prolin, dan hidroksiprolin.

Bentuk Fisik Glikosaminoglikan Pari Air Laut dan Pari Air Tawar

Padatan glikosaminoglikan yang dihasilkan berbentuk butiran halus, berwarna putih agak kekuningan (Gambar 1). Warna tersebut diduga disebabkan oleh pengaruh panas dari proses evaporasi menggunakan evaporator vakum saat pengeringan sampel. Neville (2012) menjelaskan bahwa evaporator merupakan alat yang digunakan untuk mengevaporasi pelarut yang bersifat volatil atau mudah menguap, biasanya air, dari sebuah larutan dengan bantuan panas. Penelitian yang dilakukan oleh Nakano *et al.* (2001) dan Luo *et al.* (2002) ternyata dapat menghasilkan glikosaminoglikan dengan bentuk butiran halus berwarna putih.

Tabel 2 Kandungan asam amino tulang rawan ikan pari air laut (*N. kuhlii*) dan pari air tawar (*H. signifer*)

Parameter (%)	Tulang rawan pari air laut (<i>N. kuhlii</i>)	Tulang rawan pari air Tawar (<i>H. signifer</i>)	Tulang rawan <i>Raja Kenoeji</i> (Mizuta <i>et al.</i> 2003)	Tulang rawan hiu (<i>Carcharhinus limbatus</i>) (Kittiphattanabawon <i>et al.</i> 2010)
Asam aspartat	1,711	1,620	3,600	4,200
Serina	1,116	1,020	4,500	3,000
Asam glutamat	3,099	3,288	7,800	7,700
Glisina	4,062	5,061	35,400	31,700
Histidina	0,591	0,668	0,800	0,800
Arginina	2,544	3,304	5,000	5,400
Threonina	1,074	1,280	3,700	2,100
Alanina	0,994	1,104	11,500	11,900
Prolina	1,182	1,407	8,300	10,500
Sisteina	0,000	0,000	0,000	0,100
Tirosina	0,847	1,048	0,200	0,300
Valina	0,905	1,003	2,500	2,600
Metionina	0,859	0,947	1,000	1,400
Lisina	1,035	0,924	2,600	2,700
Isoleusina	0,810	0,878	1,800	1,900
Leusina	1,284	1,449	2,200	2,500
Fenilalanina	0,967	1,166	1,200	1,400



Gambar 1 Tampak visual tulang rawan ikan pari air laut (*N. kuhlii*) dan pari air tawar (*H. signifer*) serta padatan glikosaminoglikannya.

Konsentrasi Glikosaminoglikan Tulang Rawan Ikan Pari Air Laut dan Pari Air Tawar

Konsentrasi glikosaminoglikan tulang rawan ikan pari air laut yang dihasilkan adalah $(74,767 \pm 6,35)$ mg/100 mL dan pari air tawar adalah $(66,767 \pm 6,11)$ mg/100 mL. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tulang rawan ikan pari air laut lebih tinggi dibandingkan konsentrasi glikosaminoglikan tulang rawan ikan pari air tawar. Perbedaan ini diduga dari pengaruh perbedaan habitat atau tempat hidup kedua spesies tersebut. Menurut Yamada *et al.* (2011); Qu (2007), pada kadar air dan kadar abu akibat perbedaan habitat, bahwa jumlah glikosaminoglikan bersulfat meningkat sesuai derajat salinitas perairan, kemudian melalui enzim tertentu gugus ester sulfat ditambahkan pada gugus hidroksil tertentu untuk selanjutnya membentuk kondroitin sulfat.

Spektrum Glikosaminoglikan Tulang Rawan Ikan Pari Air Laut dan Pari Air Tawar

Spektrum FTIR glikosaminoglikan ikan pari air laut dan air tawar memperlihatkan bagian puncak maupun serapannya secara keseluruhan cenderung mirip (Tabel 3). Creswell *et al.* (2005) menyampaikan bahwa rentang bilangan gelombang frekuensi regang O-H adalah $(3.750-3.000)$ cm^{-1} . Regang O-H pada glikosaminoglikan ikan pari air laut dan pari air tawar menimbulkan pita absorpsi yang lebar dan kuat masing-masing pada bilangan gelombang $3.430,99$ cm^{-1} dan $3.417,27$ cm^{-1} .

Gugus amida diidentifikasi dengan adanya pita serapan yang terbentuk

oleh gugus C=O. Creswell *et al.* (2005) menyatakan bahwa regang C=O menandakan adanya gugus asam, aldehida, keton, amida, ester, serta anhidrida dan menimbulkan pita serapan pada bilangan gelombang 1.900 cm^{-1} – 1.650 cm^{-1} . Spektrum FTIR glikosaminoglikan ikan pari air laut dan pari air tawar menunjukkan adanya gugus amida masing-masing pada bilangan gelombang $1.657,91$ cm^{-1} dan $1.653,83$ cm^{-1} . Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan Cavalcanti *et al.* (2005), gugus amida kondroitin sulfat ditandai dengan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 1.644 cm^{-1} – 1.660 cm^{-1} .

Gugus penting lain yang dapat diidentifikasi adalah galaktosa-6-sulfat yang menandakan adanya kemiripan struktur molekul sampel uji dengan kondroitin-6-sulfat. Garnjanagoonchorn *et al.* (2007) memaparkan bahwa gugus D-galaktosa-6-sulfat diidentifikasi melalui terbentuknya pita serapan yang kuat pada bilangan gelombang 826 cm^{-1} . Adanya pita kuat di daerah 826 cm^{-1} pada spektrum inframerah suatu senyawa merupakan petunjuk kuat adanya gugus galaktosa-6-sulfat pada senyawa tersebut. Hasil analisis spektrum FTIR glikosaminoglikan ikan pari air laut dan pari air tawar menunjukkan adanya pita serapan pada bilangan gelombang masing-masing $833,03$ cm^{-1} dan $833,86$ cm^{-1} .

KESIMPULAN

Glikosaminoglikan berhasil diekstrak dari tulang rawan ikan pari air laut dan tulang rawan ikan pari air tawar melalui ekstraksi enzimatis

Tabel 3 Perbandingan nilai serapan FTIR glikosaminoglikan ikan pari air laut (*N. kuhlii*) dan ikan pari air tawar (*H. signifer*)

Sampel Glikosaminoglikan	Serapan daerah bilangan gelombang (cm ⁻¹)		
	Regang O-H	Regang amida	Galaktosa-6-sulfat
Pari air laut	3.430,99 (lebar, kuat)	1.657,91 (kuat)	833,03 (sedang)
Pari air tawar	3.417,27 (lebar, kuat)	1.653,83 (kuat)	833,86 (sedang)

dengan papain. Konsentrasi glikosaminoglikan berkisar antara (66,767±6,11) mg/100 mL dan (74,767±6,35) mg/100 mL, dengan konsentrasi glikosaminoglikan ikan pari air laut yang lebih tinggi dibandingkan ikan pari air tawar. Pita serapan FTIR memiliki pola yang hampir mirip dengan kondroitin sulfat sehingga diindikasikan jenis glikosaminoglikan adalah kondroitin sulfat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale AO, Cox DS, Liang Z, Eddington ND. 2000. Analysis of glucosamine and kondroitin sulfate content in marketed products and the caco-2 permeability of kondroitin sulfate raw materials. *Journal of American Nutraceutical Association* 3(1): 37-44.
- [AOAC] Association of Official Analytical and Chemistry. 2005. *Officials Methods of Analysis 18th Edition*. Maryland: Association of Official Analytical and Chemistry Inc.
- Cavalcanti OA, Silva CC, Pineda EAG, Hechenleitner AAW. 2005. Synthesis and characterization of phosphate crosslinked kondroitin sulfate: potential ingredient for specific drug delivery. *Journal of Acta Farmaceutica Bonaerense* 24(2): 234-238.
- Chen S, Xue C, Yin L, Tang Q, Yu G, Chai W. 2011. Comparison of structures and anticoagulant activities of fucosylated kondroitin sulfates from different sea cucumbers. *Journal of Carbohydrate Polymers* 83(2): 688-696.
- Creswell CJ, Runquist OA, Campbell MM. 2005. *Analisis Spektrum Senyawa Organik Edisi 3*. Diterjemahkan oleh: Padmawinata K, dan Soediro I. Bandung: Penerbit ITB.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2008. *Fishery and Aquaculture Statistic*. Food and Agriculture Organization of United Nations. Rome.
- Garnjanagoonchorn W, Wongekalak L, Engkagul A. 2007. Determination of kondroitin sulfate from different sources of cartilage. *Chemical Engineering and Processing Journal* 46: 465-471.
- Grossfeld H. 1963. Production of kondroitin sulfate in tissue culture of cartilage. *Journal of Biochimica et Biophysica Acta* 74: 193-197.
- Husnah. 2009. Sudahkah anda tahu? Jenis dan sebaran ikan elasmobranchii di perairan sungai Musi. Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Kementrian Kelautan dan Perikanan.
- Ip YK, Loong AM, Ching B, Tham GHY, Wong WP, Chew SF. 2009. The freshwater Amazonian stingray, *Potamotrygon motoro*, up-regulates glutamine synthetase activity and protein abundance, and accumulates glutamine when exposed to brackish (15 ‰) water. *The Journal of Experimental Biology* 212: 3828-3836.
- Jong JGN, Wevers RA, Laarakkers C, Poorthuis BJHM. 1989. Dimethylmethylene blue-based spectrophotometry of glycosaminoglycans in untreated urine: A rapid screening procedure for mucopolysaccharidoses. *Journal of Clinical Chemistry* 35(7): 1472-1477.
- Kittiphattanabawon P, Benjakul S, Visessanguan W, Shahidi F. 2010. Isolation and characterization of collagen from the cartilages of brownbanded

- bamboo shark (*Chiloscyllium punctatum*) and blacktip shark (*Carcharhinus limbatus*). *Journal of Food Science and Technology* 43: 792-800.
- Lignot B, Lahogue V, Bourseau P. 2003. Enzymatic extraction of chondroitin sulfate from skate cartilage and concentration-desalting by ultrafiltration. *Journal of Biotechnology* 103: 281-284.
- Luo XM, Fosmire GJ, Leach RM. 2002. Chicken keel cartilage as a source of chondroitin sulfate. *Journal of Poultry Science* 81: 1086-1089.
- Mizuta S, Hwang JH, Yoshinaka R. 2003. Molecular species of collagen in pectoral fin cartilage of skate (*Raja kenoei*). *Journal of Food Chemistry* 80: 1-7.
- Murado MA, Fraguas J, Montemayor MI, Vazquez JA, Gonzalez P. 2007. Preparation of highly purified chondroitin sulfate from skate (*Raja clavata*) cartilage by-products. Process optimization including a new procedure of alkaline hydroalcoholic hydrolysis. *Biochemical Engineering Journal* 49: 126-132.
- Nakano T, Ikawa N, Ozimek L. 2001. Extraction of glycosaminoglycans from chicken eggshell. *Journal of Poultry Science* 80: 681-684.
- Nakano T, Pietrasik Z, Ozimek L, Betti M. 2012. Extraction, isolation and analysis of chondroitin sulfate from broiler chicken biomass. *Journal of Process Biochemistry* 50: 607-612.
- Nelson JS. 1994. *Fishes of The World Third Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 600 p.
- Neville D. 2012. *Swenson Evaporators*. Canada: Whiting Equipment Canada Inc.
- [NPS] National Prescribing Service Limited. 2003. *Glucosamine and chondroitin in osteoarthritis*. Australia: National Prescribing Service Limited.
- Pearle AD, Warren RF, Rodeo SA. 2005. Basic science of articular cartilage and osteoarthritis. *Journal of Clinical Sports Medicine* 24: 1-12.
- Pereira L, Sousa A, Coelho H, Amado AM, Claro PJA. 2003. Use of FTIR, FT-Raman and ¹³C-NMR spectroscopy for identification of some seaweed phycocolloids. *Journal of Biomolecular Engineering* 20: 223-228.
- Porter ME, Beltran JL, Koob TJ, Summers AP. 2006. Material properties and biochemical composition of mineralized vertebral cartilage in seven elasmobranch species (chondrichthyes). *Journal of Experimental Biology* 209: 2920-2928.
- Qu C. 2007. Articular cartilage proteoglycan biosynthesis and sulfation. [disertasi]. Finlandia: Fakultas Kedokteran, Universitas Kuopio.
- Radhakrishnamurthy B, Srinivasan SR, Dalferes ER, Berenson GS. 1970. Composition of glycopeptides from chondroitin sulfate-protein complex from squid skin. *Journal of Comparative Biochemistry and Physiology* 36(1): 107-117.
- Ronca F, Palmieri L, panicucci P, Ronca G. 1998. Anti-inflammatory activity of chondroitin sulphate. *Journal of Osteoarthritis Cartilage* 6: 14-21.
- Scott JE. 1969. Aliphatic ammonium salts in the assay of acidic polysaccharides from tissues. *Methods of Biochemical Analysis Journal* 8: 145-197.
- Schneider H, Maheu E, Cucherat M. 2012. Symptom-modifying effect of chondroitin sulfate in knee osteoarthritis: a meta-analysis of randomized placebo-controlled trials performed with structum®. *The Open Rheumatology Journal* 6: 183-189.
- Sim JS, Im AR, Cho SM, Jang HJ, Jo JH, Kim YS. 2007. Evaluation of chondroitin sulfate in shark cartilage as a dietary supplement: raw materials and finished products. *Journal of Food Chemistry* 101(2): 532-539.
- Simanek V, Kren V, Ulrichova J, Gallo J. 2005. The efficacy of glucosamine and chondroitin sulfate in the treatment of osteoarthritis: are these saccharides drugs or nutraceuticals? *Biomedical Journal*. 149(1): 51-56.
- Tsuguo O. 1999. Research on the elasmobranchii recent trends study on the freshwater elasmobranchii fresh water adaptation

- of the freshwater elasmobranchii and the Sr:Ca ratio of the ear crystal. *Journal of Kaiyo Monthly* 4(1): 173-180.
- Uchisawa H, Okusaki B, Ichita J, Matsue H. 2001. Binding between calcium ions and chondroitin sulfate chains of salmon nasal cartilage glycosaminoglycan. *Journal of International Congress Series* 1223: 205-220.
- Volpi N. 1996. Purification of heparin, dermatan sulfate and chondroitin sulfate from mixtures by sequential precipitation with various organic solvents. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications* 685(1): 27-34.
- Walker TI. 2005. *General Biology of Chondrichthyan Fishes*. Victoria Australia: Marine and Freshwater Systems, Primary Industries Research.
- White WT, Last PR, Stevens JD, Yearsley GK, Fahmi, Darmadi. 2006. *Economically Important Sharks & Rays*. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research.
- Yamada Shuhei, Sugahara K, Özbek S. 2011. Evolution of glycosaminoglycans comparative biochemical study. *Journal of Communicative & Integrative Biology* 4(2): 150-158.
- Zheng J, Tian Y, Guan R. 2008. Characteristics of denaturated chondroitin sulfate from sturgeon. *Journal of biotechnology* 136: 597.
- Zhou SG, Jiao QC, Chen L, Liu Q. 2002. Binding interaction between chondroitin sulfate and methylene blue by spectrophotometry. *Spectroscopy letters*. 35(1):21-29.