



Pangan fungsional dan nutrasetikal dari laut: Prospek dan tantangannya

Marine functional food and nutraceutical: Prospects and challenges

Evi Amelia Siahaan¹, Ratih Pangestuti^{2*}

¹Balai Bio Industri Laut-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Lombok Utara-NTB 83352, Republik Indonesia; ²Pusat Penelitian Oseanografi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Jl. Pasir Putih 1 Ancol Timur Jakarta Utara 14430. * Email korespondensi : ratih.pangestuti@lipi.go.id; pangesturth@yahoo.com

Abstract. *The marine environment is a rich sources of natural bioactive compounds which are not used optimally. It has been established that marine organisms contain a unique physicochemical characteristic that is very valuable to be applied for food industry and pharmaceutical. Recently, numerous study have been shown that compounds extracted from marine organisms possess various biological activities, including anticoagulant, anticancer and hypocholesterolemic. Moreover, fish oil and marine bacteria have been claimed as a source of omega-3 while crustaceans and seaweeds contained carotenoids and phenolic compounds. Based on a variety of biological activities of marine organisms, this review focuses on the potential use of marine-derived compounds as functional food ingredients and nutraceutical including some consideration of barriers for their application.*

Keywords: *Marine, Functional food, Nutraceutical, Prospect, Barrier*

Abstrak. Laut menyimpan sumber bahan fungsional yang relatif belum dimanfaatkan secara optimal. Karakteristik fisikokimianya yang kompleks dan tidak ditemukan pada biota *terrestrial*, menjadikan bahan fungsional laut potensial untuk diaplikasikan dalam berbagai aspek seperti pengolahan makanan, pengawetan, fortifikasi dan industri farmasi. Selain itu, banyak penelitian menunjukkan bahwa senyawa yang diekstrak dari biota laut memiliki aktivitas biologis yang beragam. Sebagai contoh, peptida yang diisolasi dari hidrolisat protein ikan serta fucans, galaktan dan alginat dari alga telah terbukti memiliki aktifitas antikoagulan, antikanker dan hipokolesterolemik. Selain itu, minyak ikan dan bakteri laut merupakan sumber yang asam lemak omega-3, sedangkan krustasea dan rumput laut mengandung senyawa antioksidan seperti karotenoid dan senyawa fenolik. Berdasarkan beragam aktifitas bioaktif yang terkandung pada bahan laut, review ini berfokus pada potensi senyawa laut sebagai bahan pangan fungsional dan nutrasetikal sekaligus tantangan dalam pemanfaatannya.

Kata Kunci: Laut, Pangan fungsional, Nutrasetikal, Prospek, Tantangan

Pendahuluan

Konsep pangan fungsional dan nutrasetikal dapat didefinisikan sebagai pangan atau komponen makanan yang berfungsi untuk meningkatkan kondisi ketahanan tubuh dan mengurangi resiko terjangkitnya berbagai macam penyakit (Honkanen, 2009; Siro *et al.*, 2008), dengan kata lain, pangan fungsional merupakan substansi bioaktif dari bahan alami yang difortifikasi ke dalam makanan sehingga makanan tersebut berpotensi untuk memberikan nilai kesehatan yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan produk makanan bernutrisi pada umumnya.

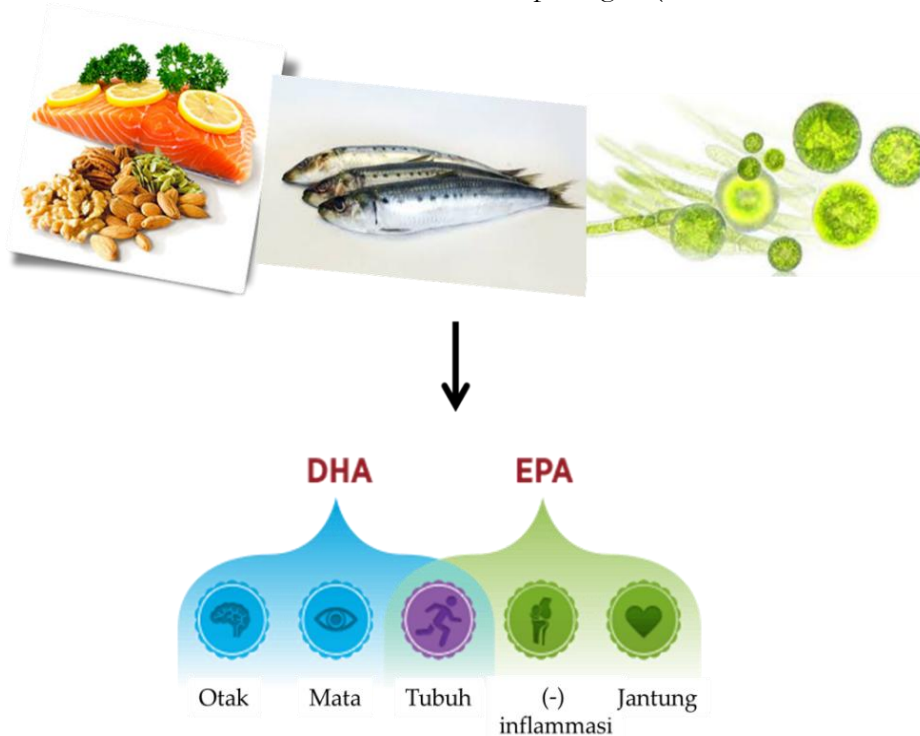
Ketertarikan peneliti mengenai pangan fungsional dan nutrasetikal dan sumber-sumber alam yang memiliki kandungan bioaktif saat ini semakin meningkat. Pada awalnya, sebagian besar produk pangan fungsional yang dipasarkan berasal dari tumbuhan, namun saat ini produk yang berasal dari organisme laut semakin diminati karena memiliki keistimewaan yang tidak dapat dijumpai pada sumber alam dari darat (Chong *et al.*, 2011). Organisme laut dapat hidup dalam lingkungan yang beragam sehingga untuk bertahan dari suhu, nutrisi, salinitas dan tekanan yang ekstrim; organisme tersebut beradaptasi dengan mensintesa senyawa bioaktif. Disamping itu, spesies laut yang meliputi sekitar setengah dari total



keanekaragaman hayati dunia, laut menawarkan sumber yang sangat besar dalam menghasilkan senyawa bioaktif baru (Rasmussen *et al.*, 2007; Plaza *et al.*, 2008). Hingga saat ini, lebih dari 10.000 senyawa bioaktif telah berhasil diisolasi dan diidentifikasi dari organisme laut. Semakin banyak penelitian yang berkaitan dengan kandungan bioaktif biota laut menunjukkan potensi laut sebagai sumber daya yang unik untuk menjadi bahan pangan fungsional. Sejumlah produk pangan fungsional baru yang menjanjikan telah diperkenalkan pada pasar pangan internasional.

Beberapa jenis senyawa bioaktif yang digunakan sebagai pangan fungsional dan memiliki khasiat yang sangat baik bagi tubuh dipaparkan pada Gambar 1 dan Tabel 1. Lebih lanjut Freitas *et al.* (2012) mengulas tentang kemajuan alat-alat bioteknologi yang digunakan untuk memproduksi senyawa bioaktif dari laut, termasuk enzim, yang digunakan pada industri makanan. Dengan begitu, senyawa bioaktif berfungsi sebagai nilai tambah penting pada nutrasetikal, produk kesehatan alami dan bahan untuk pangan fungsional yang dapat digunakan untuk meningkatkan kesehatan dan mengurangi resiko penyakit.

Omega-3 (asam lemak tak jenuh ganda atau polyunsaturated fatty acid yang biasa disingkat dengan PUFA) yang bersumber dari laut atau sumber lainnya sebagian besar adalah asam eikosapentanoat (EPA) dan asam dokosaheksanoat (DHA). Pada manusia, asam α -linolenat dapat dikonversi menjadi EPA dan DHA melalui tahap elongasi dan desaturasi. Namun secara umum, seafood merupakan sumber utama PUFA. Kandungan asam dokosapentanoat (DPA) pada minyak ikan relatif lebih kecil dibandingkan dengan EPA atau DHA. Namun, peran DPA sama pentingnya dengan peran EPA atau DHA. Banyak fakta membuktikan bahwa asam lemak omega-3 memberikan banyak manfaat pada kesehatan manusia. Uji pada hewan dan uji *in vitro* mengindikasikan bahwa asam lemak omega-3 mempengaruhi profil lipid pada darah, kesehatan jantung, komposisi membrane lipid, biosintesis eicosanoid, sistem koordinasi sel, dan ekspresi gen (Hoffmann *et al.*, 2009).



Gambar 1. Organisme laut (contoh: ikan dan mikroalga) sebagai sumber DHA dan EPA yang bermanfaat bagi manusia



Tabel 1. Bahan pangan fungsional dari laut dan manfaatnya

Jenis bahan	Senyawa bioaktif	Sumber	Manfaat
Asam lemak omega-3	EPA, DPA, DHA	Ikan, mamalia laut, alga.	Mencegah dan mengobati penyakit jantung koroner, hipertensi, diabetes, radang sendi dan inflamasi, penyakit autoimun, kanker, serta untuk penting untuk pertumbuhan dan perkembangan otak dan retina
Kitin/Kitosan	Kitosan dengan berat molekul rendah (BMR)/ kitin BMR, chitooligosaccharide (COS), chitooligosaccharide berat molekul tinggi (BMT), heterochitosan/heterochito oligosaccharide, sulphated hetero-COS, glukosamin	Kerang/tiram, kepiting, udang, lobster, krill dan pen pada cumi-cumi	Zat antimikroba, anti-inflamasi, antioksidan, antikarsinogenik, anti-nuklear, pencegahan dan pengobatan penyakit ginjal, pencegahan diabetes tipe II, sebagai serat makanan, sebagai makanan penurun berat badan, mengurangi jumlah kolesterol jahat
Protein	Hidrolisat protein, peptida bioaktif, enzim	Ikan (salmon, bonito, sardine, tuna, belut conger), krustase, moluska, alga	Zat antioksidan, anti-inflamasi, penghambat ACE, antikoagulan, antitumor, antibakteri, antihipertensi, opioid, imunomodulator, dan antitrombotik
Pigmen	Klorofil, α , β , ϵ -karoten, xantofil	Lobster, kepiting, salmon, kakap merah, tuna, trout, kerang hijau, cumi-cumi, octopus, herring atlantik, herring pasifik, alga, sponges, bintang laut, anemone laut, bulu babi, koral	Anti-inflamasi, antioksidan, anti-kanker, mencegah penyakit jantung dan penyakit neurodegenerative, imunomodulator
Fenolik/karbohidrat	Plorotanin, glutathion, alginat, karaginan, agar, fukoidan, fursellaran, laminaran	Mikroalga, makroalga	Anti-koagulan, antioksidan, melindungi jantung, anti-inflamasi, anti-tumor, anti-diabetes, anti-bakteri, mencegah beberapa penyakit vaskular

Sumber : Grienke *et al.* (2014); Hoffmann *et al.* (2009); Raafat and Sahl, (2009); Zhang *et al.* (2012); Ngo *et al.* (2010); Nagaoka *et al.* (2011).

Asam dokosaheksanoat (DHA) merupakan jenis PUFA yang memiliki rantai panjang yang paling melimpah pada jaringan otak dan retina mata. DHA terbentuk secara alami dalam ASI dan menjadi bagian yang sangat esensial bagi perkembangan otak dan mata bayi (Hoffmann *et al.*, 2009). Penjualan minyak ikan yang mengandung asam lemak omega-3 (EPA dan DHA) mengalami peningkatan penjualan 35-40% pada tahun 2005-2006. Selain terdapat pada ikan dan mamalia laut, omega-3 juga banyak terkandung pada beberapa jenis alga dan fungi laut. Saat ini DHA yang dihasilkan dari mikroalga dan sumber lain telah banyak dipasarkan. Ekstrak alga yang diperoleh seringnya mengandung satu jenis PUFA yang spesifik dibandingkan campuran dari beberapa jenis PUFA. Hal ini membuat ekstrak alga menjadi lebih bernilai dibandingkan dengan ekstrak ikan yang mengandung beberapa jenis PUFA (Tahergorabi *et al.*, 2013).



Kitin, Kitosan, Chito-Ologosakarida dan Glukosamin

Kitin adalah kandungan yang tersebar luas pada polisakarida laut, dan merupakan salah satu komponen utama pada cangkang krustase dan limbah kerang dengan struktur yang mirip dengan selulosa, yang dibentuk dari n-asetil-glukosamin (Meyers *et al.*, 2008). Berdasarkan berat keringnya, udang, kepiting, lobster dan ikan karang mengandung kitin berkisar antara 14 hingga 35%, sedangkan limbah cangkang kering krill antartika mengandung sekitar 40% kitin kasar. Karena daya larut kitin sangat rendah sehingga menghambat sebagian besar pemanfaatannya, maka ketika diisolasi, kitin dapat dideasetilasi untuk menghasilkan kitosan, yakni polimer kationik besar dengan aplikasi komersial yang luas di industri makanan, farmasi dan pengolahan limbah (Rasmussen *et al.*, 2007). Dalam praktiknya, kitin digunakan secara eksklusif sebagai bahan baku untuk memproduksi kitosan, oligosakarida, dan glukosamin. Kitin, kitosan dan turunannya banyak diaplikasikan dalam bidang pangan, termasuk pemanfaatannya sebagai material antimikroba, edible film, aditif, nutrasetikal dan pemurni air (Shahidi *et al.*, 1999).

Chito-oligosakarida merupakan salah satu jenis turunan dari kitosan yang dapat dihasilkan secara kimia atau dengan hidrolisis enzim kitosan. Saat ini, oligosakarida telah menarik banyak perhatian dalam hal aplikasinya yang luas dibidang farmasi dan kedokteran, dikarenakan karakternya yang tidak beracun, daya larut tinggi dan efek fisiologi positif seperti penghambat enzim ACE, antioksidan, antimikroba, antikanker, imunostimulan, hipokolesterolemik, hipoglikemik, dan antikoagulan (Wijesekara *et al.*, 2010).

Glukosamin terdapat pada jaringan ikat dan tulang rawan sebagai komponen glikosaminoglikan. Glukosamin telah banyak digunakan untuk mengobati osteoarthritis, penyakit sendi yang ditandai dengan degenarasi tulang rawan pada manusia (Nagaoka *et al.*, 2011).

Karotenoid dan Xantofil

Karotenoid memberikan warna kuning, oranye, dan merah pada kulit, cangkang, atau eksoskeleton pada hewan laut. Karotenoid juga terdapat pada berbagai jenis alga. Salah satu peran yang paling penting dari karotenoid adalah sebagai prekursor vitamin A pada hewan (Matsumoto *et al.*, 2010). Karotenoid bersifat larut dalam lemak dan terikat pada lipoprotein yang berbeda. Efek biologis dari karotenoid berkaitan dengan karakteristik antioksidan yang dimilikinya, yakni membentuk perlindungan untuk mencegah peroksidasi lipid, aterosklerosis, oksidasi DNA, dan kanker (Raghuveer *et al.*, 2009). Karotenoid telah diimplikasikan secara *in vitro* dan *in vivo* untuk mencegah kanker, pada hewan uji dan manusia, sebagai makanan fitonutrien yang memiliki aktivitas pencegah kanker pada paru-paru, usus besar, payudara dan kanker prostat (Das *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2009; Tapiero *et al.*, 2004).

Fukoxanthin merupakan karotenoid laut utama yang terdapat pada rumput laut cokelat. Penelitian telah menunjukkan bahwa fukoxanthin dapat menyembuhkan resistensi insulin dan menurunkan gula darah melalui sekresi sitokin dari jaringan adipose putih. Fukoxanthin dan metabolisemenya fukoxanthinol dan halocynthiaxanthi yang diisolasi dari kelompok Tunikata, *Halocynthia roretzi*, ditemukan dapat menghambat pertumbuhan sel leukemia pada manusia (HL-60), sel kanker payudara manusia (MCF-7), sel kanker usus besar manusia (Caco-2) (Miyashita *et al.*, 2011).

Protein, Peptides and Asam amino

Hidrolisat protein ikan dihasilkan dari limbah ikan yang dihidrolisis menggunakan enzim dan merupakan pendekatan alternatif untuk mengkonversi limbah ikan menjadi produk protein nabati. Hidrolisat protein memiliki keseimbangan asam amino, dimana jumlah masing-masing asam amino esensial sesuai dengan kebutuhan tubuh, dan dapat dicerna dengan baik, daya penyerapan cepat dan memiliki komponen peptida bioaktif tertentu (Elias *et*



al., 2008). Peptida bioaktif diisolasi dari berbagai hidrolisat protein ikan telah menunjukkan banyak potensi bioaktivitas diantaranya antihipertensi, antitrombotik, antikoagulan, imunomodulator, dan antioksidan (Shahidi dan Zhong, 2011). Beberapa protein laut yang paling umum digunakan pada makanan adalah kolagen, gelatin, dan albumin, yang semuanya dapat diekstrak dari ikan maupun limbah produk seafood. Kolagen dan gelatin merupakan protein yang unik karena kaya akan asam amino non-polar (lebih dari 80%) seperti glisin, alanine, valin, dan prolin. Kolagen adalah protein jaringan ikat yang terdapat pada kulit, tulang rawan, ligamen. Gelatin adalah protein yang terbentuk dari hidrolisis parsial kolagen (Rasmussen *et al.*, 2007). Gelatin memiliki kemampuan membentuk gel yang unik dan digunakan pada makanan yang berfungsi untuk memberi tekstur, mengikat air, dan penstabil pada beberapa produk makanan (Rustad, 2003). Zhu *et al.* (2010) menyatakan bahwa kolagen yang bersumber dari laut dapat mencegah diabetes dan hipertensi dengan cara mempengaruhi tingkat molekul yang terlibat dalam pathogenesis diabetes dan hipertensi. Hasil penelitian Huang *et al.* (2011) membuktikan bahwa polipeptida dari ikan sebelah *Pardachirus marmoratis* yang bersal dari laut merah dapat menghambat pertumbuhan sel fibrosarcoma pada manusia (HT-1080) dengan induksi apoptosis. Penelitian terbaru menyatakan bahwa polipeptida dari ascidian dan moluska menunjukkan potensi antitumor (Rodriguez-Bernaldo de Quiros *et al.*, 2004).

Fenolik dan Polisakarida dari Alga

Penelitian nutrasetikal dan bioaktif dari alga terus meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah spesies alga yang dibudidayakan. Alga kaya akan iodin, phlorotannin, glutathione, fukoxantin, dan karbohidrat seperti alginate. Polisakarida alga seperti alginate, fukoidan, karaginan dan agar memiliki peranan yang sangat penting dalam dunia industri, terutama pada industri makanan. Pengkonsumsian serat alga secara konsisten telah membuktikan adanya efek yang menguntungkan bagi kesehatan (Wijesekara dan Kim, 2010). Fukoidan adalah serangkaian polisakarida sulfat yang banyak terdapat pada dinding sel makroalga cokelat. Fukoidan telah dinyatakan memiliki banyak sifat fisiologi dan biologi, diantaranya antikoagulan, antiviral, antitrombotik, anti tumor, dan antioksidan serat memiliki pengaruh pada sistem inflamatori dan imun tubuh (Pomin dan Mourao, 2008; Berteau dan Mulloy, 2003). Penelitian terbaru tentang pengujian fukoidan secara *in vivo* dan *in vitro* menunjukkan bahwa fukoidan dapat mencegah osteoarthritis secara efektif, penyakit ginjal dan hati, penyakit menular, perlindungan dari kerusakan radiasi dan pengobatan untuk envenomasi ular (Fitton, 2009). Beberapa penelitian lainnya telah membuktikan polisakarida (kitin dan fukoidan) dari alga memegang peranan penting dalam perlindungan sistem kardiovaskular (Cha *et al.*, 2010). Phlorotannin, kelompok terbesar dari polifenol alga cokelat. Phlorotannin berfungsi sebagai antioksidan, anti-inflamatori, anti-alergi, anti tumor, anti diabetes, antibakteri, menghambat enzim transkriptase pada HIV-1 dan aktivitas penghambat protease serta kemoprevensi terhadap kelainan pembuluh darah.

Pangan Fungsional dan Nutraeutikal dari Laut Saat Ini, Prospek dan Tantangannya

Ketertarikan peneliti dunia tentang pangan fungsional dan nutrasetikal dari laut telah memacu beberapa konferensi internasional, diantaranya adalah "Konferensi Bahan Kelautan" yang diselenggarakan di Oslo, Norwegia pada bulan September 2010, dan "Konvensi Bisnis Biomarine," yang diselenggarakan di Nantes/Saint-Nazaire, Prancis 2011. Pasar pangan fungsional dan nutrasetikal dari laut akan terus tumbuh dan berkembang.

Pengembang dan pemasar nutrasetikal laut dan bioingredients harus fokus untuk mengidentifikasi produk untuk pasar domestik atau global; menjelajahi sumber asli untuk pasar domestik, membangun infrastruktur yang ada, dan memperluas ke pasar luar negeri;



mengamankan sumber daya yang berkelanjutan melalui budidaya dan kultur sel; dan membangun metode skrining dan pendekatan nutrigenomik.

Pengembangan produk pangan fungsional dan nutrasetikal laut sangat ditentukan oleh pasar dan memerlukan strategi pemasaran yang baik. Perhatian khusus harus diberikan untuk jenis produk dan bentuk yang paling cocok dari produk tersebut dalam hal kompatibilitas, stabilitas, penerimaan konsumen, dan preferensi daerah. Untuk berhasil di pasar, produk juga memerlukan pembuktian ilmiah berbasis bukti klinis.

Saat ini, industri pangan fungsional dan nutrasetikal berbahan dasar laut semakin berkembang pesat, namun demikian perkembangannya tidak luput dari beberapa hambatan. Terbatasnya kesediaan bahan baku/organisme laut yang dibutuhkan untuk memproduksi bioaktif target, contohnya kuda laut yang mengandung peptida neuroprotektif (Pangestuti *et al.*, 2013), minyak ikan sidat yang mengandung albumin (Putri *et al.*, 2016), kedua organisme ini, meskipun memiliki senyawa penting, namun belum dapat dimanfaatkan karena jumlahnya terbatas. Keterbatasan jumlah ikan sidat ini dikarenakan belum tersedianya teknologi budidaya yang tepat untuk beberapa organisme laut dengan kandungan senyawa penting. Untuk itu, teknologi budidaya organisme penting dari laut harus terus dikembangkan, sehingga senyawa bioaktif yang diekstrak dari organisme laut tersebut dapat diproduksi dengan skala besar, sehingga pemanfaatannya optimal. Faktor lain yang menjadi hambatan adalah kurangnya penerimaan masyarakat akan produk pangan fungsional. Hal ini dikarenakan kurangnya pendekatan pada masyarakat untuk memperkenalkan manfaat dari produk pangan fungsional maupun nutrasetikal dan masih kurangnya diversifikasi produk pangan fungsional yang menarik, baik dari segi rasa maupun bentuk. Maka dari itu, inovasi teknologi melalui diversifikasi pangan fungsional dan nutrasetikal berbahan dasar laut perlu terus di galakkan, guna tercapainya keberhasilan dalam pemanfaatan organisme laut sebagai bahan baku pangan fungsional dan nutrasetikal.

Kesimpulan

Laut beserta isinya menyediakan kekayaan bioaktif dan nutrasetikal. Produk makanan, suplemen atau produk kesehatan yang mengandung bioaktif yang bersumber dari laut diekspektasikan dapat menguasai pasar karena banyaknya keuntungan kesehatan yang diberikan. Diantara keseluruhan bioaktif laut yang tersedia, asam lemak omega-3 paling efektif dalam memulihkan maupun mempertahankan kesehatan, maka penambahan omega-3 pada makanan atau produk khusus telah menjadi pusat perhatian pada dunia penelitian. Saat ini, banyak penelitian yang fokus pada alga dan kandungan nutrasetikalnya yang memberikan banyak keuntungan pada kesehatan, yang sebagian besar adalah asam lemak omega-3, antioksidan, dan bioaktif lainnya. Hingga saat ini, hanya sedikit bioaktif yang telah teridentifikasi dari senyawa isolat laut dan dibutuhkan riset lanjutan untuk menemukan metode aplikasi bioaktif untuk kesehatan manusia.

Kesimpulannya, bioaktif laut sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai pangan fungsional. Pertama, karena sumbernya yang melimpah, sehingga dapat menjamin ketersediaan dari bioaktif yang dibutuhkan. Kedua, karena bioaktif laut terbentuk secara alami dan ekstraksinya tidak membutuhkan biaya besar. Dan yang terakhir yang tidak kalah pentingnya adalah sifat biologi yang dimiliki oleh bioaktif laut yang dapat menghambat berbagai jenis patogen dan penyakit. Sehingga penelitian dan pengembangan pangan fungsional dari laut harus terus dilakukan secara konsisten untuk prospek kesehatan masa depan.

**Daftar Pustaka**

- Bottegoni, C., R.A. Muzzarelli, F. Giovannini, A. Busilacchi, A. Gigante. 2014. Oral chondroprotection with nutraceuticals made of chondroitin sulphate plus glucosamine sulphate in osteoarthritis. *Carbohydr Polymers*, 109: 126-138.
- Berteau, O., B. Mulloy. 2003. Sulfated fucans, fresh perspectives: Structures, functions, and biological properties of sulfated fucans and an overview of enzymes active towards this class of polysaccharide. *Glycobiology*, 13: 29-40.
- Cha, K.H., H.J. Lee, S.Y. Koo, D.G. Song, D.U. Lee, C.H. Pan. 2010. Optimization of pressurized liquid extraction of carotenoids and chlorophylls from *Chlorella vulgaris*. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 58: 793–797.
- Cha, K.H., S.W. Kang, C.Y. Kim, B.H. Um, Y.R. Na, C.H. Pan. 2010. Effect of pressurized liquids on extraction of antioxidants from *Chlorella vulgaris*. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 58: 4756-4761.
- Cha, K.H., S.Y. Koo, D.U. Lee. 2008. Antiproliferative effects of carotenoids extracted from *Chlorella ellipsoidea* and *Chlorella vulgaris* on human colon cancer cells. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56: 10521-10526
- Dawczynski, C., R. Schubert, G. Jahreis. 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry*, 103: 891-899.
- Das, S.K., T. Hashimoto, K. Kanazawa. 2008. Growth inhibition of human hepatic carcinoma hepg2 cells by fucoxanthin is associated with down-regulation of cyclind. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1780: 743-749.
- Elias, R.J, S.S. Kellerby, E.A. Decker. 2008. Antioxidant activity of proteins and peptides. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 48: 430-441.
- Fitton, J.H. 2011. Therapies from fucoidan; multifunctional marine polymers. *Marine Drugs*, 9: 1731-1760.
- Freitas, A.C., D. Rodrigues, T.A. Rocha-Santos, A.M. Gomes, A.C. Duarte. 2012. Marine biotechnology advances towards applications in new functional foods. *Biotechnology Advance*, 30: 1506-1515.
- Gómez-Ordóñez, E., A. Jiménez-Escrig, P. Rupérez. 2010. Dietary fibre and physicochemical properties of several edible seaweeds from the northwestern spanish coast. *Food Research International*, 43: 2289-2294.
- Grienke U., J. Silke, D. Tasdemir. 2014. Bioactive compounds from marine mussels and their effects on human health. *Food Chemistry*, 142: 48-60.
- Honkanen, P. 2009. Consumer acceptance of (marine) functional food. *Marine Functional Food*, 1(1): 141–154
- Hoffmann, D.R., J.A. Boettcher, D.A. Diersen-Schade. 2009. Toward optimizing vision and cognition in term infants by dietary docosahexaenoic acid and arachidonic acid supplementation: a review of randomized controlled trials. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 81: 151-158.
- Huang, T.C., J.F. Lee, J.Y. Chen. 2011. Pardaxin, an antimicrobial peptide, triggers caspase-dependent and ROS-mediated apoptosis in HT-1080 cells. *Marine Drugs*, 9: 1995-2009.
- Liu, C.-L., Y.-S. Huang, M. Hosokawa, K. Miyashita, M.-L. Hu. 2009. Inhibition of proliferation of a hepatoma cell line by fucoxanthin in relation to cell cycle arrest and enhanced gap junctional intercellular communication. *Chemistry and Biological Interaction*, 182: 165-172.
- MacArtain, P., C.I.R. Gill, M. Brooks, R. Campbell, I.R. Rowland. 2007. Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition Reviews*, 65: 535–543.
- Matsumoto, M., M. Hosokawa, N. Matsukawa, M. Hagi, A. Shinoki, M. Nishimukai, H. Hara. 2010. Suppressive effects of the marine carotenoids, fucoxanthin and



- fucoxanthin on triglyceride absorption in lymph duct-cannulated rats. *European Journal of Nutrition*, 49: 243-249.
- Meyers, M.A., P.-Y. Chen, A.Y.-M. Lin, Y. Seki. 2008. Biological materials: Structure and mechanical properties. *Progress in Materials Science*, 53: 1-206.
- Miyashita, K., S. Nishikawa, F. Beppu, T. Tsukui, M. Abe, M. Hosokawa. 2011. The allenic carotenoid fucoxanthin, a novel marine nutraceutical from brown seaweeds. *Journal of Science and Food Agriculture*, 91: 1166-1174.
- Miyashita, K. 2013. Anti-obesity therapy by food component: unique activity of marine carotenoid, fucoxanthin. *Obesity and Control Therapies*, 1:4.
- Nagaoka, I., M. Igarashi, J. Hua, Y. Ju, S. Yomogida, K. Sakamoto. 2011. Recent aspects of the anti-inflammatory actions of glucosamine. *Carbohydr Polymer*, 84: 825-830.
- Ngo D.N., M.M. Kim, Z.J. Qian, W.K. Jung, S.H. Lee, S.K. Kim. 2010. Free radical scavenging activities of low molecular weight chitin oligosaccharides lead to an antioxidant effect in live cells. *Journal of Food Biochemistry*, 34: 161-177.
- Nicholson, J., M. Wolmarans, G. Park. 2000. The role of albumin in critical illness. *Brazilian Journal of Anaesthesia*, 85: 599-610.
- Pangestuti, R., B. Ryu., S.W.A. Himaya., S.K. Kim. 2013. Optimization of hydrolysis conditions, isolation, and identification of neuroprotective peptides derived from seahorse *Hippocampus trimaculatus*. *Amino Acid Journal*, 45(2): 369-381.
- Plaza, M., A. Cifuentes, E. Ibáñez. 2008. In the search of new functional food ingredients from algae. *Trends in Food Science and Technology*, 19: 31-39.
- Pomin, V.H., P.A.S. Mourão. 2008. Structure, biology, evolution, and medical importance of sulfated fucans and galactans. *Glycobiology*, 18: 1016-1027.
- Putri, B.A.A., Y. Yuliet, J. Jamaluddin. 2016. Analisis kadar albumin ikan sidat (*Anguilla marmorata* dan *Anguilla bicolor*) dan uji aktivitas penyembuhan luka terbuka pada kelinci (*Oryctolagus cuniculus*). *GALENIKA Journal of Pharmacy*, 2(2): 90-95.
- Raafat, D., H.G. Sahl. 2009. Chitosan and its antimicrobial potential: a critical literature survey. *Microbial Biotechnology*, 2: 186-201.
- Raghuveer, C., R. Tandon. 2009. Consumption of functional foods and our health concerns. *Pakistan Journal of Physiology*, 5: 76-83.
- Rasmussen, R.S., M.T. Morrissey. 2007. Marine biotechnology for production of food ingredients. *Advance in Food Nutrition Research*, 52: 237-292.
- Rodríguez-Bernaldo de Quirós, A., C. Castro de Ron, J. López-Hernández, M. Lage-Yusty. 2004. Determination of folates in seaweeds by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1032: 135-139.
- Rustad, T. 2003. Utilisation of marine by-products. *EJEAFChe*, 2: 458-463.
- Shahidi, F., J.K.V. Arachchi, Y.-J. Jeon. 1999. Food applications of chitin and chitosans. *Trends Food Sci. Technology*, 10: 37-51.
- Shahidi, F. Y. Zhong. 2008. Biopeptides. *Journal of AOAC International*, 91: 914-931.
- Siró, I., E. Kápolna, B. Kápolna, A. Lugasi. 2008. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance-a review. *Appetite*, 51: 456-467.
- Tahergorabi, R., S. Beamer, K.E. Matak, J. Jaczynski. 2013. Chemical properties of v-3 fortified gels made of protein isolate recovered with isoelectric solubilisation/precipitation from whole fish. *Food Chemistry*, 139:777-785.
- Tapiero, H., D.M. Townsend, K.D. Tew. 2004. The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. *Biomed. Pharmacotherapy*, 58: 100-110.
- Wijesekara, I., S.K. Kim. 2010. Angiotension-i-converting enzyme (ace) inhibitors from marine resources: Prospects in the pharmaceutical industry. *Marine Drugs*, 8: 1080-1093.



Zhu, C.F., G.Z. Li, H.B. Peng, F. Zhang, Y. Chen, Y. Li. 2010. Effect of marine collagen peptides on markers of metabolic nuclear receptors in type 2 diabetic patients with/without hypertension. *Biomed. Environ. Science*, 23: 113-120.

Received: 4 April 2017

Accepted: 19 November 2017

How to cite this paper:

Siahaan, E.A., R. Pengestuti. 2017. Pangan fungsional dan nutrasetikal dari laut: Prospek dan tantangannya. *Depik*, 6(3): 273-281.