

## OPPORTUNITY AND BENEFITS OF FUNCTIONAL FOOD FROM THE SEA: A REVIEW

Paulus Damar Bayu Murti<sup>1)\*</sup>, Bambang Dwiloka<sup>2)</sup>, Ocky Karna Radjasa<sup>3)</sup>, dan James Ngginak<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nasional Karangturi  
Jl. Raden Patah No 182-192, Kota Semarang, 50127, Indonesia;

<sup>2)</sup>Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian Peternakan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto SH, Tembalang, Kota Semarang, 50275, Indonesia;

<sup>3)</sup>Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto SH, Tembalang, Kota Semarang, 50275, Indonesia;

<sup>4)</sup>Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Kristen Artha Wacana  
Jl. Adi Sucipto No.147, Oesapa, Kota Kupang, Indonesia;

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 19 Feb 2021,

Revised 16 Jun 2021,

Accepted 15 Jul 2021

Available online 30 July 2021

#### Keywords:

- ✓ Functional food
- ✓ Marine
- ✓ Bioactive compounds
- ✓ Chronic diseases
- ✓ Biological activity

#### \*corresponding author:

[damar.bayu@unkartur.ac.id](mailto:damar.bayu@unkartur.ac.id)

Phone: +62;

<https://doi.org/10.31938/jsn.v11i2.297>

### ABSTRACT

Functional food has been believed to prevent and reduce the possibility of chronic diseases such as obesity, diabetes, coronary heart disease, hypertension and cancer. The sea offers resources that can be used as a source of functional food. Research on bioactive compounds from marine life has been carried out, which have biological activity. For example, omega-3 consist of two types of acids, namely docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentanoic acid (EPA), which is contained in fish. Carotenoids and xanthophylls are abundant in macroalgae. Likewise with phenolic compounds and polysaccharides derived from algae. The protein hydrolysate from fish waste which is used as an alternative product has biological activity. Chitin and chitosan were extracted from crustacean shells and marine mollusk. Referring to the diversity of compound bioactivity from marine resources, this review emphasizes more on the potential of functional food ingredients owned by marine resources and their opportunities and benefits..

### ABSTRAK

#### Peluang dan manfaat pangan fungsional dari laut: Telaah Pustaka

Pangan fungsional telah dipercaya dapat mencegah dan menurunkan kemungkinan penyakit kronis seperti obesitas, diabetes, jantung koroner, hipertensi dan kanker. Laut menawarkan sumberdaya yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan pangan fungsional. Penelitian mengenai senyawa bioaktif dari biota laut sudah banyak dilakukan yang memiliki aktivitas biologis. Sebagai contoh, Omega-3 terdiri atas dua jenis asam yaitu asam dokosaheksaenoat (DHA) dan asam eikosapentanoat (EPA) yang terkandung pada ikan. Karotenoid dan xantofil yang banyak terkandung pada makroalga. Begitu pun dengan senyawa fenolik dan polisakarida yang berasal dari alga. Hidrolisat protein dari limbah ikan yang dimanfaatkan sebagai produk alternatif memiliki aktivitas biologis. Kitin dan kitosan yang diekstrak dari limbah cangkang krustasea dan moluska laut. Mengacu pada keragaman bioaktivitas senyawa dari sumberdaya kelautan, review ini lebih menekankan pada potensi bahan pangan fungsional yang dimiliki oleh sumberdaya kelautan serta peluang dan manfaatnya.

Kata kunci : Pangan fungsional, Laut, Senyawa bioaktif, Penyakit kronis, Aktivitas biologi

## PENDAHULUAN

Segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, kelautan, peternakan, baik yang

diolah maupun tidak diolah yang digunakan sebagai makanan atau minuman dapat disebut sebagai pangan (Marsono, 2008). Pangan fungsional dapat juga diartikan suatu komponen makanan yang dapat menunjang imunitas tubuh



dan mencegah resiko berbagai macam penyakit degeneratif (Siro *et al.*, 2008). Ini berarti bahwa senyawa bioaktif yang terdapat pada pangan fungsional digunakan untuk fortifikasi kedalam makanan sehingga mendapatkan nilai gizi dan dapat bermanfaat bagi tubuh yang lebih baik daripada nilai gizi dasar produk sebelumnya.

Meningkatnya kesadaran masyarakat mengenai manfaat pangan untuk kesehatan membuat kebutuhan adanya suatu pangan fungsional cenderung meningkat. Sehingga perhatian dan ketertarikan peneliti akan pangan fungsional dari sumber daya alam yang memiliki kandungan senyawa bioaktif pun semakin tinggi. Selama ini sumber daya alam yang diteliti berasal dari organisme darat, padahal sumber daya yang berasal dari biota laut pun tidak kalah akan kandungan senyawa bioaktifnya untuk dijadikan suatu produk pangan yang mampu menarik perhatian untuk diteliti.

Biota laut mampu untuk bertahan hidup dalam lingkungan yang ekstrem dari pengaruh suhu, salinitas, nutrien, ancaman predator dan tekanan yang tinggi; sehingga agar dapat beradaptasi di lingkungan yang ekstrem tersebut organisme laut harus mensintesis senyawa bioaktifnya untuk menjaga eksistensinya di lautan (Siahaan dan Pangestuti, 2017).

Berdasarkan dari lingkungan hidupnya tersebut sehingga peneliti tertarik untuk mengetahui senyawa bioaktif yang terkandung dalam biota laut dan yang bermanfaat bagi nutrisi sebagai pangan fungsional.

Penelitian mengenai macam senyawa bioaktif yang diaplikasikan untuk pangan fungsional dan bermanfaat bagi tubuh tersajikan seperti pada Tabel 1. Asam dokosa heksanoat (DHA) merupakan komponen bioaktif dari asam lemak omega-3 yang mampu mengurangi resiko penyakit kardiovaskular yang disebabkan oleh obesitas dan diabetes (Murti *et al.*, 2013). Disisi lain, asam eikosa pentanoat (EPA) yang merupakan bagian dari asam lemak omega-3 berfungsi membantu produksi prostaglandin untuk mengurangi kolesterol dan trigliserida dalam darah serta mengurangi viskositas darah (Dovale-rosabal *et al.*, 2019). Sementara itu, asam dekosa pentanoat (DPA) merupakan produk turunan dari EPA (Noviendri *et al.*, 2011). Sumber daya kelautan dan termasuk biota yang ada didalamnya menyimpan kekayaan senyawa bioaktif yang dapat digunakan sebagai produk kesehatan alami dan bahan pangan fungsional untuk dapat menunjang kesehatan juga menghindarkan dari penyakit degeneratif.

Tabel 1. Manfaat senyawa bioaktif dari laut sebagai bahan pangan fungsional

Jenis bahan	Senyawa bioaktif	Sumber daya laut	Manfaat
Asam lemak omega-3	EPA, DHA, DPA	Ikan, mamalia laut, alga	Mencegah dan mengobati penyakit jantung coroner, hipertensi, diabetes, radang sendi, dan inflamasi, penyakit autoimun, kanker, serta untuk pertumbuhan dan perkembangan otak dan retina.
Kitin / Kitosan	Kitosan dengan berat molekul rendah, kitooligosakarida berat molekul tinggi, heterokitosan/heterokitooligosakarida, heterosulfat, glukosamin	Kerang, kepiting, udang, lobster, krill, dan pen pada cumi-cumi	Antimikroba, antiinflamasi, antioksidan, antikarsinogenik, anti-nuklear, pencegahan dan pengobatan penyakit ginjal, pencegahan diabetes tipe II.
Protein	Hidrolisat protein, peptida, enzim	Ikan (laut dan air tawar), krustasea, alga, moluska	Antioksidan, anti-inflamasi, antikoagulan, antitumor, antibakteri, immunomodulator, antihipertensi, antitrombotik.
Pigmen	Klorofil, $\alpha$ , $\beta$ , $\epsilon$ -karoten, santofil	Lobster, kepiting, salmon, kakap merah, tuna, trout, kerang hijau, cumi-cumi, octopus, alga, sponge, anemon laut, bulu babi, koral	Anti-inflamasi, antioksidan, anti-kanker, mencegah penyakit jantung, dan penyakit neurodegenerative, immunomodulator.
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 vascular.

Sumber: (Siahaan dan Pangestuti, 2017; Hoffmann *et al.*, 2009; Kelman *et al.*, 2012; Lordan, Ross, dan Stanton, 2011; Iwasaki *et al.*, 2012).

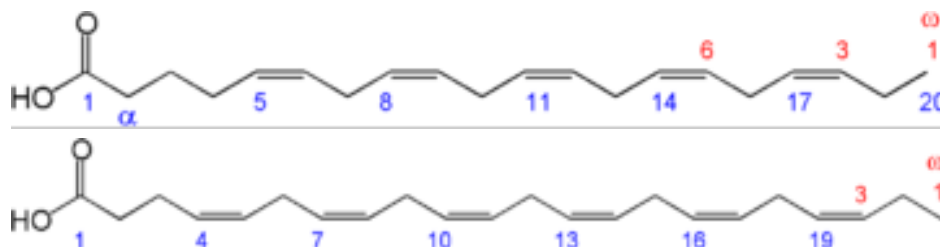
## PEMBAHASAN

### Asam Lemak Pada Ikan

*Polyunsaturated Fatty Acids* (PUFAs) mengandung dua atau lebih ikatan rangkap yang diklasifikasikan sebagai omega-3 (n-3) dan omega-6 (n-6) berdasarkan pada letak ikatan rangkap terakhir relatif terhadap ujung metil terminal molekul (Wall *et al.*, 2010). Omega-3 ini terdiri atas dua jenis asam yaitu asam dokosaheksaenoat (DHA) dan asam eikosapentanoat (EPA) yang struktur kimianya disajikan pada Gambar 1. Selain dua asam tersebut terdapat asam linoleat (AL) (hasil prekursor dari asam lemak n-6) dan asam  $\alpha$ -linolenat (ALA) (hasil prekursor dari asam lemak n-3) yang akan diproses oleh tubuh manusia. PUFA mengatur lebih luas fungsi dalam tubuh, termasuk tekanan darah, pembekuan darah, fungsi otak dan sistem saraf (Wall *et al.*, 2010; Lordan *et al.*, 2011). Lebih lanjut, PUFA mempunyai peran dalam mengatur respon inflamasi melalui produksi mediator inflamasi yang disebut sebagai eikosanoid Lordan *et al.*,

2011). Menurut penelitian (Hoffman *et al.*, 2009), perlakuan pada hewan uji secara *in vitro* menunjukkan asam lemak omega-3 mempengaruhi profil lipid pada darah, kesehatan jantung, komposisi membran lipid, biosintesis eikosanoid, sistem koordinasi sel, dan ekspresi gen. Sebagai rekomendasi asupan masa kini yang menunjang optimalisasi nutrisi tidak cukup hanya LA dan ALA melainkan juga DHA dan EPA untuk meningkatkan kesehatan.

Kandungan asam lemak n-3 dari laut sangat bervariasi menurut spesies ikan, kandungan lemak total ikan, dan lokasi geografis perairan (Larsson *et al.*, 2004). Akan tetapi, ikan dari perairan dalam seperti makarel, tuna, salmon, herring, dan sarden dari lingkungan suhu yang lebih dingin memiliki kandungan EPA dan DHA mereka menyimpan lemak dalam daging dan kebutuhan jumlah asupan ikan yang dikonsumsi agar dapat memenuhi 1 gram per hari tertera pada Tabel 2. sedangkan ikan tanpa minyak menyimpan lemak dalam hati (contoh: ikan kod) yang mengandung lebih sedikit EPA dan DHA.



Gambar 1. Struktur kimia EPA dan DHA (Cottin, Sanders, and Hall 2011)

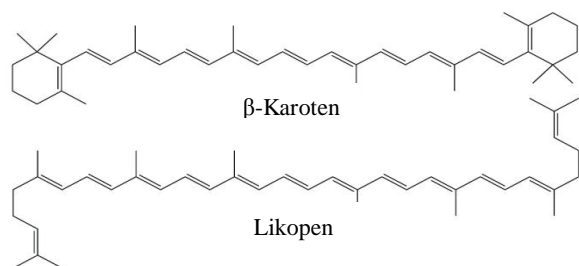
Tabel 2. Kandungan EPA dan DHA dari ikan dan jumlah asupan ikan yang dikonsumsi menyediakan kurang lebih 1 gram EPA dan DHA per hari.

Jenis ikan	Kandungan n-3 (EPA dan DHA) (g) per 100 g dari ikan	Jumlah dari ikan (g) yang dibutuhkan untuk menyediakan 1 g EPA + DHA
Ikan haring atlantik	2.01	50
Ikan salmon atlantik	1.28 - 2.15	42.5 - 70.9
Ikan sarden	1.15 - 2	50 - 87
Ikan trout pelangi	1.15	87
Ikan makarel	0.4 - 1.85	54 - 250
Ikan halibut	0.47 - 1.18	85 - 213
Ikan tuna	0.28 - 1.51	66 - 357
Tiram	0.44	227
Flonder atau sole	0.4	204
Udang	0.32	313
Ikan tuna (kaleng)	0.31	323
Ikan kod	0.28	357
Ikan hadok	0.24	417
Ikan lele	0.18	556
Skalop	0.2	500

Sumber : (Wall *et al.*, 2010; Kris *et al.*, 2002)

### Karotenoid dan Xantofil

Karotenoid merupakan warna alami yang banyak dijumpai pada sumber daya alam di darat maupun di laut dengan mensintesis pikmen kuning, oranye, merah pada beberapa bagian tubuh organisme. Warna alami yang ditunjukkan oleh hewan karang adalah hasil proses sintesis dari *zooxanthellae* yang menempel pada karang. Karotenoid adalah salah satu kelas dari 800 lemak alami-pigmen terlarut yang ditemukan pada tumbuhan, alga, dan bakteri fotosintetik (Murti *et al.*, 2016). Menurut (Nurdiana, Limantara, dan Susanto, 2008) karotenoid berfungsi sebagai pigmen aksesori untuk melindungi klorofil a dari foto-oksidasi cahaya serta menyerap cahaya dan mentransfer energi ke pusat reaksi fotosintesa. Karotenoid diklasifikasikan menurut keberadaan atom oksigen; karoten tanpa oksigen (hidrokarbon murni), dan xantofil dengan oksigen dalam struktur kimianya (Genc *et al.*, 2020). Likopen siklase dapat mengganggu pembentukan cincin di kedua ujungnya dan menghasilkan karoten seperti  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten,  $\gamma$ -karoten seperti pada Gambar 2.

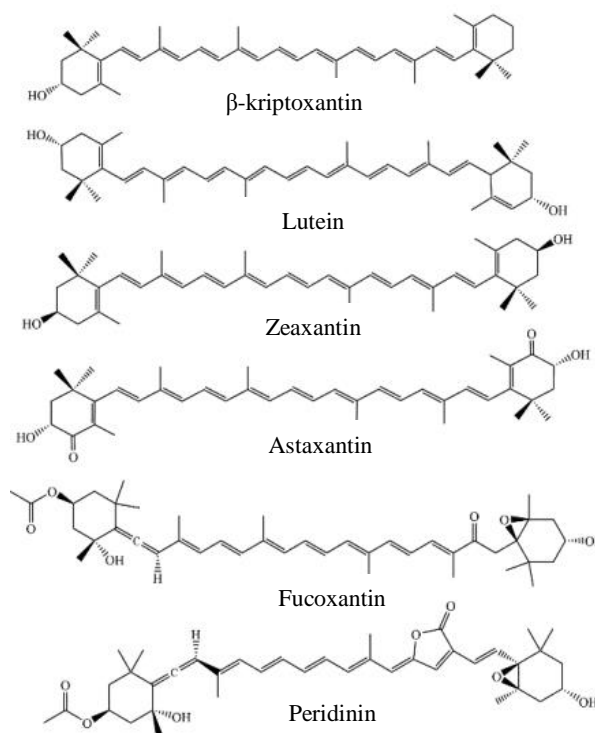


Gambar 2. Struktur kimia dari  $\beta$ -karoten dan Likopen

Sementara, xantofil sering ditandai dengan terjadinya karbonil, karboksil, hidroksil, dan kelompok epoksida dimana pasangan atom hydrogen diganti dengan atom oksigen (Genc *et al.*, 2020). Beberapa jenis xantofil yang terkonfirmasi di alam adalah lebih dari 800 macam diantaranya adalah  $\beta$ -kriptoxantin, lutein, zeaxantin, astaxantin, fukoxantin, dan peridinin seperti yang tersaji pada Gambar 3.

Berdasarkan penelitian (Murti *et al.* 2016) telah berhasil mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri simbiosis pada alga coklat *Padina* sp. sebagai sumber biopigmen yang mengandung tiga jenis karotenoid diantaranya adalah dinosantin, lutein dan neosantin. Penemuan jenis pigmen karotenoid baru yang berasosiasi dengan

mikroalga beracun yaitu morasantin telah berhasil dilakukan (Mangoni *et al.*, 2011). Fukosantin adalah sumber karotenoid utama pada rumput laut cokelat. Jumlah kandungan pigmen fukosantin berlimpah terdapat pada jenis rumput laut cokelat *Padina australis* (Limantara, 2012).



Gambar 3. Struktur kimia dari beberapa contoh xantofil

### Fenolik dan Polisakarida dari Alga

Rumput laut kaya akan sumber polisakarida dan mineral yang tinggi. Polisakarida adalah bentuk polimer dari monosakarida rantai sederhana yang dihubungkan bersama oleh ikatan glikosidik. Bioaktif polisakarida dari makroalga ini dapat dimanfaatkan dalam makanan, minuman, stabilisator, pengemulsi, pengental dan juga pakan (Pal *et al.*, 2014). Selain itu, rumput laut juga mengandung senyawa bioaktif lain seperti agar, alginat, karaginan, laminarin, fukoidan, fucan, mannitol dan ulvan. Senyawa ini dibagi menjadi 2 golongan diantaranya adalah golongan fitokoloid (agar, alginat, karaginan) dan golongan polisakarida sulfat (laminarin, fukoidan, fucan, mannitol, ulvan) (Handayani, 2014).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Suleman, 2020), mengungkapkan bahwa rumput laut jenis *Ulva* sp. memiliki kandungan senyawa bioaktif polisakarida sulfat yang berfungsi untuk dapat meningkatkan aktifitas imunostimulan

pada udang yang ditandai dengan meningkatnya total hemosit. Ekstraksi polisakarida dari rumput laut dapat dilakukan dengan menggunakan 4 macam pelarut yaitu air, air panas, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05%, dan NaOH 0,05% (Tabarsa *et al.*, 2012).

Fucoidan adalah polisakarida sulfat yang mengandung fucose yang tersimpan pada dinding sel rumput laut cokelat, ekstrak kasarnya dikomersilkan sebagai suplemen nutrisi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa senyawa fucoidan mempunyai fungsi bioaktivitas bagi kesehatan manusia seperti anticancer, antikoagulan, antitrombotik, antivirus, antiinflamatori, antitumor dan immunomodulator, antioksidan, penghambat dan stimulan enzim (Kwak, 2014; Pal *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2008; Boo *et al.*, 2013).

### Asam amino, Protein dan Peptida

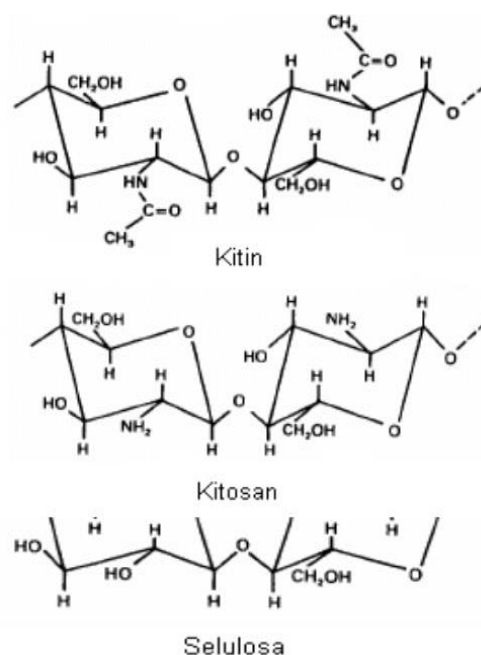
Hidrolisat protein ikan dihasilkan dengan menggunakan proses enzimatik yang dihidrolisis dari limbah ikan dan memaksimalkan produk alternatif dari protein nabati. Hidrolisat protein ini mengandung peptida yang memiliki berat molekul lebih rendah dan asam amino bebas juga mempunyai kelarutan pada air yang tinggi, kapasitas emulsinya baik, kemampuan mengembang besar serta mudah diserap oleh tubuh (Wijayanti *et al.*, 2016).

Beberapa penelitian selama dua dekade terakhir berfokus pada hidrolisat protein dari berbagai sumber makanan, dimana selain sifat nutrisinya juga menunjukkan fungsi biologis yang lain seperti antioksidan (Bougatef *et al.*, 2009), antimikroba (Sila *et al.*, 2013), antikoagulan (Ren *et al.*, 2014), dan antihipertensi (Furuta *et al.*, 2015; Mutamimah *et al.*, 2018). Menurut penelitian (Nurhayati *et al.*, 2007), telah berhasil melakukan karakterisasi hidrolisat protein ikan selar (*Caranx leptolepis*) dengan kadar air 91,99 %, kadar abu 1,36 %, kadar protein 5,3 %, dan kadar lemak sebesar 0,43 %.

### Kitin, Kitosan, Chito-Oligosakarida, dan Glukosamin

Kitin dan kitosan merupakan hasil ekstrak senyawa bioaktif dari limbah cangkang hewan moluska dan krustasea laut. Kitin merupakan homopolimer dari Beta-(1,4)-N-asetil-D-glukosamin. Pada struktur kimianya mirip dengan selulosa pada gugus asetamido yang diganti oleh gugus hidroksil pada atom karbon kedua seperti tersaji pada Gambar 4 (Rochima, 2014). Kitosan adalah hasil turunan dari kitin

yang sudah dihilangkan gugus asetilnya dan menyisakan gugus amina bebas yaitu Beta-(1,4)-N-asetil-D-glukosamin dan Beta-(1,4)-D-glukosamin (Rochima, 2014). Menurut Rinaudo (2006), kitosan dapat digunakan untuk menghambat fibroplasia dalam penyembuhan luka dan untuk meningkatkan pertumbuhan jaringan dan diferensiasi dalam kultur jaringan. Pemanfaatan kitin dan kitosan dapat diaplikasikan dalam beberapa aspek seperti pangan, kosmetik, pertanian, farmasi, biomedis, industry tekstil sebagai serat pada pakaian (Gadgedy dan Bahekar, 2017).



Gambar 4. Struktur kimia kitin, kitosan dan selulosa (Rochima, 2014).

Chito-oligosakarida (COS) merupakan suatu produk yang sudah terdegradasi dari kitin dan kitosan yang dihasilkan melalui proses hidrolisis enzimatik dan asam (Xia *et al.*, 2011). Kitosan dan chito-oligosakarida telah menarik perhatian mengenai aktifitas biologisnya seperti antimikroba, hipokolesterolemik, peningkatan imun dan efek antitumor, dan akselerasi kalsium dan penyerapan ferum (Xia *et al.*, 2011).

Glukosamin (GlcN) adalah produk bernilai tambah lain yang dibuat dari kitin melalui hidrolisis yang dapat dimanfaatkan di bidang farmasi (Santhosh *et al.*, 2007; Sila *et al.*, 2013). GlcN dapat dihasilkan dari kitosan dengan hidrolisa menggunakan asam klorida berlebih pada suhu sekitar 100°C selama 4 jam (Hanafi *et al.*, 2000). GlcN memiliki peran dalam sintesis membran lapisan sel, kolagen, osteoid dan tulang

matriks dan sebagai agen pembentuk cairan pelumas dan agen perlindungan dapat membantu menurunkan gejala osteoarthritis (Purnomo *et al.*, 2012).

### **Peluang dan Manfaat Pangan Fungsional dari Laut**

Senyawa bioaktif dari laut sangat potensial untuk dimanfaatkan dalam pangan fungsional. Kemungkinan ini mampu menciptakan peluang untuk diversifikasi produk pangan yang sudah beredar di masyarakat luas. Akan tetapi, yang harus menjadi catatan adalah permasalahan suplai dari sumberdaya kelautan yang diambil sumber senyawa bioaktifnya karena untuk menghindari eksploitasi berlebihan terhadap biota laut. Upaya dalam menjaga sumberdaya keberlanjutan dapat ditempuh dengan cara budidaya maupun kultur sel serta melakukan skrining juga pendekatan nutrigenomik.

Tantangan dari suatu produk pangan fungsional laut adalah penerimaan konsumen terhadap produk. Perlunya pendekatan dan sosialisasi juga strategi pangsa pasar kepada masyarakat baik nasional maupun internasional agar mengetahui manfaat dari kandungan senyawa bioaktif dari laut pada produk pangan fungsional. Selain itu, perlu kerjasama yang baik diantara peneliti dan industri sebagai media untuk hilirisasi produk pangan fungsional laut yang sudah diteliti skala laboratorium oleh peneliti.

### **PENUTUP**

Laut dan biota yang berada di dalamnya menyimpan sejuta senyawa bioaktif dan nutrasetikal. Bioaktif dari laut yang sudah dikomersilkan diantara adalah omega-3, fukosantin, kitin dan kitosan, dan hidrolisat protein. Senyawa bioaktif ini terbukti mampu memiliki bioaktifitas sebagai penunjang kesehatan tubuh manusia. Potensi bioaktif dari sumberdaya kelautan sebagai pangan fungsional sangat besar peluangnya untuk dikembangkan lebih lanjut dikarenakan sumberdayanya yang melimpah, mudah diekstrak, dan mampu berpotensi mencegah beberapa penyakit degeneratif seperti obesitas, kanker, diabetes, jantung koroner, hipertensi..

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

PDBM mengucapkan terima kasih kepada pimpinan Universitas Nasional Karangturi atas segala bentuk dukungan dan motivasi yang diberikan. Juga kepada Bapak Bambang Dwiloka atas saran dan masukannya selama penulisan artikel.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Boo, Jin,H., Hong, J. Y, Kim, S. C., Kang, J. I., Kim, M.K, Kim, E. J. & Hyun, J. W. (2013). The Anticancer Effect of Fucoidan in PC-3 Prostate Cancer Cells. *Marine Drugs* 11 (8), 2982–99. <https://doi.org/10.3390/md11082982>.
- Bougatef, A., Hajji, M., Balti, R., Lassoued, I., Triki-Ellouz, Y., and Nasri, M. (2009). Antioxidant and Free Radical-Scavenging Activities of Smooth Hound (*Mustelus Mustelus*) Muscle Protein Hydrolysates Obtained by Gastrointestinal Proteases. *Food Chemistry* 114 (4), 1198–1205. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.075>.
- Cottin, S. C., Sanders, T. A. and Hal, W. L.. (2011). The Differential Effects of EPA and DHA on Cardiovascular Risk Factors. *Proceedings of the Nutrition Society* 70 (2), 215–31. <https://doi.org/10.1017/S0029665111000061>.
- Dovale-rosabal, G., Rodriguez, A., Contreras, E., Ortiz-Viedma, J., Munoz, M., Trigo, M., Aubourg, S. P., and Espinosa, A. (2019). Concentration of EPA and DHA from Refined Salmon Oil by Optimizing the Urea – Fatty Acid Adduction. *Molecules* 24, 1642.
- Furuta, T., Miyabe, Y., Yasui, H., Kinoshita, Y., and Kishimura, H. (2015). Angiotensin I Converting Enzyme Inhibitory Peptides Derived from Phycobiliproteins of Dulce Palmaria Palmata. *Marine Drugs* 14 (32), 1–10. <https://doi.org/10.3390/md14020032>.
- Gadgey, K. K., and Bahekar, A. (2017). Investigation on Uses of Crab Based Chitin

- and Its Derivatives. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology* 8 (3), 456–66.
- Genç, Y., Bardakci, H., Yücel, Ç., Karatoprak, G. Ş., Akkol, E.K., Barak, T. H., and Sobarzo-Sánchez, E. (2020). Oxidative Stress and Marine Carotenoids: Application by Using Nanoformulations. *Marine Drugs* 18 (8).  
<https://doi.org/10.3390/MD18080423>.
- Hanafi, M., Aiman, S., Efrina, D., and Suwandi, B. (2000). Pemanfaatan Kulit Udang Untuk Pembuatan Kitosan Dan Glukosamin. *Jktii* 10 (1–2), 17–21.
- Handayani, T. (2014). Rumput Laut Sebagai Sumber Polisakarida Bioaktif. *Oseana* XXXIX (2), 1–11.
- Hoffman, D. R., Boettcher, J. A., and Diersenschade, D. A. (2009). Toward Optimizing Vision and Cognition in Term Infants by Dietary Docosahexaenoic and Arachidonic Acid Supplementation: A Review of Randomized Controlled Trials. *Prostaglandins Leukotrienes & Essential Fatty Acids* 81 (2–3), 151–58.  
<https://doi.org/10.1016/j.plefa.2009.05.003>.
- Iwasaki, S., Widjaja-adhi, M. A. K., Koide, A., Kaga, T., Nakano, S., Beppu, F., Hosokawa, M., and Miyashita, K. (2012). In Vivo Antioxidant Activity of Fucoxanthin on Obese / Diabetes KK- A y Mice. *Food and Nutrition Sciences* 3 (November), 1491–99.  
<https://doi.org/10.4236/fns.2012.311194>.
- Kelman, D., Posner, E. K., Mcdermid, K. J., Tabandera, N. K., Wright, P. R., and Wright, A. D. (2012). Antioxidant Activity of Hawaiian Marine Algae. *Marine Drugs* 10, 403–16.  
<https://doi.org/10.3390/md10020403>.
- Kris-Etherton, P. M., Harris, W. S., and Appel, L. J. (2002). Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and Cardiovascular Disease. *Circulation* 106 (21), 2747–57.  
<https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000038493.65177.94>.
- Kwak, J. Y. (2014). Fucoidan as a Marine Anticancer Agent in Preclinical Development. *Marine Drugs* 12 (2), 851–70. <https://doi.org/10.3390/md12020851>.
- Larsson, S. C., Kumlin, M., Ingelman-Sundberg, M., and Wolk, A. (2004). Dietary Long-Chain n-3 Fatty Acids for the Prevention of Cancer: A Review of Potential Mechanisms. *American Journal of Clinical Nutrition* 79 (6), 935–45.  
<https://doi.org/10.1093/ajcn/79.6.935>.
- Li, B., Lu, F., Wei, X., and Zhao, R. (2008). Fucoidan: Structure and Bioactivity. *Molecules* 13 (8), 1671–95.  
<https://doi.org/10.3390/molecules13081671>.
- Limantara, L. (2012). Studi Komposisi Pigmen Dan Kandungan Fukosantin Rumput Laut Cokelat Dari Perairan Madura Dengan Kromatogra Cair Kinerja Tinggi. *Ilmu Kelautan - Indonesian Journal of Marine Sciences* 15 (1), 23–32.  
<https://doi.org/10.14710/ik.ijms.15.1.23-32>.
- Lordan, S, Ross, R. P., and Stanton, C. (2011). Marine Bioactives as Functional Food Ingredients: Potential to Reduce the Incidence of Chronic Diseases. *Marine Drugs* 9 (6), 1056–1100.  
<https://doi.org/10.3390/md9061056>.
- Mangoni, O., Imperatore, C., Tomas, C. R., and Costantino, V. (2011). The New Carotenoid Pigment Moraxanthin Is Associated with Toxic Microalgae. *Marine Drugs* 9, 242–55. <https://doi.org/10.3390/md9020242>.
- Marsono, Y. (2008). Prospek Pengembangan Makanan Fungsional. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Gizi* 7 (1), 19–27.
- Murti, D. B., Susanto, A.B, Radjasa, O. K., and Rondonuwu, F. S. (2016). Pigments Characterization and Molecular Identification of Bacterial Symbionts of Brown Algae Padinasp. Collected from Karimunjawa Island. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences* 21 (2), 58.  
<https://doi.org/10.14710/ik.ijms.21.2.58-64>.

- Murti, P. D. B., Rondonuwu, F. S., Radjasa, O. K., and Susanto, A. B. (2013). Potensi Fukosantin Dari Rumput Laut Coklat Dalam Dunia Kesehatan. *Seminar Nasional X Pendidikan Biologi FKIP UNS*, no. 2000, 1–5.
- Mutamimah, D., Ibrahim, B., and Trilaksani, W. (2018). Antioxidant Activity Of Protein Hydrolysate Produced From Tuna Eye (*Thunnus Sp.*) By Enzymatic Hydrolysis. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 21 (3), 522. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v21i3.24736>.
- Noviendri, D., Jaswir, I., Salleh, H. M., Taher, M., Miyashita, K., and Ramli, N. (2011). Fucoxanthin Extraction and Fatty Acid Analysis of *Sargassum Binderi* and *S. Duplicatum*. *Journal of Medicinal Plants Research* 5 (11), 2405–12.
- Nurdiana, D. R., Limantara, L., and Susanto, A. B. (2008). Komposisi Dan Fotostabilitas Pigmen Rumput Laut *Padina Australis* Hauck. Dari Kedalaman Yang Berbeda.
- Nurhayati, T., Salamah, E., and Hidayat, T. (2007). Karakteristik Hidrolisat Protein Ikan Selar (*Caranx Leptolepis*) Yang Diproses Secara Enzimatis. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan* 10 (1), 23–34. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v10i1.966>.
- Pal, A., Kamthania, M. C., and Kumar, A. (2014). Bioactive Compounds and Properties of Seaweeds—A Review. *OALib* 01 (04), 1–17. <https://doi.org/10.4236/oalib.1100752>.
- Purnomo, E. H., Sitanggang, A. B., and Indrasti, D. (2012). Studi Kinetika Produksi Glukosamin Dalam Water-Miscible Solvent Dan Proses Separasinya. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian IPB*, no. i, 247–62.
- Ren, Y., Wu, H., Lai, F., Yang, M., Li, X., and Tang, Y. (2014). Isolation and Identification of a Novel Anticoagulant Peptide from Enzymatic Hydrolysates of Scorpion (*Buthus Martensii Karsch*) protein. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.08.031>.
- Rinaudo, M. (2006). Chitin and Chitosan: Properties and Applications. *Progress in Polymer Science (Oxford)* 31 (7), 603–32. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2006.06.001>.
- Rochima, E. (2014). Kajian Pemanfaatan Limbah Rajungan Dan Aplikasinya Untuk Bahan Minuman Kesehatan Berbasis Kitosan. *Jurnal Akuatika Indonesia* 5 (1), 244874.
- Santhosh, S., Anandan, R., Sini, T. K., and Mathew, P. T. (2007). Protective Effect of Glucosamine against Ibuprofen-Induced Peptic Ulcer in Rats. *Journal of Gastroenterology and Hepatology (Australia)* 22 (6), 949–53. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1746.2007.04840.x>.
- Siahaan, E. A., and Pangestuti, R. (2017). Pangan Fungsional Dan Nutrasetikal Dari Laut: Prospek Dan Tantangannya. *Depik Jurnal* 6 (3), 273–81. <https://doi.org/10.13170/depik.6.3.6874>.
- Sila, A., Mlaik, N., Sayari, N., Balti, R., and Bougatef, A. (2013). Chitin and Chitosan Extracted from Shrimp Waste Using Fish Proteases Aided Process: Efficiency of Chitosan in the Treatment of Unhairing Effluents. *J. Polym. Environ.* <https://doi.org/10.1007/s10924-013-0598-7>.
- Siro, I., Kápolna, E., Kápolna, B., and Lugasi, A. (2008). Functional Food. Product Development, Marketing and Consumer Acceptance—A Review. *Appetite* 51 (3), 456–67. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.05.060>.
- Suleman. (2020). Ekstrak Polisakarida Rumput Laut *Ulva Lactuta* Sebagai Imunostimulan Untuk Melawan V.Harveyi Pada Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) no. 2000, 675–83.
- Tabarsa, M., Lee, S. J., and You, S. (2012). Structural Analysis of Immunostimulating Sulfated Polysaccharides from *Ulva Pertusa*. *Carbohydrate Research* 361, 141–47. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2012.09.006>



Wall, R., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., and Stanton, C. (2010). Fatty Acids from Fish: The Anti-Inflammatory Potential of Long-Chain Omega-3 Fatty Acids. *Nutrition Reviews* 68 (5), 280–89.  
<https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00287.x>.

Wijayanti, I., Romadhon, and Rianingsih, L. (2016). Karakteristik Hidrolisat Protein Ikan Bandeng (*Chanos Chanos Forsk*) Dengan Konsentrasi Enzim Bromelin Yang Berbeda. *Jurnal Saintek Perikanan* 11 (2), 129–33.

Xia, W., Liu, P., Zhang, J., and Chen, J. (2011). Biological Activities of Chitosan and Chitooligosaccharides. *Food Hydrocolloids* 25 (2), 170–79.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.03.003>.