

A Review: Senyawa Fukosantin Dari Berbagai Alga dan Aplikasinya Dalam Bidang Kesehatan

Glodeliva Sesa Sakka¹, Muhammad Syahrir^{2*}, Hilda Yasni¹, Jeny Noer Kholifah¹, Zahrah Fakhirah Lukman¹

¹Program Studi Sarjana Kimia, Departemen Kimia, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia

²Departemen Kimia, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: 12, Januari, 2025
Accepted: 14, Februari, 2025
Online Published: 25, Februari, 2025

KEYWORD

Keywords: Alga, Fukosantin, Isolasi, Kesehatan

CORRESPONDING AUTHOR

E-mail: m.syahrir@unm.ac.id

A B S T R A C T

Fukosantin, sebagai salah satu karotenoid utama yang terdapat dalam alga cokelat, menunjukkan potensi luar biasa dalam berbagai aplikasi kesehatan. Artikel ini mengulas keberadaan fukosantin dalam berbagai spesies alga, terutama *Sargassum* sp., serta metode ekstraksi dan pemurniannya yang inovatif. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa fukosantin tidak hanya berfungsi sebagai antioksidan kuat, tetapi juga memiliki sifat antiinflamasi, antimikroba, dan efek neuroprotektif yang signifikan. Dengan kemampuannya dalam menetralkan radikal bebas dan menghambat pertumbuhan sel kanker, fukosantin menjanjikan sebagai nutrasetikal yang dapat mendukung pencegahan penyakit degeneratif. Melalui kajian literatur yang komprehensif, artikel ini menyoroti pentingnya eksplorasi lebih lanjut terhadap potensi fukosantin sebagai bahan baku dalam pengembangan produk kesehatan alami, serta tantangan dan peluang dalam penelitian alga di Indonesia. Hasilnya menegaskan bahwa fukosantin tidak hanya sekadar pigmen, tetapi juga merupakan molekul berharga yang dapat berkontribusi pada kesehatan manusia dan inovasi dalam industri kesehatan.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan suatu negara tropis dengan potensi sumber daya alam yang melimpah, memiliki potensi yang luar biasa untuk mengembangkan dan memanfaatkan kekayaan lautnya, termasuk rumput laut (Santiyoga, dkk. 2020). Fukosantin merupakan salah satu karotenoid yang paling melimpah di alam, terutama di lingkungan laut dan menyumbang sekitar 10% dari total produksi karotenoid alam (Galasso, et al 2017). Karotenoid merupakan zat fitokimia yang bertanggungjawab atas warna dari tumbuhan dan memiliki peran penting dalam pencegahan penyakit dan menjaga kesehatan. Karotenoid dibagi menjadi karoten dan xantofil, dimana karoten tidak mengandung oksigen sedangkan xantofil mengandung oksigen. Kelompok xantofil meliputi fucoxanthin, lutein, zeaxanthin, neoxanthin, canthaxanthin, violaxanthin, capsorubin, astaxanthin dan α -cryptoxanthin dan β -cryptoxanthin (Anggriany et al., 2024). Fukosantin, pigmen karotenoid utama dalam rumput laut cokelat seperti *Sargassum* sp., memiliki potensi sebagai antioksidan alami. Penelitian ini mengungkapkan bahwa fukosantin dapat diekstraksi dan dimurnikan menggunakan metode maserasi dan kromatografi, dengan aktivitas antioksidan yang terukur memiliki nilai IC₅₀ sebesar 87,64 ppm. Hasil ini menegaskan nilai fukosantin sebagai sumber nutrasetikal yang berharga untuk kesehatan (Sodik et al., 2022).

Fucoxanthin ditemukan dalam mikroalga dan makroalga seperti rumput laut cokelat dan memiliki fungsi protektif dan fotosintesis. Senyawa ini merupakan senyawa yang paling berlimpah dari semua karotenoid yang ditemukan dalam rumput laut cokelat, meskipun isinya bervariasi selama musim dan kehidupan siklus rumput laut (Laurenco-lopes et al, 2021). Fukosantin dianggap sebagai molekul berharga karena berbagai macam sifat menguntungkannya, seperti aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba, serta efek neuroprotektifnya (Laurenco-lopes, et al 2022). Fukosantin juga menjadi faktor utama yang menentukan warna coklat pada rumput laut tersebut. Pigmen ini dari alga coklat memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan nutrasetikal, terutama sebagai antioksidan dan agen kemopreventif, berkat kemampuannya dalam menetralkan radikal bebas (Wati, dkk, 2019).

Potensi fucoxanthin sebagai antioksidan alami semakin diperkuat melalui penelitian yang menunjukkan kemampuannya menetralkan radikal bebas. Hal ini memberikan peluang besar bagi pengembangannya sebagai bahan nutrasetikal dan agen kemopreventif untuk mencegah penyakit degeneratif dan inflamasi. Dengan metode ekstraksi dan pemurnian seperti maserasi dan kromatografi, fucoxanthin dari alga coklat dapat dimanfaatkan secara efisien. Nilai IC₅₀ yang dilaporkan sebesar 87,64 ppm menunjukkan kapasitas antioksidan yang signifikan, menegaskan perannya dalam pengembangan produk kesehatan berbasis laut.

Berdasarkan alasan di atas, maka tujuan dari review ini untuk mempelajari dan mendeskripsikan lebih jauh tentang eksplorasi senyawa fukosantin dari alga yang meliputi, bagaimana teknik ekstraksi dan isolasi dari senyawa fukosantin dari alga, serta uraian tentang aplikasi-aplikasi senyawa fukosantin dalam bidang kesehatan.

METODE

Metode penelitian yang dilakukan adalah literature review mengenai kandungan fukosantin dari alga dan manfaatnya dibidang kesehatan. Artikel yang digunakan berasal dari berbagai database yaitu Google Scholar, MDPI, SciencDirect dan PubMed yang diterbitkan pada tahun 2014 hingga 2024. Metode pengolahan data dilakukan dengan mengumpulkan hasil penelitian mengenai topik yang dibahas. Berbagai hal yang menyangkut kandungan kimia dan manfaatnya akan dijelaskan secara sederhana dengan analisis deskriptif.

HASIL & PEMBAHASAN

Tinjauan Umum Alga

Indonesia adalah negara maritim dengan berbagai komoditas yang potensial untuk dikembangkan. Rumput laut adalah komoditas potensial untuk Indonesia. Indonesia berada di posisi kedua di dunia dalam hal produksi rumput laut *Sargassum* sp., yang belum dieksplorasi secara luas. Genus *Sargassum* termasuk golongan alga cokelat (*Phaeophyta*) yang banyak tumbuh di perairan beriklim sedang. *Sargassum* sp. Tumbuh melekat pada batu, karang atau kerang di zona sub-tidal sampai kedalaman 0,01% cahaya matahari masih tersedia (Rohim & Estiasih, n.d.). Komponen bioaktif *Sargassum* sp. Telah banyak dieksplorasi dan ditemukan banyak mengandung senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, tanin, fenolik terpenoid, saponin, alkaloid, dan sterol serta mengandung senyawa bioaktif seperti alginat, fukosantin, fukoidan, dan floratanin (Wahyuningsih et al., 2024)

Salah satu jenis rumput laut yang menarik adalah *Sargassum filipendula*, yang dikenal kaya akan fucoxanthin, pigmen karotenoid dengan berbagai manfaat biologis, termasuk sebagai antioksidan dan agen anti-obesitas. Penelitian menunjukkan bahwa *Sargassum filipendula* memiliki potensi signifikan sebagai sumber fucoxanthin, yang dapat dimanfaatkan dalam pengembangan produk kesehatan alami (Zailanie, 2014)

Rumput laut berpotensi untuk dikembangkan sebagai sumber antioksidan alami. Rumput laut *P. australis* adalah jenis rumput laut coklat yang ekstraknya mengandung metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, terpenoid, saponin, fenol hidrokuinon, dan tannin. *P. australis* memiliki kandungan fenol total tertinggi dan aktivitas antioksidan yang paling baik (Permatasari et al., n.d.2020). Fukosantin merupakan salah satu pigmen yang dominan dari golongan karotenoid yang terdapat dalam lingkungan laut. Pigmen ini terutama dihasilkan oleh rumput laut coklat (*Phaeophyta*) (Aisyah, dkk. 2020). *Tisochrysis lutea* adalah alga mikro laut yang kaya akan asam lemak tak jenuh ganda (n-3), vitamin, dan senyawa fenolik, serta banyak digunakan dalam akuakultur. Alga ini memiliki potensi sebagai sumber senyawa anti-inflamasi melalui kandungan fucoxanthin dan senyawa fenolik yang dapat memberikan efek sinergis (Bigagli et al., 2021). Fukosantin telah menarik perhatian karena bioaktivitasnya yang luar biasa sebagai antioksidan yang efektif dalam menangkalkan radikal bebas serta sebagai agen antiinflamasi. Selain itu, senyawa ini melindungi sel dari zat-zat berbahaya seperti H₂O₂ dan memiliki peran penting dalam menghambat pertumbuhan sel kanker, termasuk pada hati, prostat, paru-paru, kelenjar getah bening, lambung, dan leukemia. Fukosantin juga berfungsi sebagai agen antiobesitas dengan mencegah akumulasi lemak. Lebih dari itu, fukosantin adalah suplemen kesehatan yang aman dengan sifat non-toksik yang telah terbukti (Aisyah. 2020).

Conticribra weissflogii ND-8, diatom uniseluler yang dapat tumbuh cepat, juga merupakan sumber fucoxanthin yang menarik untuk penelitian lebih lanjut. Alga ini kaya akan fucoxanthin, menjadikannya subjek penting dalam pengembangan produk kesehatan berbasis bahan alami. Dengan karakteristik ini, *C. weissflogii* berkontribusi signifikan terhadap upaya menemukan alternatif terapeutik yang aman dan efektif dalam pengobatan berbagai kondisi inflamasi (Su et al., 2019)

Isolasi senyawa fukosantin

Isolasi fukosantin dari rumput laut *Padina* sp. dan *Sargassum* sp. dilakukan melalui proses serupa, dimulai dengan pengeringan dan penghalusan alga, dilanjutkan dengan perendaman dalam DMSO 10%. Ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut aseton 80% dan 90%, diikuti dengan fraksinasi menggunakan kromatografi kolom. Metode ini berhasil menghasilkan fraksi aktif yang berpotensi sebagai antioksidan dan pelindung UV, menunjukkan aplikasi penting dalam produk kesehatan dan kosmetik Abdullah et al., n.d. (2021). Dalam penelitian lain yang dilakukan Nuraini et al., (2021), isolasi pigmen fukosantin dari *Sargassum* sp. dilakukan dengan maserasi menggunakan etanol 96% selama 24 jam. Setelah disaring, larutan dievaporasi menjadi ekstrak pasta.

Purifikasi dilakukan menggunakan kromatografi kolom silika gel dengan pelarut n-heksan dan aseton. Identifikasi pigmen dilakukan dengan KLT dan spektrofotometer UV-Vis, menghasilkan pigmen berkualitas tinggi untuk formulasi produk kosmetik alami. Sebuah studi oleh Medina et al., (2019), juga meneliti isolasi fukosantin dari mikroalga *Isochrysis galbana*. Dalam penelitian ini, tujuh pelarut organik digunakan, dengan metanol dan etanol sebagai pelarut paling efektif, menghasilkan fukosantin masing-masing 6,282 mg/g dan 4,187 mg/g. Proses dimulai dengan menyiapkan biomassa yang telah dikeringkan, diikuti dengan pemanasan dalam bak ultrasonik selama 10 menit. Dengan waktu ekstraksi optimal 10 menit, penelitian ini menunjukkan bahwa pemilihan pelarut dan waktu ekstraksi sangat penting untuk mendapatkan fukosantin berkualitas tinggi dari *I. galbana*.



Gambar 1. Skema proses isolasi fukosantin dari alga

Penelitian oleh Nursid et al. (2015) berfokus pada isolasi fukosantin dari *Padina australis*. Proses isolasi dimulai dengan maserasi menggunakan campuran aseton dan metanol (7:3 v/v) selama 24 jam, diikuti dengan pemisahan fraksi menggunakan partisi metanol-air dan n-heksana. Fraksi metanol-air kemudian dimurnikan melalui kromatografi kolom silika gel dengan eluen n-heksana dan aseton (6:4 v/v). Identifikasi fukosantin dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan LC-IT-ToF-MS, menunjukkan panjang gelombang maksimum pada 447 nm dan ion molekul dengan m/z 659,3612 $[M+H]$. Uji sitotoksitas menunjukkan bahwa fukosantin memiliki

efek sitotoksik terhadap sel kanker payudara MCF7 dengan nilai IC50 sebesar 34,7 µg/ml, namun relatif tidak toksik terhadap sel normal Vero dengan IC50 sebesar 1071,6 µg/ml.

Sodik et al. (2020) meneliti ekstraksi dan purifikasi fukosantin dari *Sargassum* sp.. Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi menggunakan etanol 96% selama 24 jam. Setelah filtrasi, ekstrak diuapkan hingga menjadi pasta, kemudian dimurnikan menggunakan kromatografi kolom dengan fase diam silika gel dan eluen n-heksana:aseton dengan perbandingan tertentu. Uji aktivitas antioksidan dilakukan menggunakan metode DPPH, menunjukkan bahwa fukosantin hasil isolasi memiliki aktivitas antioksidan yang signifikan. Penelitian lain oleh Husni et al. (2014) berhasil mengisolasi fukosantin dari *Sargassum duplicatum* dan *Turbinaria decurrens*. Ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut metanol, diikuti dengan pemurnian melalui kromatografi kolom. Spektra UV-Vis dari ekstrak murni menunjukkan kehadiran fukosantin. Uji aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa fukosantin memiliki potensi sebagai senyawa antioksidan yang efektif.

Tabel 1. Metode ekstraksi/isolasi senyawa fukosantin dari berbagai alga

Referensi	Sumber Alga	Metode Ekstraksi	Metode Pemurnian	Identifikasi	Hasil Utama
Aminanti (2013)	<i>Sargassum cristaefolium</i>	Ekstraksi menggunakan pelarut organik (tidak disebutkan secara spesifik)	Tidak dijelaskan	Tidak dijelaskan	Penelitian ini berfokus pada ekstraksi dan isolasi pigmen fukosantin dari alga coklat <i>Sargassum cristaefolium</i> segar dan produk "teh" rumput laut. Namun, detail metode dan hasil tidak tersedia dalam sumber yang diberikan.
Das et al. (2005)	<i>Sargassum tenerrimum</i>	Ekstraksi menggunakan metanol	Tidak dijelaskan	Tidak dijelaskan	Metanol diidentifikasi sebagai pelarut terbaik untuk ekstraksi fukosantin dari rumput laut coklat segar.
Nursid et al. (2015)	<i>Padina australis</i>	Maserasi dengan campuran aseton:metanol (7:3 v/v) selama 24 jam	Kromatografi kolom silika gel dengan n-heksana:aseton	UV-Vis, LC-IT-ToF-MS	Panjang gelombang maksimum 447 nm, efek sitotoksik pada sel MCF7 (IC50 = 34,7 µg/ml). Relatif tidak toksik pada sel normal.
Sodik et al. (2020)	<i>Sargassum</i> sp.	Maserasi menggunakan etanol 96% selama 24 jam	Kromatografi kolom dengan silika gel dan n-heksana:aseton	UV-Vis	Fukosantin memiliki aktivitas antioksidan signifikan terhadap radikal DPPH.
Husni et al. (2014)	<i>Sargassum duplicatum</i> , <i>Turbinaria decurrens</i>	Ekstraksi dengan pelarut metanol	Kromatografi kolom	UV-Vis	Fukosantin yang diisolasi memiliki potensi antioksidan yang tinggi.
Medina et al. (2019)	<i>Isochrysis galbana</i>	Maserasi dengan metanol dan etanol. Ekstraksi dipercepat dengan ultrasonik (10 menit).	Tidak dijelaskan	UV-Vis, HPLC	Fukosantin tertinggi dihasilkan menggunakan metanol (6,282 mg/g) dan etanol (4,187 mg/g).
Nuraini et al. (2021)	<i>Sargassum</i> sp.	Maserasi dengan etanol 96% selama 24 jam	Kromatografi kolom silika gel dengan n-heksana:aseton	KLT, UV-Vis	Pigmen fukosantin berkualitas tinggi dihasilkan untuk aplikasi kosmetik alami.

Aplikasi senyawa fukosantin dalam bidang kesehatan

Fukosantin adalah karotenoid yang ditemukan dalam alga coklat, seperti *Hijikia fusiformis*. Sebagai antioksidan, fukosantin membantu menetralkan radikal bebas, mengurangi stres oksidatif, dan mencegah kerusakan sel. Selain itu, fukosantin memiliki sifat anti-inflamasi yang bermanfaat dalam pengelolaan penyakit peradangan. Dengan demikian, fukosantin berpotensi mendukung kesehatan dan pencegahan penyakit degeneratif (Yan et al., 2014). Di sisi lain, fukosantin juga menunjukkan potensi sebagai agen terapi kanker. Senyawa ini dapat menginduksi apoptosis, menghambat metastasis, dan meningkatkan efektivitas terapi

konvensional. Dengan demikian, fukosantin merupakan senyawa bioaktif yang menjanjikan untuk terapi kanker (Méresse et al., 2020).

Fucoxanthin telah menunjukkan efek antikanker melalui berbagai mekanisme, termasuk induksi apoptosis, penghambatan proliferasi sel, dan pengaturan jalur sinyal molekuler. Studi menunjukkan bahwa fucoxanthin dapat menghambat pertumbuhan beberapa jenis kanker, seperti kanker payudara, kanker prostat, dan kanker kolorektal. Sebagai contoh, penelitian oleh Kotake-Nara et al. (2005) menunjukkan bahwa fucoxanthin mampu menginduksi apoptosis pada sel kanker payudara dengan mengaktifasi jalur caspase. Selain itu, fucoxanthin memiliki kapasitas antioksidan yang tinggi, membantu menetralkan radikal bebas yang dapat merusak sel dan jaringan. Selain itu, senyawa ini dapat menurunkan ekspresi sitokin pro-inflamasi seperti interleukin-6 (IL-6) dan faktor nekrosis tumor- α (TNF- α), sehingga berpotensi mengurangi risiko penyakit inflamasi kronis, seperti artritis reumatoid dan penyakit kardiovaskular (Peng et al., 2011).

Fucoxanthin juga telah terbukti berperan dalam pengaturan metabolisme lipid, menjadikannya kandidat potensial untuk pengelolaan obesitas. Mekanisme ini terkait dengan peningkatan ekspresi protein pemisah (uncoupling protein-1) di jaringan adiposa coklat, yang meningkatkan pembakaran lemak dan menghasilkan energi (Maeda et al., 2009). Efek ini memberikan harapan untuk pengembangan suplemen yang dapat membantu mengurangi berat badan secara aman dan efektif. Beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa fucoxanthin memiliki aktivitas neuroprotektif, yang menjadikannya kandidat potensial untuk terapi penyakit neurodegeneratif seperti Alzheimer dan Parkinson. Efek ini terkait dengan aktivitas antioksidan dan kemampuannya mengurangi stres oksidatif pada jaringan saraf (Heo et al., 2010). Dalam pengelolaan diabetes, fucoxanthin berpotensi meningkatkan sensitivitas insulin, menurunkan kadar glukosa darah, dan menghambat akumulasi lipid di hati. Studi oleh Jeon et al. (2010) menunjukkan bahwa fucoxanthin dapat meningkatkan metabolisme energi dan memperbaiki profil lipid pada model hewan diabetes tipe 2.

Jenis alga	Metode	Variabel	Hasil	Ref.
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	Metode kromatografi menggunakan HPLC	Kontrol: Kelompok hewan yang tidak diberikan ekstrak atau yang diberi perlakuan dengan bahan kontrol	Efek Anti-Obesitas: Ekstrak mikroalga yang mengandung fucoxanthin secara signifikan mengurangi berat badan dan ukuran lemak tubuh pada tikus yang diberi diet tinggi lemak. Parameter Metabolik: Terdapat perbaikan pada parameter metabolic terkait obesitas seperti penurunan kadar glukosa darah dan lipid darah. Efektivitas: Penelitian menunjukkan potensi ekstrak mikroalga sebagai agen anti-obesitas, dengan efek yang lebih baik dibandingkan kelompok kontrol.	Koo, et al (2019)

<i>Laminaria japonica</i>	Metode eksperimental dengan model in vitro dan in vivo	Viabilitas Sel, Ukuran Tumor, Induksi Apoptosis	Induksi Apoptosis: FX dapat menginduksi apoptosis pada sel-sel kanker paru-paru melalui pengaktifan caspase. Inhibisi Angiogenesis: FX dapat menghambat angiogenesis pada sel-sel endotel dan sel-sel kanker paru-paru. Inhibisi Migrasi dan Invasi: FX dapat menghambat migrasi dan invasi sel-sel kanker paru-paru.	Mei, et al (2017)
<i>Undaria pinnatifida</i>	Ekstraksi Fucoxanthin, Model in vitro, Uji Antimikroba	Variabel Bebas: Konsentrasifucoxanthin. Jenis bakteri patogen yang diuji (Escherichia coli dan Lactobacillus). Variabel Terikat: Pertumbuhan bakteri patogen (misalnya, ukuran zona hambat dalam uji difusi agar atau nilai MIC). Interaksi bakteri dalam sistem kultur usus.	Fucoxanthin sangat menghambat pertumbuhan bakteri patogen Gram-positif tetapi kurang efektif terhadap bakteri Gram-negatif. Fucoxanthin yang diekstrak dari campuran kasar memiliki tingkat pemulihan 93,38% dan kemurnian 82,70%, yang lebih tinggi daripada fucoxanthin yang diekstrak menggunakan metode sebelumnya. Fucoxanthin juga meningkatkan pertumbuhan mikroba usus pada tikus.	Zonglin, et al (2019)
<i>Sargassum siliquastrum</i>	Metode Ekstraksi dan Isolasi Fucoxanthin, Model hewan In Vitro,	Variabel Bebas: Konsentrasi fucoxanthin. Waktu perlakuan (misalnya, sebelum atau setelah infeksi virus). Variabel Terikat: Titer virus dalam sel (mengukur efektivitas pengurangan virus). Viabilitas sel. Ekspresi protein atau gen terkait infeksi atau respons antiviral.	Efektivitas Antiviral: Fucoxanthin menunjukkan kemampuan untuk mengurangi titer SARS-CoV-2 dalam sel yang terinfeksi, dengan konsentrasi efektif yang ditentukan. Viabilitas Sel: Hasil uji viabilitas sel menunjukkan Fucoxanthin terhadap kesehatan sel inang, baik dalam konteks perlakuan atau infeksi. Analisis Molekuler: Perubahan dalam ekspresi protein atau gen terkait infeksi virus atau respons antiviral mungkin diukur, memberikan	Kang, et al (2023)

KESIMPULAN

Fucoxanthin dari alga menunjukkan potensi yang besar sebagai senyawa bioaktif untuk aplikasi dalam bidang kesehatan. Aktivitas biologisnya yang luas, termasuk antikanker, antioksidan, dan pengaturan metabolisme, memberikan peluang pengembangan produk farmasi dan nutrisi yang inovatif. Namun, penelitian lebih lanjut, terutama uji klinis pada manusia, diperlukan untuk mengkonfirmasi efektivitas dan keamanannya. Penelitian menunjukkan bahwa

metode maserasi dengan pelarut polar (etanol atau metanol) sering menjadi pilihan efektif untuk meningkatkan efisiensi ekstraksi fukosantin. Selain itu, teknik seperti kromatografi kolom menggunakan silika gel dengan eluen n-heksana dan aseton terbukti menghasilkan fukosantin dengan kemurnian tinggi. Variasi metode, seperti penggunaan ultrasonikasi dalam ekstraksi, juga meningkatkan efisiensi dan waktu pemrosesan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Bagian berisi ucapan terima kasih kepada pihak yang berperan aktif dalam penulisan artikel review ini. Terima kasih kepada bapak Dr. Muhammad Syahrir, M.Si atas bimbingannya dalam penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA (Times New Roman, point 11, Bold, Spasi 1)

- Abdullah, A., Irma Suryani Nasution Departemen Teknologi Hasil Perairan, A., & Perikanan dan Ilmu Kelautan, F. (n.d.). Karakteristik Fraksi Aktif Biopigmen Fukosantin Rumput Laut Cokelat Sebagai Antioksidan Dan Uv-Protector. In JPHPI 2021 (Vol. 24, Issue 1). <https://doi.org/10.3390/md19060334>
- Anggriany, N., Ratna Noer, E., Margawati, A., Pramono, A., & Anjani, G. (2024). Peran Senyawa Bioaktif Rumput Laut Terhadap Respon Glukosa Darah Pada Individu Obesitas: Literatur Review. 13, 233–246. <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jnc/>
- Bigagli, E., D'ambrosio, M., Cinci, L., Niccolai, A., Biondi, N., Rodolfi, L., Nascimient, L. B. D. S., Tredici, M. R., & Luceri, C. (2021). A comparative in vitro evaluation of the anti-inflammatory effects of a tisochrysis lutea extract and fucoxanthin. *Marine Drugs*, 19(6). <https://doi.org/10.3390/md19060334>
- Lourenço-Lopes, C., Fraga-Corral, M., Jimenez-Lopez, C., Carpena, M., Pereira, A. G., Garcia-Oliveira, P., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2021). Biological action mechanisms of fucoxanthin extracted from algae for application in food and cosmetic industries. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 117, pp. 163–181). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.012>
- Medina, E., Cerezal, P., Morales, J., & Ruiz-Domínguez, M. C. (2019). Fucoxanthin from marine microalga *Isochrysis galbana*: Optimization of extraction methods with organic solvents. *DYNA (Colombia)*, 86(210), 174–178. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n210.72932>
- Méresse, S., Fodil, M., Fleury, F., & Chénais, B. (2020). Fucoxanthin, a marine-derived carotenoid from brown seaweeds and microalgae: A promising bioactive compound for cancer therapy. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 21, Issue 23, pp. 1–27). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijms21239273>
- Nuraini, D., Amin Alamsjah, M., Eka Saputra, dan, Studi Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga, P., Timur, J., Kelautan, D., Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga
- F., Koresponding, I., & Perikanan dan Kelautan, F. (2021). Aplikasi Ekstrak Pigmen Fukosantin dari *Sargassum* sp. terhadap Kualitas Fisik Sediaan Pewarna Pipi (Blusher) Application of Fucoxanthin Pigment Extract from *Sargassum* sp. on the Physical Quality of Blusher Preparation. In *Journal of Marine and Coastal Science* (Vol. 10, Issue 2). <https://ejournal.unair.ac.id/JMCS>
- Permatasari, A., Batubara, I., Nursid, M., Kimia, D., Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., Pertanian Bogor, I., Studi Biofarmaka Tropika Institut Pertanian Bogor, P., Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, B., & Kelautan dan Perikanan, K. (n.d.). Pengaruh Konsentrasi Etanol dan Waktu Maserasi terhadap Rendemen, Kadar Total Fenol dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Rumput Laut *Padina australis*. <https://doi.org/10.20884/1.mib.2020.37.2.1192>
- Rohim, A., & Estiasih, T. (n.d.). Bioactive Compounds on *Sargassum* sp. Brown Seaweed: A Review. In *Jurnal Teknologi Pertanian* (Vol. 20, Issue 2).
- Sodik, V., Tamat, S., Suwarno, T., & Novindri, D. (2022). Ekstraksi Dan Purifikasi Fukosantin Dari Rumput Laut Cokelat *Sargassum* Sp. Sebagai Antioksidan. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 14(1), 123–133. <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v14i1.2057>
- Su, J., Guo, K., Huang, M., Liu, Y., Zhang, J., Sun, L., Li, D., Pang, K. L., Wang, G., Chen, L., Liu, Z., Chen,

- Y., Chen, Q., & Huang, L. (2019). Fucoxanthin, a marine xanthophyll isolated from *Conticribra weissflogii* ND-8: Preventive anti-inflammatory effect in a mouse model of sepsis. *Frontiers in Pharmacology*, 10(JULY). <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00906>
- Sulistiyan, Y., Sabdono, A., Afiati, N., & Haeruddin. (2021). Fucoxanthin identification and purification of brown algae commonly found in Lombok Island, Indonesia. *Biodiversitas*, 22(3), 1527–1534. <https://doi.org/10.13057/BIODIV/D220358>
- Wahyuningsih, E., Lissa Putri Amannillah, V., Febriananda, G., Nur Aliyyah, Z., & Az Zahra Wijatmoko, F. (2024). Optimasi Metode dan Penentuan Batas Deteksi untuk Analisis Kadar fukosantin dalam *Sargassum ilicifolium* (Turner) C.Agardh Menggunakan KLT-Densitometri Optimization Method and Determination of Detection Limit fot Analysis Fucoxantin in *Sargassum ilicifolium* (Turner) C.Agardh Using TLC-Densitometry. 3(1).
- Yan, X., Chuda, Y., Suzuki, M., & Nagata, T. (1999). Fucoxanthin as the major antioxidant in *hijikia fusiformis*, a common edible seaweed. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 63(3), 605–607. <https://doi.org/10.1271/bbb.63.605>
- Zailanie, K. (2014). Study on of Fucoxanthin Content and its Identification in Brown Algae from Padike Vilage Talango District, Madura Islands. *J. Life Sci. Biomed*, 4(1), 1–3.