

KAROTENOID DARI LAUT SEBAGAI PEWARNA ALAMI MAKANAN: TELAAH PUSTAKA

CAROTENOID FROM THE SEA AS NATURAL FOOD COLORANT: A REVIEW

Paulus Damar Bayu Murti^{1*}, Raka Bachtiar Kuspradanarto¹, Bambang Dwiloka², James Ngginak³, Anggara Mahardika⁴

¹ Departemen Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nasional Karangturi, Jl. Raden Patah No. 182-192, Kota Semarang, 50127, Indonesia

² Departemen Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan Pertanian, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Sudarto No.13, Kota Semarang, 50275, Indonesia

³ Departemen Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Kristen Artha Wacana, Jl. Adi Sucipto No.147, Kota Kupang, Indonesia

⁴ Departemen Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Jl. Diponegoro No. 52-60, Kota Salatiga 50711, Indonesia

^{*}) Email korespondensi: damar.bayu@unkartur.ac.id

Abstrak

Pewarna makanan menjadi faktor penting untuk menambah estetika dari suatu produk pangan. Sumber pewarna makanan dapat diperoleh baik dari alam maupun sintetik. Namun, pewarna sintetik memiliki efek samping yang buruk bagi kesehatan tubuh bila dikonsumsi dalam kurun waktu yang lama. Di sisi lain, pewarna alami dapat menjadi sumber alternatif yang menjanjikan untuk digunakan sebagai pewarna makanan karena mudah diperoleh dari berbagai sumberdaya baik di daratan maupun lautan. Karotenoid merupakan suatu senyawa yang disintesis oleh organisme yang mengekspresikan warna pigmen kuning, oranye, hingga merah muda. Warna alami dari karotenoid selain digunakan sebagai pewarna juga memiliki aktivitas biologi yang mampu menunjang kesehatan. Penelitian dalam mengeksplorasi sumberdaya kelautan kini semakin diminati oleh para peneliti guna mencari senyawa bioaktif, sumber bahan pangan fungsional maupun pewarna alami yang dapat disintesis oleh biota laut yang tidak dijumpai pada organisme di darat. Review ini akan membahas tentang bagaimana mendapatkan senyawa karotenoid dari laut yang ramah lingkungan dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan peneliti dan potensi penggunaannya sebagai pewarna makanan alami di masa yang akan datang.

Kata kunci: Karotenoid; Pewarna makanan; Laut; Pangan; Senyawa bioaktif

Abstract

Food colorant is an important factor to add to the aesthetics of a food product. The source of food colorant can be obtained from both natural and synthetic. However, synthetic dyes have side effects that are bad for the health of the body when consumed for a long time. On the other hand, natural dyes can be promising alternative source for use as food colorant because they are easily obtained from various resources both on land and in the oceans. Carotenoids are compounds that are synthesized by organisms that express yellow, orange, and pink pigments. The natural color of carotenoids, apart from being used as dyes, also has biological activities that can support health. Researchers are increasingly interested in exploring marine resources in search of bioactive compounds, sources of functional food ingredients and natural dyes that can be synthesized by marine biota that are not found in organisms on land. This review will discuss how to get carotenoid compounds from the sea from several studies that have been done by researchers and their potential use for food colorant in the future.

Keywords: Carotenoid; Food colorant; Sea; Food; Bioactive compounds

Pendahuluan

Pewarna makanan relatif menjadi sorotan utama ketika suatu makanan menampilkan warna yang cantik untuk menggugah selera konsumen. Warna pada makanan adalah suatu bahan tambahan pangan (BTP) yang ditambahkan untuk menambah estetika suatu produk pangan. Pewarna adalah salah satu jenis zat aditif makanan (*food additive*) dimana merupakan senyawa atau campuran berbagai senyawa yang ditambahkan dengan sengaja kedalam makanan dan terlibat dalam

proses pengolahan, pengemasan, atau penyimpanan (Karunia, 2013). Berdasarkan sumbernya, zat warna itu sendiri dibagi menjadi dua jenis, yaitu pewarna alami dan pewarna sintetis seperti yang tersaji pada Gambar 1. Zat pewarna sintetis khususnya pewarna tekstil sangat berbahaya bagi kesehatan manusia di masa yang akan datang karena mengandung logam berat. Oleh karena itu, urgensi mengenai eksporasi zat warna alami sangatlah diperlukan agar dapat dijadikan alternatif pengganti zat pewarna sintetis.

berperan menyerap cahaya violet, biru, merah dan memantulkan cahaya hijau. Sintesis klorofil terjadi melalui fotoreduksi protoklorofilid menjadi klorofilid a dan diikuti dengan esterifikasi fitol untuk membentuk klorofil a yang dikatalisis enzim *klorofilase* (Sumenda, 2011). Antosianin merupakan kelompok pigmen yang berwarna merah sampai biru yang tersebar dalam

tanaman (Handayani and Rahmawati, 2012). Menurut (Hapsari, 2011), antosianin dapat menjadi salah satu pewarna alami yang diekstrak dari buah stroberi. Pewarna alami menjanjikan lebih aman dalam penggunaannya sebagai pewarna makanan guna menunjang kesehatan, namun perlu diperhatikan dalam menjaga kestabilan daripada pewarna alami tersebut.

Tabel 1. Perbedaan zat pewarna sintetis dan pewarna alami

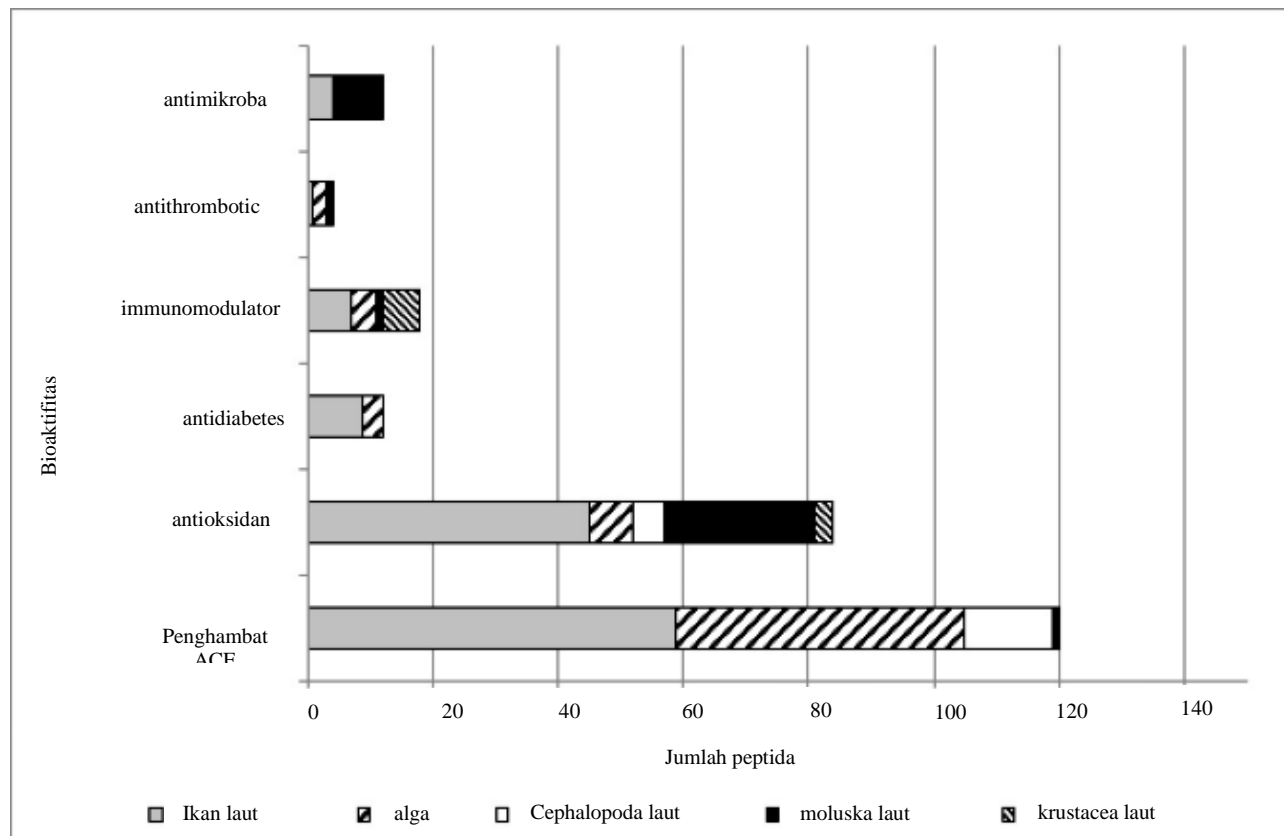
Pembeda	Zat pewarna sintetis	Zat pewarna alami
Warna yang dihasilkan	Lebih cerah Lebih homogen	Lebih pudar Tidak homogen
Variasi warna	Banyak	Sedikit
Harga	Lebih murah	Lebih mahal
Ketersediaan	Tidak terbatas	Terbatas
Kestabilan	Stabil	Kurang stabil

Sumber: Lee (2005)

Sumber Pigmen Karotenoid dari Laut

Sumber – sumber pigmen karotenoid dari alam relatif terdapat pada organisme – organisme yang melakukan fotosintesis pada tubuhnya. Organisme fotosintetik termasuk bakteri dan jamur biasanya menghasilkan pigmen fikobilin (fikosianin dan fikoeretrin), klorofil (klorofil-a, klorofil-b, dan klorofil-c), dan karotenoid (β -karoten, lutein, fukosantin, dan antosianin) (Murti *et al.*, 2016). Selain tumbuhan dan buah-buahan di lingkungan darat, terdapat sumber

biopigmen lain yaitu lingkungan laut yang kaya akan sumberdayanya, dari tumbuhan juga biota di lautan. Organisme laut ini telah diketahui mengandung senyawa bioaktif yang belum tereksplorasi dengan baik sehingga memiliki potensi yang besar untuk dapat dimanfaatkan dan diaplikasikan di bidang farmasi, pangan dan juga kesehatan. Senyawa bioaktif peptida yang relatif banyak dijumpai pada organisme laut. Sebaran distribusi senyawa bioaktif peptida pada beberapa organisme laut seperti yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Distribusi bioaktif peptide dalam beberapa organisme laut. (Pavlicevic, Maestri and Marmioli, 2020)

Beberapa penelitian telah dilakukan dalam pencarian senyawa pigmen alami dari laut yang diaplikasikan sebagai bahan tambahan pangan sebagai zat pewarna makanan. Menurut penelitian (Puspita and Uktolseja, 2020), bakteri dari karang jenis *Montipora* sp. yaitu *Rhodococcus* sp. memiliki potensi penyumbang pigmen alami yang digunakan untuk pewarna makanan. Karotenoid yang berasal dari mikroalga dan makroalga berpotensi juga dapat dimanfaatkan dalam bidang pangan sebagai pewarna (de Fretes *et al.*, 2012). Salah satu jenis mikroalga yaitu *Tetraselmis chuii* mengandung beberapa kandungan pigmen klorofil dan karotenoid, karena memanfaatkan energy cahaya matahari dan CO₂ untuk melakukan proses fotosintesis (Ginting *et al.*, 2018). Di sisi lain, (Merdekawati, Karwur and Susanto, 2017) menjelaskan tentang sebaran distribusi karotenoid pada makroalga yang sudah dipetakan dan dibahas dalam telaah pustaka. Bakteri simbiosis *Brevibacterium maris* dan *Paracoccus alcaliphilus* yang diekstraksi dari alga *Caulerpa cupressoides* ternyata juga mengandung komposisi jenis pigmen karotenoid seperti violaxanthin, neoxanthin, diadinoxanthin, β-karoten, γ-karoten (Arlita, Radjasa and Santoso, 2013). Tumbuhan akuatik seperti *Ipomoea aquatica* dan *Nymphaea* sp. ternyata juga mengandung pigmen alami klorofil dan karotenoid dalam jumlah yang cukup relatif besar (Kurniawan, Izzati and Nurchayati, 2010). Menurut penelitian (Sahara, 2011) mengungkapkan bahwa limbah dari kepala udang ternyata dapat dijadikan sebagai pigmen alami yang ditambahkan untuk membuat warna kuning telur menjadi lebih cerah dan baik pada saat proses pemasakan.

Potensi Sumberdaya Kelautan

Indonesia, 2/3 wilayahnya adalah lautan dan mempunyai panjang garis pantai terpanjang di dunia yaitu ± 80.791,42 Km. Keanekaragaman hayati di lautan menyimpan sejuta manfaat yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan dan barang ekonomi yang dapat meningkatkan kesejahteraan manusia. Eksplorasi kelautan sedang digalakkan untuk memaksimalkan potensi sumber daya ini dengan melakukan berbagai penelitian untuk menelusuri lebih jauh sumber senyawa bioaktif yang dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti farmasi, pangan dan juga kedokteran. Sumber daya perairan sangatlah berperan penting bagi pembangunan di Indonesia (Baransano and Mangimbulude, 2011).

Ekosistem kelautan dari Indonesia yang terkenal adalah terumbu karangnya, karena kurang lebih 14% terumbu karang dunia berada di Indonesia dengan luas sekitar 75.000 Km². Fungsi terumbu karang adalah untuk melindungi pantai dari abrasi, penahan ombak, dan juga tempat untuk memijah bagi ikan-ikan dan biota laut lain yang merupakan sumber protein dan bahan obat. Terumbu karang juga memiliki fungsi menyokong nilai ekonomi Indonesia dengan hadirnya para wisatawan yang berkunjung untuk menikmati indahnya terumbu karang Indonesia. Di sisi lain, terumbu karang yang bersimbiosis dengan *zooxanthellae* guna

mempertahankan warna karang dari pengaruh suhu tinggi dan tekanan bawah laut, merupakan sumber alternatif dalam pencarian pewarna alami yang diaplikasikan dalam bahan aditif pangan. (Puspita and Uktolseja, 2020) telah melakukan penelitian dalam memanfaatkan bakteri dari karang *Mantipora* sp. sebagai pewarna makanan. Potensi terumbu karang di Indonesia sangat luar biasa sebagai paru-paru dunia di dasar laut untuk mengatasi perubahan iklim pengaruh dari emisi karbon yang sangat besar (Baransano and Mangimbulude, 2011).

Sektor perikanan, menjadi kunci utama dalam peningkatan perekonomian Indonesia, dengan potensi perikanan tangkap ikan pelagis sebesar 7,3 juta ton dan budidaya perikanan sebesar 57,7 juta ton (Kusuma, 2004). Di sektor budidaya seperti udang, rajungan, kepiting bakau dapat dimanfaatkan untuk diekstraksi diambil senyawa kandungan pewarna alami dari biota tersebut. Kulit udang dapat dimanfaatkan untuk diambil senyawa astaxanthinnya (Ngginak *et al.*, 2013), rajungan dan kepiting hewan bercangkang ini dapat dimanfaatkan untuk diambil senyawa kitin dan kitosannya (Rochima, 2014) (Hanafi *et al.*, 2000) yang diaplikasikan kedalam pangan sebagai bahan aditif alami.

Rumput laut merupakan komoditas unggulan dari perairan di Indonesia. Tumbuhan yang terkenal dengan *thallus* nya ini dalam mencari nutrisi untuk bertumbuh sangat populer di kalangan masyarakat pesisir karena kemanfaatannya. Rumput laut digolongkan menjadi 3 kelompok yaitu rumput laut merah, hijau dan coklat. Rumput laut sangat bagus pemanfaatannya dalam pangan. Selain disajikan sebagai sayuran segar untuk makanan pecel, dapat juga diambil manfaat pigmen warna alami yang terkandung di dalamnya. Kandungan setiap kelompok jenis pigmen rumput laut telah diteliti dan disajikan dalam Tabel 2. Melihat begitu kayanya akan pigmen alami pada kandungan rumput laut, sehingga mampu berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambah pangan sebagai pewarna alami makanan.

Potensi sumberdaya kelautan sudah tidak perlu untuk diragukan lagi, karena begitu kayanya sumber daya alam yang tersedia di lingkungan laut ini baik dari biota lautnya dari pesisir hingga laut dalam semua mempunyai potensi besar untuk dimanfaatkan dalam pencarian senyawa bioaktif ataupun pewarna alami makanan. Karakteristik biota laut yang mampu bertahan dari adaptasi lingkungan yang keras karena tekanan, suhu yang ekstrem maupun ancaman akan predator (Siahaan and Pangestuti, 2017). Selain daripada itu, lingkungan laut juga mengandung 10⁷ virus, 10⁶ bakteri, 10³ jamur, dan 10³ mikroalga/mL (Murti and Radjasa, 2012). Ini menyebabkan mau tidak mau organisme laut harus beradaptasi sehingga menghasilkan metabolit sekunder yang berguna untuk mempertahankan eksistensinya dalam lingkungan. Beberapa penelitian telah dilakukan dalam mengeksplorasi senyawa bioaktif dari organisme laut yang berfungsi sebagai antibakteri (Sabdon and Radjasa, 2006; Radjasa, Kencana, *et al.*, 2007; Radjasa,

2008; Khoeri *et al.*, 2011; Seenivasan *et al.*, 2012) dan penyakit tuberkulosis (TBC) (Sulistiyani *et al.*, 2010). Perlunya dilakukan konsorsium penelitian dari beberapa peneliti atau ahli kelautan, teknologi pangan, farmasi,

dan lainnya untuk dapat mengeksplorasi lebih jauh manfaat dari sumberdaya kelautan yang diaplikasikan dalam bidang pangan, farmasi, ataupun kesehatan.

Tabel 2. Kandungan komposisi pigmen dari berbagai kelompok jenis alga

Kelompok alga	Jenis alga	Karoten (%)	Klorofil (%)	Xantofil (%)
Alga merah	<i>Kappaphycus alvarezii</i>	0,947	turunan = 16,418 a = 74,920	7,715
Alga Hijau	<i>Caulerpa sp.</i>	0,294	turunan = 18,731 a = 26,817 b = 12,906	29,758
Alga Coklat	<i>Sargassum sp.</i>	β -karoten = 1,490 fukosantin = 20,950	a = 52,820 c = 1,05 turunan = 15,23	8,460

(Merdekawati and Susanto, 2009)

Peluang dan Tantangan Karotenoid Alami dari Laut

Pigmen karotenoid dari laut memiliki potensi dan peluang yang sangat besar untuk dapat dimanfaatkan dan dilakukan eksplorasi lebih lanjut untuk diaplikasikan kedalam beberapa aspek bidang seperti pangan, farmasi dan juga kesehatan. Namun, yang menjadi tantangan dan juga kendala adalah permasalahan suplai dari sumber daya alam kelautannya (Radjasa, Sabdono, *et al.*, 2007). Oleh karena itu, perlu dicarikan sumber alternatif yang dapat memanfaatkan sumberdaya kelautan tetapi juga bersifat *sustainable* di lingkungan agar kelestariannya masih terjaga. Bakteri simbiosis menjadi alternatif jawaban dalam memanfaatkan senyawa bioaktif dari biota laut, karena ia harus bersaing dengan mikroorganisme lainnya dalam mendapatkan nutrisi dan juga ruang yang cukup pada inang. Sehingga kemampuan adaptasi dari mikroba laut ini dapat mensintesis senyawa bioaktif yang relatif sama dengan inangnya (Radjasa, Martens, *et al.*, 2007). Bakteri simbiosis ini memiliki peluang yang cukup besar untuk dijadikan sumberdaya alam dalam pencarian senyawa bioaktif dan juga sebagai pewarna alami makanan. Ini dikarenakan bakteri sangat mudah untuk dilakukan kultur koloni dalam skala kecil dilakukan di laboratorium, namun juga dapat dieskalasi di industri ke jumlah biomassa yang lebih besar untuk rekultur dan menjadi bioreaktor. Selain itu, bakteri tidak membutuhkan tempat yang luas untuk dilakukan kultur seperti budidaya pada umumnya, dan juga waktu panennya relatif cepat mengingat pertumbuhan bakteri yang signifikan.

Tantangan yang perlu dihadapi di masa mendatang terkait pigmen karotenoid alami dari laut khususnya pada bakteri simbiosis laut ini cukup mendapatkan perhatian. Agaknya masyarakat belum terbiasa dengan sumberdaya alam yang tersedia di lingkungan laut, karena lebih *familiar* dengan sumberdaya alam dari lingkungan terrestrial. Selain itu,

keraguan akan keamanan pangan dengan diberikan bahan tambahan pangan dari laut ini tidak boleh diacuhkan begitu saja, melainkan harus dibuktikan dengan dukungan beberapa penelitian ilmiah tentang senyawa bioaktif dari biota laut yang dapat diaplikasikan dalam bidang pangan. Penelitian yang dilakukan (Sanger *et al.*, 2018), menyebutkan bahwa jenis rumput laut *Gracillaria salicornia*, *Turbinaria decurens* dan *Halimeda macroloba* dari perairan Sulawesi Utara berpotensi digunakan sebagai pangan fungsional sumber pigmen dan antioksidan alami. Sebagai tambahan, mikroalga *Tetraselmis chuii* juga telah diteliti yang ternyata mengandung senyawa pigmen klorofil dan sebagai antioksidan alami (Ginting *et al.*, 2018). Di sisi lain, *Spirulina platensis* juga ternyata memiliki aktivitas biologis sebagai antioksidan alami dan juga sebagai pangan fungsional (Christwardana, Nur and Hadiyanto, 2013). Menurut (Ngginak *et al.*, 2013), cangkang pada udang mengandung senyawa pigmen karotenoid astaksantin yang dapat diaplikasikan pada bidang pangan, kesehatan dan farmasi. Bakteri simbiosis *Bacillus marisflavi* dari rumput laut coklat *Padina sp.* telah berhasil diisolasi, diidentifikasi dan dilakukan karakterisasi kandungan pigmen karotenoid mengandung dinoksin, lutein dan neoxanthin (Murti *et al.*, 2016). Menjadi hal menantang untuk mempromosikan produk pangan hasil kelautan yang dapat digunakan sebagai pangan fungsional maupun bahan tambahan pangan alami. Eksplorasi senyawa bioaktif alami dari kelautan perlu digalakkan lebih lanjut karena memiliki potensi yang sangat besar untuk dimanfaatkan dan diaplikasikan dalam bidang pangan, kesehatan dan farmasi. Namun, tetap perlu diperhatikan agar tidak mengeksploitasi secara berlebihan demi menjaga keseimbangan sumberdaya alam dari laut.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pimpinan Universitas Nasional Karangturi yang telah

mendukung penuh dan memotivasi dalam publikasi ilmiah.

Daftar Pustaka

- Arlita, N. R., Radjasa, O. K. and Santoso, A. (2013) Identifikasi Pigmen Karotenoid Pada Bakteri Symbion Rumput Laut *Caulerpa cupressoides* (Vahl) C. Agardh, *Journal of Marine Research*, 2(3), pp. 68–77. doi: 10.14710/jmr.v2i3.3134.
- Baransano, H. K. and Mangimbulude, J. C. (2011) Eksploitasi dan Konservasi Sumberdaya Hayati Laut dan Pesisir di Indonesia, *Jurnal Biologi Papua*, 3(1), pp. 39–45. Available at: <http://ejournal.uncen.ac.id/index.php/JBP/article/view/547>.
- Bintari, Fr. 2018. <https://brainly.co.id/tugas/25421658>. (Diakses tanggal 29-12-2020, 10.50 WIB).
- Christwardana, M., Nur, M. M. A. and Hadiyanto (2013) *Spirulina platensis*: Potensinya Sebagai Bahan Pangan Fungsional, *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(1), pp. 1–4.
- Erniati et al. (2016) Potensi Rumput Laut: Kajian Komponen Bioaktif Dan Pemanfaatannya Sebagai Pangan Fungsional, *Acta Aquatica*, 3(1), pp. 12–17. doi: 10.29103/aa.v1i1.299.
- de Fretes, H. et al. (2012) Karotenoid Dari Makroalgae Dan Mikroalgae: Potensi Kesehatan Aplikasi Dan Bioteknologi, *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 23(2), pp. 221–228. doi: 10.6066/jtip.2012.23.2.221.
- Ginting, N. K. et al. (2018) Pengaruh Pencahayaan terhadap Kandungan Pigmen Tetraselmis chuii sebagai Sumber Antioksidan Alami, *Buletin Oseanografi Marina*, 7(2), p. 91. doi: 10.14710/buloma.v7i2.19995.
- Hanafi, M. et al. (2000) Pemanfaatan Kulit Udang untuk Pembuatan Kitosan dan Glukosamin, *Jktii*, 10(1–2), pp. 17–21.
- Handayani, P. A. and Rahmawati, A. (2012) Pemanfaatan Kulit Buah Naga (Dragon Fruit) Sebagai Pewarna Alami Makanan Pengganti Pewarna Sintetis, *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 1(2), pp. 19–24.
- Hapsari, A. P. (2011) Formulasi dan Karakterisasi Minuman Fungsional Fruity Jelly Yogurt Berbasis Kappa Karaginan Sebagai Sumber Serat Pangan, *J. Nutr. Coll*, p. 111.
- Karunia, F. B. (2013) Kajian Penggunaan Zat Adiktif Makanan (Pemanis Dan Pewarna) Pada Kudapan Bahan Pangan Lokal Di Pasar Kota Semarang, *Food Science and Culinary Education Journal*, 2(2), pp. 72–78.
- Khoeri, M. M. et al. (2011) Bioprospecting Of Bacterial Symbiont Of *Tunicate Didemnum Molle* From Sambangan, Karimunjawa Islands, *Journal of Coastal Development*, 14(3), pp. 255–261.
- Kurniawan, M., Izzati, M. and Nurchayati, Y. (2010) Kandungan Klorofil, Karotenoid, dan Vitamin C pada Beberapa Spesies Tumbuhan Akuatik, *Buletin Anatomi Fisiologi*, XVIII(1), pp. 28–40. doi: 10.14710/baf.v18i1.2614.
- Kusuma. 2004. Departemen Kelautan targetkan produksi perikanan 2009 10 juta ton. <http://www.infoanda.com/linksfollow.php?lh=UFBbDFZUBltW> (Diakses tanggal 22-12-2020, 19.40 WIB).
- Lee TA, Sci BH, Counsel. 2005. The food from hell: food colouring. *The Internet Journal of Toxicology*. Vol 2 no 2. China: Queers Network Research.
- Limantara, L. (2012) Optimasi Proses Ekstraksi Fukosantin Rumput Laut Coklat *Padina australis Hauck* Menggunakan Pelarut Organik Polar, *Ilmu Kelautan - Indonesian Journal of Marine Sciences*, 16(2), pp. 86–94. doi: 10.14710/ik.ijms.16.2.86-94.
- Merdekawati, W., Karwur, F. F. and Susanto, A. B. (2017) Karotenoid Pada Algae: Kajian Tentang Biosintesis, Distribusi Serta Fungsi Karotenoid, *Bioma*, 13(1), pp. 23–32. doi: 10.21009/bioma13(1).3.
- Merdekawati, W. and Susanto, A. B. (2009) Kandungan Dan Komposisi Pigmen Rumput Laut Serta Potensinya Untuk Kesehatan, *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 4(2), p. 41. doi: 10.15578/squalen.v4i2.147.
- Murti, D. B. et al. (2016) Pigments Characterization and Molecular Identification of Bacterial Symbionts of Brown Algae *Padina* sp. Collected from Karimunjawa Island, *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 21(2), p. 58. doi: 10.14710/ik.ijms.21.2.58-64.
- Murti, P. D. B. et al. (2013) Potensi Fukosantin Dari Rumput Laut Coklat Dalam Dunia Kesehatan, *Seminar Nasional X Pendidikan Biologi FKIP UNS*, (2000), pp. 1–5.
- Murti, P. D. B. and Radjasa, O. K. (2012) Antibacterial Activity of Bacterial Symbiont of Soft Coral *Lobophytum* sp. Against MDR Bacteria *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, *Journal of Coastal Development*, 15(3), pp. 297–302.
- Ngginak, J. et al. (2013) Komponen Senyawa Aktif pada Udang Serta Aplikasinya dalam Pangan, *Jurnal Sains Medika*, 5(2), pp. 128–145.
- Pavlicevic, M., Maestri, E. and Marmioli, M. (2020) Marine Bioactive Peptides—An Overview of Generation, Structure and Application with a Focus on Food Sources, *Marine Drugs*, 18(8), p. 424. doi: 10.3390/md18080424.
- Pertiwi, D., Sirajuddin, S. and Najamuddin, U. (2013) Analisis Kandungan Zat Pewarna Sintetis Rhodamin B Dan Methanyl Yellow Pada Jajanan Anak Di Sdn Kompleks Mangkura Kota Makassar Analysis, *Anthropological Quarterly*, 54(4), p. 231. doi: 10.2307/3317238.
- Puspita, D. and Uktolseja, J. L. A. (2020) Potensi Pigmen

- Alami Dari Bakteri Symbion Karang *Mantipora* Sp Sebagai Pewarna Makanan, *Pro Food*, 6(September), pp. 643–650.
- Radjasa, O. K., Martens, T., et al. (2007) Antagonistic Activity of a Marine Bacterium *Pseudoalteromonas luteoviolacea* TAB4.2 Associated with Coral *Acropora* sp., pp. 239–246.
- Radjasa, O. K., Kencana, D. S., et al. (2007) Antibacterial Activity of Marine Bacteria Associated with sponge *Aaptos* sp. against Multi Drugs Resistant (MDR) strains, *Jurnal Matematika dan Sains*, 12(4), pp. 1–6.
- Radjasa, O. K., Sabdono, A., et al. (2007) Richness of Secondary Metabolite-Producing Marine Bacteria Associated with Sponge *Haliclona* sp., pp. 275–279.
- Radjasa, O. K. (2008) Growth Inhibition of Medically Antibiotic Resistant Bacteria by Sponge-Associated Bacteria, *Journal of Coastal Development*, 11(2), pp. 75–80.
- Rochima, E. (2014) Kajian Pemanfaatan Limbah Rajungan Dan Aplikasinya Untuk Bahan Minuman Kesehatan Berbasis Kitosan, *Jurnal Akuatika Indonesia*, 5(1), p. 244874.
- Sabdono, A. and Radjasa, O. K. (2006) Anti-bacterial property of a coral-associated bacterium *Bacillus* sp. against coral pathogenic BBD (Black band disease), *Journal of coastal development*, 9(3), pp. 175–182.
- Sahara, E. (2011) Penggunaan Kepala Udang Sebagai Sumber Pigmen dan Kitin Dalam Pakan Ternak, *Agrinak*, 1(1), pp. 31–35.
- Sanger, G. et al. (2018) Potensi Beberapa Jenis Rumput Laut Sebagai Bahan Pangan, *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(2), pp. 208–217.
- Seenivasan, R. et al. (2012) Antibacterial Activity And Phytochemical Analysis Of Selected Seaweeds From Mandapam Coast, India, *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2(10), pp. 159–169. doi: 10.7324/JAPS.2012.21030.
- Siahaan, E. A. and Pangestuti, R. (2017) Pangan Fungsional Dan Nutrasetikal Dari Laut: Prospek Dan Tantangannya, *Depik Jurnal*, 6(3), pp. 273–281. doi: 10.13170/depik.6.3.6874.
- Sulistiyani et al. (2010) Antibacterial Activities of Bacterial Symbionts of Soft Coral *Sinularia* sp. Against Tuberculosis Bacteria, *Journal of Coastal Development*, 14(1), pp. 45–50.
- Sumenda, L. (2011) Analisis Kandungan Klorofil Daun Mangga (*Mangifera indica* L.) pada Tingkat Perkembangan Daun yang Berbeda, *Jurnal Bios Logos*, 1(1). doi: 10.35799/jbl.1.1.2011.372.
- Winarno, FG. 1992. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia. Jakarta.
- Wulan, S. N. (2001) Kemungkinan Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao*, L) Sebagai Sumber Zat Pewarna (B-Karoten), *Jurnal Teknologi Pertanian*, 2(2), pp. 22–29.