1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Rumput laut (*seaweed*) merupakan tanaman yang tumbuh di perairan khususnya di laut dan sangat berpotensi sebagai salah satu sumber pangan alternatif. Rumput laut memiliki nilai kandungan nutrisi yang tinggi, antara lain mineral, vitamin, serat tidak berkalori, dan senyawa antioksidan (Yan dan Chuda, 1999). Rumput laut terbagi menjadi 3 kelompok besar berdasarkan struktur kimia serta distribusi pigmennya, yaitu rumput laut cokelat (*Phaeophyta*), rumput laut hijau (*Chlorophyta*), dan rumput laut merah (*Rhodophyta*) (Mabeau dan Fleurence, 1993). Dari ketiga kelompok tersebut, rumput laut cokelat merupakan rumput laut yang cukup banyak dijumpai dan memiliki kandungan nutrisi yang tinggi.

Rumput laut cokelat sendiri terbagi menjadi beberapa spesies, antara lain *Hijikia fusiformis, Undaria pinnatifida,* dan *Sargassum fulvellum* (Yan dan Chuda, 1999). Secara umum rumput laut cokelat memiliki beberapa kandungan senyawa yang sama walau berbeda spesies, antara lain *fucoxanthin, fucoidan, fucoxanthinol, peridinin,* dan *halocynthiaxanthine* (Osokawa *et al*, 2007). Dari senyawa-senyawa tersebut, senyawa *fucoxanthin* (fukosantin) merupakan senyawa yang paling banyak dimanfaatkan dibandingkan senyawa lain yang terkandung di dalam rumput laut cokelat.

Fukosantin merupakan salah satu senyawa pigmen terpenting di dalam rumput laut cokelat dan menyumbang kurang lebih 10 persen dari total produksi karotenoid (Rohim *et al*, 2019). Fukosantin yang terkandung dalam berbagai spesies rumput laut cokelat memiliki karakteristik yang sama namun berbeda konsentrasinya. Kandungan fukosantin tertinggi terdapat dalam spesies *Undaria pinnatifida* yaitu sekitar 2,8 mg/g dibandingkan dengan spesies *Sargassum fusiforme, Silvetia babingtonii, Kjellmaniella crassifolia,* dan *Scytosiphon lomentaria* (Miyashita, 2009).

Undaria pinnatifida merupakan spesies yang banyak diteliti dan dimanfaatkan, namun data dari berbagai penelitian tersebut sedikit diulas terutama terkait manfaat fukosantin yang terkandung di dalamnya. Sebagian besar peneliti mengulas manfaat fukosantin

secara luas dalam berbagai spesies selain *Undaria pinnatifida*, dan tidak difokuskan pada fukosantin yang berasal dari spesies tertentu. Penelitian terhadap spesies tertentu penting dilakukan karena kandungan fukosantin yang terdapat di dalam berbagai spesies rumput laut cokelat berbeda-beda konsentrasinya serta pemanfaatannya. sebagai sumber makanan dan dalam bidang kesehatan.

Dalam konteks sumber pangan, spesies ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan makanan dibanding spesies rumput laut cokelat lainnya. *Undaria pinnatifida* atau lebih dikenal sebagai wakame memiliki rasa manis dan tekstur yang licin. Wakame banyak digunakan dalam sup seperti sup miso di Jepang dan dalam salad terutama dengan tahu. Contoh salad ini adalah *chuka* yang merupakan campuran dari wakame parut dengan biji wijen dan saus cabai. Selain di Jepang, wakame juga dikonsumsi di berbagai negara lain terutama di kawasan Asia. Wakame kaya akan polisakarida dan sumber serat makanan yang baik. Selain itu spesies ini juga mengandung protein sekitar 11-24% (Fleurence *et al*, 2018).

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Rumput Laut Cokelat

Rumput laut terbagi menjadi 3 kelompok besar berdasarkan struktur kimia serta distribusi pigmennya, yaitu rumput laut (*Chlorophyta*), rumput laut merah (*Rhodophyta*), dan rumput laut cokelat (*Phaeophyta*) (Mabeau dan Fleurence, 1993). Di dunia ini terdapat kurang lebih 15000 spesies rumput laut. Rumput laut merah memiliki kandungan senyawa *phycoerythrin* yang memberikan warna merah hingga violet pada rumput laut. Terdapat kurang lebih 6000 spesies yang tergolong dalam rumput laut merah dan sebagian besar spesies yang sering dipakai dalam industri meliputi *Porphyra* spp. dan *Palmaria* spp. Rumput laut hijau memiliki pigmen klorofil yang dominan serta terdiri dari sekitar 7000 spesies. Beberapa spesies yang umum digunakan dalam industri meliputi *Monostroma* spp dan *Ulva* spp. (Gates, 2010; Andersen & Lewin, 2019). Rumput laut cokelat terdiri dari sekitar 2000 spesies. Beberapa spesies yang sering digunakan dalam industri meliputi *Sargassum* spp., *Laminaria* spp., *Ascophyllum* spp., *Fucus* spp., dan *Turbinaria* sp (Hong et al., 2007).

Dari ketiga kelompok rumput laut, rumput laut cokelat merupakan rumput laut yang cukup banyak dijumpai dan memiliki kandungan nutrisi yang tinggi. Rumput laut cokelat juga mengandung beberapa senyawa lain yang bermanfaat bagi tubuh, antara lain *lipid* yang memiliki beberapa jenis senyawa bioaktif seperti asam lemak omega 3, omega 6, asam arakidonat, fukosantin, fukosterol, dan beberapa polifenol (Miyashita *et al*., 2011). Rumput laut cokelat merupakan salah satu jenis rumput laut yang memiliki banyak manfaat antara lain sebagai anti kanker, anti obesitas, anti tumor, dan sebagian besar tentang fungsi utama sebagai antioksidan. Rumput laut cokelat mengandung pigmen karotenoid yang terkandung sebagai senyawa fukosantin dan berperan sebagai salah satu antioksidan alami (Fung *et al*, 2013).

Rumput laut cokelat merupakan salah satu jenis rumput laut berukuran sedang hingga raksasa dan biasa tumbuh pada kedalaman di bawah rumput laut hijau dan berada di atas rumput laut merah. Rumput laut cokelat sendiri terbagi menjadi beberapa spesies, antara lain yaitu *Hijikia fusiformis, Undaria pinnatifida,* dan *Sargassum fulvellum* (Yan dan Chuda, 1999).

1.2.1.1. *Sargassum* sp

Genus *Sargassum* termasuk salah satu kelas dari rumput laut cokelat (*Phaeophyceae*) yang terdiri dari kurang lebih 400 spesies. Genus *Sargassum* termasuk famili *Sargassaceae*, ordo *Fucales*, kelas *Phaeophyceae*, dan subkelas *Cyclosporeae*. Spesies-spesies ini banyak dijumpai dan ditemukan di perairan Indonesia. *Sargassum sp*. kaya dengan berbagai jenis senyawa bioaktif yang penting untuk pencegahan maupun terapi berbagai penyakit (Rohim *et al*, 2019).

Gambar 1. *Sargassum* sp.

(Rohim *et al*, 2019)

Spesies-spesies *Sargassum* yang umum digunakan dalam industri antara lain:

- *Sargassum kjellamaniarum* (Cho *et al.*, 2011).
- *Sargassum polycstum* (Mohamed *et al*, 2012).
- *Sargassum ilicifolium* dan *Sargassum binderi* (Nursid *et al* , 2013).
- *Sargassum fulvellum* (Matsumoto, Hosokawa dan Matsukawa, 2010).
- *Sargassum silquastrum* (Kim *et al.*, 2010).
- *Sargassum fusiformis* (Hashimoto *et al.*, 2009).
- *Sargassum horneri* (Miyashita, 2009).
- *Sargassum cristaefolium* (Eko, 2013).

Sargassum sp mengandung banyak senyawa bioaktif yang meliputi florotanin, *terpenoid*, *chromene*, derivat *tetraprenyltoluquinol*, fukosantin, fukoidan, alginat, asam-asam fenolat, katekin, kuersetin, fukosterol, stigmasterol, β-sitosterol, feofitin A, dan *sulfoquinovosyldiacylglycerol*. Florotanin, fukosantin, fukoidan, alginat, fukosterol, *meroditerpenoid*, dan *gentisic acid* adalah senyawa bioaktif dominan dalam *Sargassum* sp. *Meroditerpenoid* merupakan senyawa bioaktif khas dalam *Sargassum* sp., yang tidak diproduksi oleh genus rumput laut lainnya. Senyawa *meroditerpenoid* dalam *Sargassum* sp. terdiri dari rantai poliprenil yang terikat pada bagian *p-benzoquinon* maupun hidrokuinon. Variasi struktur meroditerpenoid terutama terjadi pada rantai samping terpena dan termasuk penambahan ikatan rangkap eksosiklik, asam karboksilat, alkohol, atau gugus fungsi aldehida (Rohim *et al*, 2019).

1.2.1.2. *Hijikia fusiformis*

Hijikia fusiformis merupakan salah satu jenis spesies dari rumput laut cokelat yang cukup banyak digunakan dan diteliti. Spesies ini memiliki kandungan florotanin paling tinggi (65%) jika dibandingkan dengan spesies *Undaria pinnatifida* (51,1%) dan *Sargassum* (36,3%) (Yan dan Chuda, 1999). Spesies rumput laut cokelat ini tidak terlalu banyak dimanfaatkan, baik sebagai sumber pangan maupun penelitian.

Gambar 2. *Hijikia fusiformis*

(Yan dan Chuda, 1999)

1.2.1.3. *Undaria pinnatifida*

Undaria pinnatifida merupakan spesies rumput laut cokelat yang lebih dikenal dengan nama wakame. Spesies ini banyak ditemukan di perairan laut Jepang. Spesies ini pula mengandung 83-97% fukosterol dari total sterol yang terkandung (Pal *et al*, 2014). Menurut Miyashita (2009) kandungan fukosantin dalam *Undaria pinnatifida* sebesar 2,8±1,3 mg/g. Selain itu spesies ini juga mengandung protein sekitar 11-24% (Fleurence *et al*, 2018). *Undaria pinnatifida* memiliki kandungan nutrisi yang tinggi. Komposisi kandungan nutrisi yang terkandung di dalam spesies *Undaria pinnatifida* dinyatakan dalam % berat kering meliputi protein sebesar 12-23 %, mineral sebesar 26-40%, serat pangan sebesar 16-51%, karbohidrat sebesar 45-51%, serta lemak sebesar 1,05-4,5%. Distribusi kandungan serat pangan pada spesies ini terdiri dari serat larut air dan serat tidak larut air (Burtin, 2003). *Undaria pinnatifida* juga memiliki berbagai komponen mineral yang dinyatakan dalam mg/100 gr berat kering meliputi natrium (Na) sebesar 1600-7000; kalium (K) sebesar 5500-6810; fosfor (P) sebesar 235-450; kalsium (Ca) sebesar 680-1380; magnesium (Mg) sebesar 405-680; zat besi (Fe) sebesar 1,54-30; zinc (Zn) sebesar 0,94-4; mangan (Mn) sebesar 0,33-2; serta iodium sebesar 22-30. Kandungan vitamin yang dimiliki *Undaria pinnatifida* yang dinyatakan dalam mg/100 gr *edible portion* meliputi vitamin A sebesar 0,04-0,22; vitamin B1 sebesar 0,17-0,30; vitamin B2 sebesar 0,23-1,4; vitamin B3 sebesar 2,56; vitamin B6 sebesar 0,18; vitamin C sebesar 5,29; dan vitamin E sebesar 1,4-2,5. *Undaria pinnatifida* tidak mengandung vitamin B5 dan B7 (Pereira, 2004).

Gambar 3. ***Undaria pinnatifida***

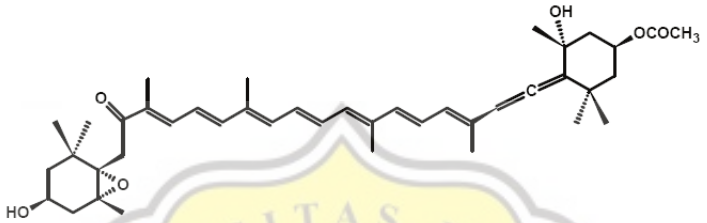
(Burtin, 2003)

Wakame memiliki rasa manis dan tekstur yang licin. Wakame sendiri banyak sekali penggunaannya dalam sup seperti sup miso di Jepang dan dalam salad terutama dengan tahu. Contoh salad ini adalah *chuka* yang merupakan campuran wakame parut dengan biji wijen dan saus cabai. Wakame kaya akan polisakarida dan sumber serat makanan yang baik. *Undaria pinnatifida* juga dikenal kaya akan senyawa seperti *fucoxanthums* dan *fucoidans*, dan digunakan sebagai suplemen untuk anti kanker dan penurunan berat badan (Kasimala, 2018).

Kandungan fukosantin dalam *Undaria pinnatifida* paling besar dibandingkan dengan empat spesies lainnya yaitu sebesar 2,8±1,3 mg/g. Spesies kedua yang mengandung konsentrasi fukosantin tertinggi yaitu *Sargassum fusiforme* yaitu sebesar 2,7±1,5 mg/g. Selanjutnya diikuti dengan spesies *Scytosiphon lomentaria*, *Kjellmaniella crassifolia*, dan *Silvetia babingtonii* berturut-turut sebesar 1,1±0,2 mg/g ;1,6±1,0 mg/g ; 1,7±0,4 mg/g (Miyashita, 2009). Kandungan konsentrasi fukosantin tertinggi diperoleh dari spesies *Undaria pinnatifida* ketika berada dalam fase gametofit jantan yaitu sebesar 2,671 mg/g, sedangkan konsentrasi fukosantin terendah ketika berada dalam fase talus muda yaitu sebesar 0,323 mg/g (Tamura dan Kusumi, 2004)

1.2.2. Fukosantin

Fukosantin merupakan salah satu senyawa pigmen terpenting di dalam rumput laut cokelat dan menyumbang kurang lebih sekitar 10 persen dari total produksi karotenoid (Rohim *et al*, 2019). Fukosantin merupakan salah satu jenis senyawa hidrokarbon karotenoid. Fukosantin memiliki rumus bangun $C_{42}H_{58}O_6$, berwarna *orange* dan memiliki tujuh ikatan rangkap (Eko, 2013). Fukosantin sendiri sangat mudah terdegradasi oleh faktor eksternal, antara lain yaitu panas, pH, dan paparan cahaya (Defiana, 2013).



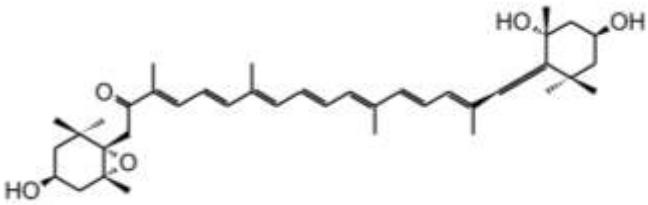
Gambar 4. Struktur Kimia Fukosantin

(Rohim *et al*, 2019)

Fukosantin memiliki susunan struktur yang unik berupa ikatan allena dan adanya beberapa gugus fungsional oksigen seperti pada bagian epoksi, hidroksil, karbonil dan karboksil. Struktur fukosantin juga mengandung gugus karbonil konjugasi dalam rantai poliena molekul. Oleh karena itu, struktur fukosantin berbeda dari karotenoid tumbuhan darat seperti *β-karoten* dan *lutein* (Rohim *et al*, 2019). Fukosantin sendiri memiliki beberapa manfaat, antara lain *antiangiogenic, protective effects against retinol deficiency*, *anticancer effect*, *anti-obesity*, dan *anti- inflammatory activity* (Pereira, 2014).

Fukosantin juga menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, dan *Staphylococcus aureus* serta pada kelompok fungi (*Candida albicans* dan *Aspergillus brasiliensis*). Selain itu, fukosantin juga diketahui mampu menghambat *Angiotensin I-Converting Enzyme* (ACE-I) dalam tingkat kapasitas menengah, sehingga fukosantin dapat pula berfungsi sebagai agen antihipertensi. Senyawa fukosantin hasil ekstraksi dari *Sargassum muticum* juga sangat berpotensi sebagai pencerah kulit karena dapat menghambat produksi melanin, sehingga memiliki aktivitas *anti-browning* pada sel melanoma murin $B_{16}F_{10}$ (Rohim *et al*, 2019). Fukosantin yang mengalami proses purifikasi akan menghasilkan senyawa turunan

berupa fukosantinol (Maeda *et al.*, 2008). Fukosantinol sendiri juga merupakan hasil metabolisme deasetilisasi dari fukosantin (Kumar, Hosokawa dan Miyashita, 2013). Fukosantinol memiliki efek *suppressive* yang lebih tinggi dibandingkan dengan fukosantin sendiri. Fukosantinol dapat dipurifikasi dengan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) (Maeda *et al.*, 2006).



Gambar 5. Struktur Kimia Fukosantinol

(Maeda *et al.*, 2006)

Fukosantinol memiliki manfaat antioksidan yang setara atau lebih tinggi dari alfa tokoferol. Selain itu fukosantinol memiliki kemampuan yang setara namun lebih rendah dibandingkan dengan fukosantin dalam menginduksi terjadinya proses apoptosis pada sel kanker dan berperan dalam sitotoksisitas. Fukosantinol memiliki kemampuan dalam meningkatkan kerja hormon insulin dan memiliki kemampuan memecah glukosa menjadi glikogen dan berperan sebagai anti diabetes (Handayani, 2018).

1.2.3. Penelitian *Review* yang Telah Dipublikasikan

Rumput laut cokelat merupakan salah satu kelompok rumput laut yang memiliki kandungan senyawa nutrisi yang tinggi serta memberikan manfaat yang tinggi pula ketika dikonsumsi. Selain itu, rumput laut cokelat juga merupakan kelompok rumput laut yang paling banyak diolah dan dikonsumsi. Rumput laut cokelat juga memiliki keragaman spesies yang tinggi. Melihat kondisi tersebut, maka telah cukup banyak *review* terkait pemanfaatan senyawa-senyawa yang terkandung di dalam spesies rumput laut cokelat ini. Berbagai *review* tersebut telah dikumpulkan dan dapat dilihat dalam tabel di bawah ini.

Tabel 1. *Review* Terkait Manfaat Senyawa yang Terkandung dalam Spesies Rumput Laut Cokelat

No	Spesies Rumput Laut Cokelat	Fokus Kajian	Sumber
1	*Fucus, Dictyota,* dan *Laminaria*	Manfaat fukosantin sebagai antioksidan, anti inflamasi, anti obesitas, pelindung kulit, pelindung tulang, anti malarial, dan anti diabetes.	(Peng *et al.*, 2011)
2	*Ectocarpus siliculosus*	Manfaat fukosantin sebagai antioksidan dan anti kanker.	(Mikami dan Hosokawa, 2013)
3	*Sargassum* sp	Manfaat fukosantin sebagai inhibitor ROS intraseluler, antioksidan, dan anti mikroba.	(Rohim *et al*, 2019)
4	*Undaria pinnatifida*	Manfaat serat larut dan serat tidak larut untuk melancarkan pencernaan.	(Burtin, 2003)
5	*Undaria pinnatifida*	Manfaat fukoidan sebagai anti kanker dan anti obesitas	(Kasimala, 2018)

Sebagian besar peneliti me*review* tentang manfaat fukosantin secara luas dalam berbagai spesies selain *Undaria pinnatifida*, dan tidak difokuskan pada fukosantin yang berasal dari spesies tertentu. *Review* yang dilakukan oleh Peng *et al* (2011) tentang manfaat fukosantin yang terdapat di dalam spesies *Fucus, Dictyota,* dan *Laminaria* sebagai antioksidan, anti inflamasi, anti obesitas, dan anti malarial. Mikami dan Hosokawa (2013) mengulas manfaat fukosantin yang terdapat di dalam spesies *Ectocarpus siliculosus* sebagai antioksidan dan anti kanker.

Review lain terkait manfaat fukosantin dilakukan oleh Rohim *et al* (2019) dalam spesies *Sargassum* sp sebagai anti mikroba, antioksidan, anti hipertensi dan masih banyak lagi. Sedangkan pada spesies *Undaria pinnatifida* diulas senyawa *soluble* dan *insoluble fibre* untuk melancarkan proses pencernaan (Burtin, 2003). Manfaat senyawa fukoidan sebagai anti kanker dan anti obesitas diulas oleh Kasimala (2018).

1.3. Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari latar belakang serta berbagai *review* yang telah dibaca, maka ditemukan beberapa masalah yaitu :

- Bagaimana kondisi proses ekstraksi serta kandungan senyawa fukosantin dari spesies *Undaria pinnatifida* ?
- Bagaimana proses pengolahan *Undaria pinnatifida* sebagai bahan pangan ?
- Apa saja manfaat kesehatan dari fukosantin yang terdapat di spesies *Undaria pinnatifida* ?

1.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kondisi proses ekstraksi serta kandungan senyawa fukosantin dari spesies *Undaria pinnatifida*, mengetahui proses pengolahan *Undaria pinnatifida* sebagai bahan pangan, serta mengetahui manfaat kesehatan dari fukosantin yang terdapat di spesies *Undaria pinnatifida*.