

## POTENSI ULVAN DARI *Ulva lactuca* SEBAGAI SUMBER ANTIOKSIDAN

**Agoes Mardiono Jacobeb\*, Asadatun Abdullah, Siti Nur Hakimah**

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University  
Jalan Agatis, Bogor Jawa Barat 16680 Indonesia

Diterima: 28 April 2023/Disetujui: 27 Februari 2024

\*Korespondensi: [agoes.jacobeb@gmail.com](mailto:agoes.jacobeb@gmail.com)

**Cara sitasi (APA Style 7<sup>th</sup>):** Jacobeb, A. M., Abdullah, A., & Hakimah, S. N. (2024). Potensi ulvan dari *Ulva lactuca* sebagai sumber antioksidan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(3), 242-251. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v27i3.46950>

### Abstrak

Dinding sel *Ulva lactuca* menghasilkan ulvan yang merupakan hidrokoloid bersulfat dan berpotensi sebagai antioksidan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh lama pemanasan dalam autoklaf (15 dan 20 menit; 121°C) terhadap rendemen, kadar gula dan sulfat, serta aktivitas antioksidan ulvan. Rendemen ulvan, kandungan gula dan sulfat diukur masing-masing dengan metode gravimetri dan spektrofotometri. Ekstrak kering oven diuji gugus fungsi dan antioksidannya menggunakan FTIR dan metode DPPH. Ulvan hanya bisa dihasilkan melalui ekstraksi pada suhu 121°C waktu 15 menit. Ekstrak kering ulvan memberikan rendemen 1,98%, kandungan gula total 46,06±0,16% dan kadar sulfat 21,53±1,16%. Spektrum FTIR menunjukkan adanya bilangan gelombang 850 dan 790 cm<sup>-1</sup> yang merupakan ciri ulvan. Uji DPPH menghasilkan IC<sub>50</sub> sebesar 469 ppm, yang tergolong sebagai antioksidan lemah.

Kata kunci: DPPH, FTIR, gravimetri, IC<sub>50</sub>, spektrofotometri

## Potential of Ulvan from *Ulva lactuca* as An Antioxidant Source

### Abstract

*Ulva lactuca* is a type of marine macroalga that produces a sulfated hydrocolloid known as ulvan, which has been identified as a potent antioxidant. This finding suggests that the *U. lactuca* cell wall has potential applications in the development of antioxidant-rich products. This study aimed to investigate the influence of heating time in an autoclave (15 and 20 min at 121°C) on the yield, sugar and sulfate contents, and antioxidant activity of ulvan. The yield of ulvan, as well as the sugar and sulfate contents, were determined using gravimetric and spectrophotometric techniques, respectively, and the functional groups and antioxidants of the dried extract were analyzed using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and the 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) method, respectively. The analysis was conducted on the oven-dried samples. Ulvan can be obtained by extracting it at a temperature of 121°C for 15 min; ulvan extraction yielded a percentage of 1.98, with a total sugar content of 46.06±0.16% and a sulfate content of 21.53±1.16%. Infrared spectroscopy revealed the presence of wavenumbers 850 and 790 cm<sup>-1</sup>, which are indicative of the presence of ulvans. DPPH assay yielded an IC<sub>50</sub> value of 469 ppm, which was categorized as a relatively weak antioxidant.

Keyword: DPPH, FTIR, gravimetric, IC<sub>50</sub>, spectrophotometric

## PENDAHULUAN

*Ulva* sp. merupakan rumput laut yang biasa dimanfaatkan menjadi berbagai produk di antaranya nori (Sihono *et al.*, 2023; Valentine *et al.*, 2020), serum wajah (Nusaibah *et al.*, 2023), dan garam (Nurjanah *et al.*, 2018; Kurniawan *et al.*, 2019; Nurjanah *et al.*, 2020; Nurjanah *et al.*, 2023).

Genus *Ulva* merupakan rumput laut hijau yang dapat berkembang dengan baik di berbagai iklim dan mengandung komponen gizi yang dapat dimanfaatkan, khususnya ulvan (Angell *et al.*, 2014; Figueira *et al.*, 2020). Dinding sel genus *Ulva* mengandung hidrokoloid ulvan, yang mencapai 9-36 persen dari berat kering tubuhnya dan terutama mengandung rhamnose, sulfat, dan asam uronat baik asam glukuronat dan asam iduronat, serta mengandung xylosa (Ray & Lahaye, 1995; Lahaye & Robic, 2007). Ulvan bersama-sama selulosa, rhamnose sulfat dan asam uronat menjadi komponen dinding sel spesies-spesies dari genus *Ulva* hingga 45 persen dari berat kering tubuh (Lahaye & Kaeffer, 1997).

Ulvan memiliki potensi pemanfaatan dalam pembuatan pembalut luka, rekayasa jaringan, sebagai antioksidan, anti kanker, antihiperlipidemia, immunostimulan, serta sebagai pangan fungsional (Lahaye & Robic, 2007; Wijesekara *et al.*, 2011; Alves *et al.*, 2013; Venkatesan *et al.*, 2015; Cunha & Grenha 2016). Ulvan juga berperan dalam mendorong produksi hyaluronan (Adrien *et al.*, 2017). Aktivitas antioksidan pada ulvan telah diteliti untuk bahan baku pembuatan garam rumput laut (Nurjanah *et al.*, 2023). Penelitian Li *et al.* (2018) menunjukkan bahwa ulvan berpotensi sebagai antioksidan dalam melindungi kerusakan sel hati akibat stres oksidatif yang dipicu oleh makanan kaya kolesterol. Ulvan juga memiliki aktivitas antioksidan dalam meredam radikal bebas penyebab karsinogenesis (Kwon & Nam, 2007). Hasil penelitian Maray *et al.* (2023) menunjukkan bahwa ulvan dari *U. lactuca* mampu menghambat perkembangan *lung carcinoma* (A-549), *prostate carcinoma cells* (PC-3), virus H-10 serta beberapa bakteri, antara lain *Pseudomonas aeruginosa*

ATCC9027, *Klebsilla pneumonia* ATCC13883, *Streptococcus agalactiae* ATCC13813.

Ulvan dapat diekstraksi dengan bantuan gelombang ultrasonik pada suhu rendah (Ramadhan *et al.*, 2022). Ulvan dapat diekstraksi menggunakan air destilasi, asam dan enzim (Mo'o *et al.*, 2020). Ekstraksi menggunakan air destilasi merupakan metode yang paling banyak dilakukan (He *et al.*, 2016; Robic *et al.*, 2009a). *Pressured liquid extraction* (PLE) merupakan metode ekstraksi biomaterial menggunakan air dengan suhu 50-200°C, tekanan 50-150 atm dan waktu 5-15 menit. Metode ini dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi dalam waktu yang relatif singkat (Wu *et al.*, 2017). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh lama pemanasan dalam autoklaf (15 dan 20 menit; 121°C) terhadap rendemen, kadar gula dan sulfat, serta aktivitas antioksidan ulvan.

## BAHAN DAN METODE

### Preparasi Sampel (Nufus, 2018)

*U. lactuca* diambil dari perairan Sekotong, Nusa Tenggara Barat, dengan koordinat 8°44'14.2"S sampai 115°57'54.9"E. *U. lactuca* dibersihkan dari kotoran, dicuci dengan air laut, ditiriskan, dikeringanginkan 24 jam, dikemas dalam *cool box*, dan setelah sampai di laboratorium dikeringanginkan kembali selama 3-4 hari. *U. lactuca* kering dipotong, dihaluskan dengan blender, diayak (30 mesh), dan disimpan dalam wadah plastik.

### Ekstraksi Ulvan (Huimin *et al.*, 2005)

Serbuk kering *U. lactuca* (25 g) kemudian direndam dalam 1.000 mL akuades, dipanaskan dalam autoklaf (121°C; 15 dan 30 menit). Larutan disaring dengan kertas saring, didialisis dengan kantong dialisis 14 kDA MWCO dengan air destilasi selama 48 jam, dan hasilnya dipekatkan hingga 150-200 mL menggunakan *rotary evaporator*, kemudian ulvan diendapkan dengan penambahan 4 kali volume etanol 95% selama 24 jam. Endapan dikeringkan dalam oven 50-60°C hingga beratnya tetap. Ekstraksi pertama-tama dilakukan terhadap *U. lactuca* dengan suhu 121°C dan waktu 15 menit, kemudian setelah

diperoleh ulvan kering dilanjutkan dengan *U. lactuca* menggunakan suhu 121°C dan waktu 30 menit.

### **Pengukuran Intensitas Warna (Weaver, 1996)**

Analisis intensitas warna menggunakan *color analyzer*. Sampel diletakkan di bidang datar putih berukuran 5×5 cm<sup>2</sup> dan diratakan. *Color analyzer* dihidupkan dan tombol pembacaan diatur pada L, a, b. Kecerahan dinotasikan oleh L, sedangkan a dan b menunjukkan kromatisitas.

### **Rendemen Ulvan (Tsubaki et al., 2016)**

Rendemen dihitung dengan cara membagi ekstrak kering dengan berat bubuk kering rumput laut dikalikan 100%.

### **Penentuan Kadar Gula Total (Dubois et al., 1956)**

Ekstrak dicairkan dengan 1.000 mL akuades, dihomogenkan, diambil 1 mL, kemudian ditambah 0,5 mL larutan fenol 5% dan 2,5 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> serta didiamkan 10 menit dan dihomogenkan kembali 15 detik. Campuran diperiksa dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 490 nm. Konsentrasi gula total dihitung dengan merumuskan terlebih dahulu kurva standar glukosa.

### **Penentuan Kadar Sulfat (Kim et al., 2007)**

Larutan BaCl<sub>2</sub>-gelatin dipersiapkan dengan melarutkan 2 g gelatin dalam 400 mL air panas (60-70°C), didiamkan pada suhu 4°C selama 6 jam, setelah itu 2 g BaCl<sub>2</sub> dilarutkan dalam larutan tersebut. Ulvan kering 2 g dilarutkan dengan 2 mL akuades dalam tabung tertutup teflon, kemudian ditambah 5 mL TCA 4% dan dipanaskan dalam *water bath* selama 4 jam. Hasil hidrolisis diambil 2 mL dan dicampur dengan 2 mL larutan BaCl<sub>2</sub>-gelatin serta 2,8 mL TCA, diaduk dan diperiksa spektrofotometris pada panjang gelombang 420 nm. Konsentrasi sulfat total dihitung dengan merumuskan terlebih dahulu kurva standar Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### **Penentuan Gugus Fungsi (ASTM, E1252-98-2013)**

Ekstrak 1 mg dan 200 mg KBr digerus dan dibentuk menjadi tablet tipis dan transparan dengan memberikan tekanan 7.000 Pa. Hasilnya ditempatkan dalam pan dan diperiksa dengan FTIR dengan bilangan gelombang 4.000-500 cm<sup>-1</sup>.

### **Penentuan Aktivitas Antioksidan DPPH (Lee et al., 2016)**

Tahap-tahap yang perlu dilakukan dalam metode ini, yaitu penyiapan satu seri konsentrasi larutan sampel, satu seri konsentrasi larutan kontrol positif (asam askorbat), dan penyiapan larutan stok DPPH. Berikutnya adalah penambahan larutan DPPH ke dalam masing-masing larutan tersebut. Tahap berikutnya adalah penentuan persen inhibisi melalui pengukuran larutan-larutan tersebut dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm dan terakhir adalah penentuan IC<sub>50</sub>.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Warna Tepung *U. lactuca***

Ekstrak basah ulvan berwarna putih kecokelatan. Uji warna menggunakan *reader analyzer* terhadap tepung ulvan menghasilkan nilai L, a\*, dan b\* masing-masing 33,7; -4,7; dan 23. Tingkat kecerahan (L) berkisar 1-100 dan menyatakan keadaan gelap-terang sampel.

Tepung berwarna hijau tua dan warna hijau tua dikaitkan dengan kandungan klorofil yang tinggi (Pratista et al., 2017; Khuluq et al., 2007). Nilai a\* mengindikasikan warna hijau hingga merah dan nilai a\* yang negatif menunjukkan sampel berwarna hijau (Aryanti et al., 2016). Nilai b\* positif menunjukkan warna kuning dan mengindikasikan keberadaan xantofil (Gross, 1991). Wahlström et al. (2020) dalam penelitiannya terhadap ulvan dari jenis *U. lactuca* dan *U. compressa* yang diekstraksi dengan air yang dikombinasikan dengan etanol menghasilkan ulvan dengan kecerahan yang tinggi dengan nilai L, a\*, dan b\*, masing-masing 82,9-84,9; -0,97 hingga -2,45 serta 6,72 hingga 7,38. Warna ekstrak ulvan dipengaruhi oleh kandungan pigmen

(Costa *et al.*, 2012; Glasson *et al.*, 2017). Ekstraksi ulvan *U. lactuca* menggunakan air suhu tinggi disertai presipitasi dengan ethanol akan menghasilkan lignin, yang akan memengaruhi warna ekstrak yang dihasilkan. Santi *et al.* (2012) melakukan ekstraksi ulvan menggunakan air pada suhu 100°C disertai presipitasi dengan etanol memperoleh 2,9% lignin. *U. lactuca* mengandung berbagai klorofil dan pigmen. Da Costa *et al.* (2018) dalam penelitiannya terhadap *U. lactuca* dari perairan pantai Kukup, Yogyakarta, menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi, menghasilkan 32 peak, yang mengindikasikan adanya pigmen korofil a, b, dan c, *neoxanthin*, *antheraxanthin*, *dinoxanthin*, *flavoxantin*, *micronone*, *vaucheriaxanthin* dan pigmen lain yang belum teridentifikasi.

### Sifat Ekstrak Kasar Ulvan

Etanol merupakan pelarut yang umum digunakan dalam presipitasi hidrokoloid dan kecepatan pengendapan tergantung jumlah dan berat molekul hidrokoloid tersebut. Lama ekstraksi 15 menit menghasilkan gumpalan berwarna putih kekuningan, yang selanjutnya memisah dari pelarut dan sebaliknya lama ekstraksi 30 menit tidak menghasilkan gumpalan. Hasil ekstraksi ulvan dipengaruhi oleh sifat-sifat biomassa dan perlakuan awal, suhu ekstraksi, ekstrak, rasio ekstrak terhadap biomassa, ukuran partikel biomassa, dan durasi ekstraksi (Kidgell *et al.*, 2019). Sifat fisikokimia ulvan yang memengaruhi hasil ekstraksi meliputi kelarutannya yang relatif rendah dalam kondisi air dan stabilisasinya dalam dinding sel tumbuhan, terutama melalui interaksinya dengan kation divalen (misalnya  $\text{Ca}^{2+}$ ), borat, dan ikatan hidrogen (Robic *et al.*, 2009b).

Ekstraksi menggunakan air panas hendaknya diusahakan dibawah titik didih air untuk menghindari depolimereisasi dan desulfatasi ulvan (Tsubaki *et al.*, 2016). Figueira *et al.* (2020) mengekstraksi ulvan dari *U. fasciata* menggunakan autoklaf (120°C; 40 menit), serta etanol, memperoleh rendemen 16,29%. Sebagai bahan alternatif untuk ekstraksi ulvan bisa dipergunakan garam oksalat dan EDTA pada pH mendekati netral.

Asam kuat bisa juga dipergunakan dalam ekstraksi ulvan (Glasson *et al.*, 2017).

Yaich *et al.* (2013) mengekstraksi ulvan dari *U. lactuca* dalam kondisi pH rendah dan menggunakan alkohol untuk presipitasi, menghasilkan rendemen 21,68-32,67%. Hasil penelitian lebih rendah dibandingkan hasil penelitian lain. Peningkatan rendemen bisa diusahakan dengan menurunkan pH saat ekstraksi dan penggunaan larutan lain, terutama untuk *thalus* yang masih muda. Variasi penggunaan kombinasi NaOH, HCl, gelombang ultrasonik serta suhu 50-70°C mampu menghasilkan ulvan 6,70-16,87% (Ramadhan *et al.*, 2022). Rendemen, kadar gula, kadar sulfat dan  $\text{IC}_{50}$  hasil ekstraksi 15 menit dicantumkan pada *Table 1*.

Kadar gula ulvan bervariasi menurut spesies. Penelitian Mezghani *et al.* (2013) terhadap *U. rigida* menghasilkan kadar gula 27,12%. Gula penyusun ulvan dari genus *Ulva* dilaporkan mengandung Rhamnose (16,8%-45,0% bk), xylose (2,1%-12,0%), glukose (0,5%-6,4%), asam uronat (6,5%-19,0%), sulfat (16,0%-23,2%) dan asam iduronat (1,1%-9,1%) (Aguilar-Briseño *et al.*, 2015). Sifat-sifat fisiko-kimia dan aktivitas biologis polisakarida ditentukan antara lain oleh keberadaan gugus ester sulfat, eter metil, amida dan amin. Sulfat dalam ulvan terikat sebagian besar sebagai Rhamnose 3-sulfat dan sebagian kecil sebagai Xylose 2-sulfat (Kidgell *et al.*, 2019). Penelitian Hernández-Garibay *et al.* (2010) terhadap *U. clathrata* menghasilkan kadar sulfat 35,80%.

### Gugus Fungsi Ulvan

Spektrum FTIR ulvan dari *U. lactuca* memperlihatkan beberapa puncak serapan yang berada pada bilangan gelombang 3.395  $\text{cm}^{-1}$ , 2.927  $\text{cm}^{-1}$ , 1.637  $\text{cm}^{-1}$ , 1.411  $\text{cm}^{-1}$ , 1.257  $\text{cm}^{-1}$ , 1.084  $\text{cm}^{-1}$ , 1.051  $\text{cm}^{-1}$ , 848  $\text{cm}^{-1}$  dan 790  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus O-H (alkohol), C-H (alkana), C=O (asam karboksilat asimetrik), C=O (asam karboksilat simetrik), S-O (gugus sulfat) ditunjukkan oleh bilangan gelombang 3.395  $\text{cm}^{-1}$ , 2.927  $\text{cm}^{-1}$ , 1.637  $\text{cm}^{-1}$ , 1.411  $\text{cm}^{-1}$ , 1.257  $\text{cm}^{-1}$ . *Stretching vibration* O-H ditunjukkan oleh bilangan gelombang 3.600-3.000  $\text{cm}^{-1}$  (Jayapal *et al.*, 2013). Figueira *et al.*

Table 1 Yield, sugar and sulfate content, and IC<sub>50</sub> of *U. lactuca* extract  
Tabel 1 Rendemen, kadar gula, kadar sulfat dan IC<sub>50</sub> hasil ekstraksi *U. lactuca*

Sample	Yield (%)	Total sugar (%)	Sulphate content (%)	IC <sub>50</sub> (ppm)
<i>U. lactuca</i> with 15 minutes extraction	1.98	46.06±0.16	21.53±1.16	469
<i>U. lactuca</i> <sup>a</sup>	21.68-32.67	-	-	-
<i>U. lactuca</i> <sup>b</sup>	6.70-16.87	-	-	-
<i>U. lactuca</i> <sup>c</sup>	14.83	-	23.84	-
<i>U. lactuca</i> <sup>d</sup>	-	65.72	20.43	-
<i>U. lactuca</i> <sup>e</sup>	-	-	-	220.8
Ascorbic acid	-	-	-	4.2

<sup>a</sup>Yaich *et al.* (2013); <sup>b</sup>Ramadhan *et al.* (2022); <sup>c</sup>Hussein *et al.* (2015); <sup>d</sup>Barcellos *et al.* (2018); <sup>e</sup>Sianipar *et al.* (2022)

(2020) dalam penelitiannya terhadap ulvan dari jenis *Ulva fasciata* menunjukkan gahwa gugus O-H berada pada bilangan gelombang sekitar 3.300 cm<sup>-1</sup>. Gugus C-H ditunjukkan oleh bilangan gelombang sekitar 2.927 cm<sup>-1</sup> (Schwanninger *et al.*, 2004). Gugus karboksilat ditunjukkan di daerah bilangan gelombang 1.632-1.597, untuk asam karboksilat asimetrik, dan 1.448–1.400 cm<sup>-1</sup> untuk asam karboksilat simetrik (Murphy *et al.*, 2008). Bilangan gelombang untuk gugus C-O berkisar 1.200-1.000 cm<sup>-1</sup>, yang menggambarkan gugus C-OH dan C-O-C cincin gula dan ikatan glikosidik (Robic *et al.*, 2009c). Gugus S=O ditunjukkan oleh bilangan gelombang 1.260-1.240 cm<sup>-1</sup> (Pereira *et al.*, 2009; Sun *et al.*, 2014). Bilangan gelombang 850 cm<sup>-1</sup> dan 780 cm<sup>-1</sup> mengindikasikan adanya gugus sulfat ester (Tako *et al.*, 2015). Bilangan gelombang 1.150-750 merupakan daerah khas untuk ulvan (Ibrahim *et al.*, 2022). Figueira *et al.* (2020) dalam penelitiannya terhadap ulvan dari *U. fasciata* menyimpulkan bahwa bilangan gelombang 1.147-848 merupakan ciri untuk ulvan. Gugus sulfat pada ulvan diduga berperan terhadap kemampuan antioksidan suatu bahan (Suresh *et al.*, 2013). Hasil analisis gugus fungsi menggunakan FTIR terhadap ulvan hasil ekstraksi 15 menit dicantumkan di Figure 2.

### Aktivitas Antioksidan

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil (DPPH) merupakan radikal bebas yang stabil dan

bekerja dengan cara mendelokasi elektron bebas pada suatu molekul, yang akan mengakibatkan molekul tersebut tidak reaktif, dan indikasinya adalah adanya warna ungu (violet) menjadi kuning, yang selanjutnya dapat dikuantifikasi dengan pengukuran pada panjang gelombang 520 nm (Molyneux, 2004).

Beberapa penelitian tentang antioksidan ulvan menunjukkan nilai yang bervariasi. Penelitian Widowaty *et al.* (2020) terhadap hasil ekstaksi *Ulva* sp. dengan campuran metanol, kloroform, dan buffer fosfat menghasilkan IC<sub>50</sub> sebesar 404,73 µg/mL. Sianipar *et al.* (2022) menggunakan etanol untuk ekstraksi senyawa bioaktif *U. lactuca* dari perairan Sumbawa dan memperoleh IC<sub>50</sub> sebesar 220,8 mg/mL. Kurniasih *et al.* (2014) meneliti ekstrak n-heksan *Ulva* spp. dari pantai Krakal-Yogyakarta dan menghasilkan IC<sub>50</sub> sebesar 448,659 ppm. Penelitian potensi antioksidan ulvan juga dilakukan terhadap spesies lain. Farasat *et al.* (2014) meneliti potensi antioksidan ulvan dari *U. intestinalis* dan menghasilkan nilai IC<sub>50</sub> 1.888 ppm.

Penggunaan pH rendah dalam ekstraksi dapat menghasilkan ulvan dengan kemampuan aktivitas antioksidan yang lebih baik. Yaich *et al.* (2017) mengekstraksi ulvan dari *U. lactuca* pada kondisi pH=1,5 menghasilkan ulvan dengan IC<sub>50</sub> =13,56 µg/mL. Kandungan sulfat berkorelasi positif dengan kemampuan penghambatan terhadap DPPH. Nilai IC<sub>50</sub> dibawah 50 ppm, 50-100 ppm, 100-150 ppm, 150-200 ppm, dan

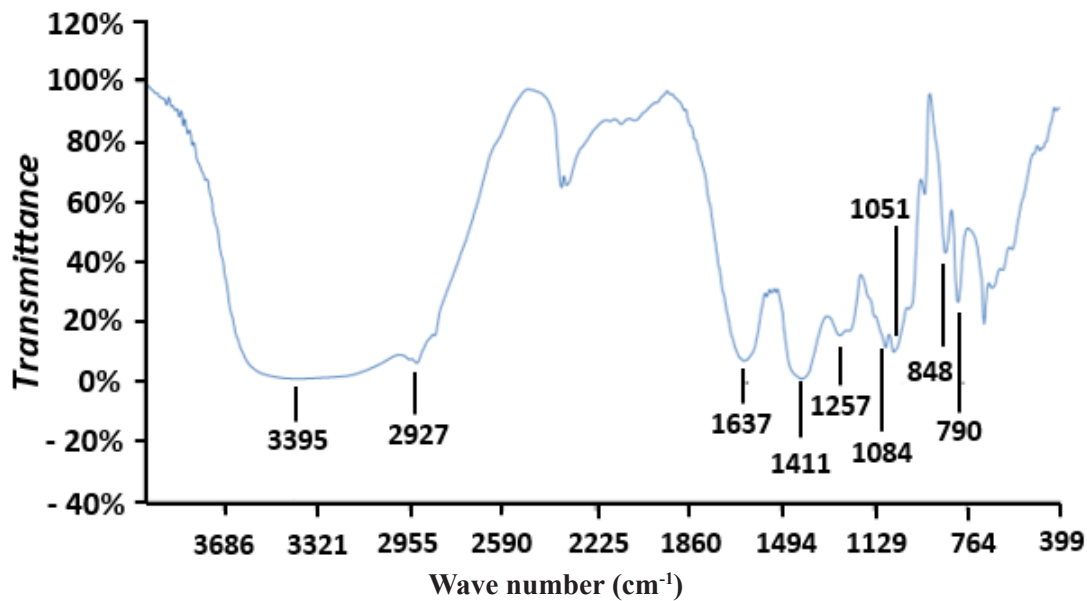


Figure 2 FTIR spectrum of ulvan resulting from 15 minutes extraction

Gambar 2 Spektrum FTIR ulvan hasil ekstraksi 15 menit

diatas 200 ppm menunjukkan bahwa bahan memiliki aktivitas antioksidan berturut-turut yang sangat kuat, kuat, sedang, lemah dan sangat lemah (Molyneux, 2004).

## KESIMPULAN

Ekstraksi dengan autoklaf 121°C dan waktu 30 menit tidak menghasilkan ulvan, sebaliknya penggunaan suhu 121°C dan waktu 15 menit menghasilkan endapan ulvan dengan rendemen 98%, kadar gula total 46,1%, kadar sulfat 21,53% dan aktivitas antioksidan 469 ppm. Ulvan memiliki aktivitas antioksidan yang tergolong lemah. Potensi ulvan sebagai penghasil antioksidan tergolong kecil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adrien, A., Bonnet, A., Dufour, D., Bauduoin, S., Maugard, T., & Bridiau, N. (2017). Pilot production of ulvans from *Ulva* sp. and their effects on hyaluronan and collagen production in cultured dermal fibroblasts. *Carbohydrate Polymers*, 157, 1306-1314. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.11.014>
- Aguilar-Briseño, J.A., Cruz-Suarez, L.E., Sassi, J.F., Ricque-Marie, D., Zapata-Benavides, P., Mendoza-Gamboa, E., Rodríguez-Padilla, C., & Trejo-Avila, L.M. (2015). Sulphated polysaccharides from *Ulva clathrata* and *Cladosiphon okamuranus* seaweeds both inhibit viral attachment/entry and cell-cell fusion, in NDV infection. *Marine Drugs*, 13, 697-712. <http://doi:10.3390/md13020697>
- Alves, A., Sousa, R.A., & Reis, R.L. (2013). A practical perspective on ulvan extracted from green algae. *Journal of Applied Phycology*, 25, 407-424. <http://doi:10.1007/s10811-012-9875-4>
- American Society for Testing Material. (2013). *ASTM E1258-98: Standar Practice for General Technique for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis*. American Society for Testing Material.
- Angell, A.R., Mata, L., de Nys, R., & Paul, N.A. (2014). Variation in amino acid content and its relationship to nitrogen content and growth rate in *Ulva ohnoi* (Chlorophyta). *Journal of Applied Phycology*, 50, 216-226. <https://doi.org/10.1111/jpy.12154>
- Aryanti, N., Aininu, N., & Fathia, M.W. (2016). Ekstraksi dan karakterisasi klorofil dari daun suji (*Pleomele angustifolia*) sebagai pewarna pangan alami. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 5(4), 129-139. <https://doi.org/10.17728/jatp.183>

- Barcellos, P.G., Rodrigues, J.A.G., de Queiroz, I.N.L., de Araújo, I.W.F., Benevides, N.M.B., & de Souza Mourão, P.A. (2018). Structural and physical-chemical analyses of sulfated polysaccharides from the sea lettuce *Ulva lactuca* and their effects on thrombin generation. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 40, 1-12. <https://doi.org/10.4025/actasciobiols.v40i1.34916>
- Costa, C., Alves, A., Pinto, P.R., Sousa, R.A., da Silva, E.A.B., & Reis, R.L. (2012). Characterization of ulvan extracts to assess the effect of different steps in the extraction procedure. *Carbohydrate Polymers*, 88(2), 537-546. <http://doi:10.1016/j.carbpol.2011.12.041>
- Cunha, L., & Grenha, A. (2016). Sulfated seaweed polysaccharides as multifunctional materials in drug delivery applications. *Marine Drugs*, 14, 1-42. <http://doi:10.3390/md14030042>
- Da Costa, J.F., Merdekawati, W., & Out, F.R. (2018). Analisis proksimat, antioksidan, dan komposisi pigmen *Ulva lactuca* L dari perairan Kukup. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*, 17 (1), 1-17.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Analysis Chemical*, 6, 281-350.
- Farasat, M., Khavari-Nejad, R.-A., Nabavi, S.M.B., & Namjooyan, F. (2014). Antioxidant activity, total phenolics and flavonoid contents of some edible green seaweeds from northern coasts of the Persian Gulf. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 13(1), 163-170.
- Figueira, T.A., da Silva, A.J.R., Enrich-Prast, A., Yoneshigue-Valentin, Y., & de Oliveira, V.P. (2020). Structural characterization of ulvan polysaccharide from cultivated and collected *Ulva fasciata* (Chlorophyta). *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 11, 206-216. <http://doi.org/10.4236/abb.2020.11.50.16>
- Glasson, C.R.K., Sims, I.M., Carnachan, S.M., de Nys, R., & Magnusson, M. (2017). A cascading biorefinery process targeting sulfated polysaccharides (ulvan) from *Ulva ohnoi*. *Algal Research*, 27, 383-391. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.07.001>
- Gross, J. (1991). *Pigment invegetable, chlorophylls and carotenoids*. Van Nostrand Reinhold.
- He, J., Xu, Y., Chen, H., & Sun, P. (2016). Extraction, structural characterization, and potential antioxidant activity of the polysaccharides from four seaweeds. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(12), 1988. <https://doi.org/10.3390/ijms17121988>
- Hernández-Garibay, E., Zertuche-González, J.A., & Pacheco-Ruiz, I. (2011). Isolation and chemical characterization of algal polysaccharides from the green seaweed *Ulva lactuca* (Roth) C. Agardh. *Journal of Applied Phycology*, 23, 537-542. <http://doi:10.1007/s10811-010-9629-0>
- Huimin, Q., Tingting, Z., Quanbin, Z., Zhien, L., Zengqin, Z., & Rong, X. (2005). Antioxidant activity of different molecular weight sulfated polysaccharides from *Ulva pertusa* (Chlorophyta). *Journal of Applied Phycology*, 17, 527-534.
- Hussein, M.H., Hamouda, R.A., El-Naggar, N.E., & Karim-Eldeen, M.A. (2015). Characterization, antioxidant potentiality and biological activities of the polysaccharide ulvan extracted from the marine macroalga *Ulva* spp. *Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology*, 6(9), 373-392. <http://doi.org/10.21608/jacb.2015.48435>
- Ibrahim, M.I.A., Amer, M.S., Ibrahim, H.A.H., & Zaghloul, E.H. (2022). Considerable production of ulvan from *Ulva lactuca* with special emphasis on its antimicrobial and anti-fouling properties. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 194, 3097-3118. <http://doi.org/10.1007/s12010-022-03867-y>
- Jayapal, N., Samanta, A., Kolte, A.P., Senani, S., Sridhar, M., Suresh, K., & Sampath, K. (2013). Value addition to sugarcane bagasse: Xylan extraction and its process optimization for xylooligosaccharides production. *Industrial Crops Products*,

- 42, 14–24. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.05.019>
- Khuluq, A.D.S., Widjanarko, S.B., & Murtini, E.S. (2007). Ekstraksi dan betasianin daun darah (*Alternanthera dentata*): Kajian perbandingan pelarut air:etanol dan suhu ekstraksi. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(3), 172-181.
- Kidgell, J.T., Magnusson, M., de Nys, R., & Glasson, C.R.K. (2019). Ulvan: A systematic review of extraction, composition and function. *Algal Research*, 39. <http://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101422>
- Kim, W. J., Kim, S. M., Kim, H. G., Oh, H. R., Lee, K. B., Lee Y. K., & Park, Y. I. (2007). Purification and anticoagulant activity of fucoidan from Korean *Undaria pinnatifida*. *Journal Alga*, 22(3), 247-252.
- Kurniasih, S.D., Pramesti, R., & Ridlo, A. (2014). Penentuan aktivitas antioksidan ekstrak rumput laut *Ulva* sp. dari pantai Krakal-Yogyakarta. *Journal of Marine Research*, 3(4), 617-626. <https://doi.org/10.14710/jmr.v3i4.11423>
- Kurniawan, R., Nurjanah, Jacob, A. M., Abdullah, A., & Pertiwi, R., M. (2019). Karakteristik garam fungsional dari rumput laut hijau. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 22(3): 573-580. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v22i3.29320>
- Kwon, M.J., & Nam, T.J. (2007). Apolysaccharide of the marine *Capsosiphon fulvescens* induces apoptosis in AGS gastric cancer cells via an IGF-IR-mediated P13K/Akt pathway. *Cellbiology International*, 31, 768-775. <https://doi.org/10.1016/j.cellbi.2007.01.010>
- Lahaye, M., & Kaeffer, B. (1997). Seaweed dietary fibres: structure, psychochemical and biological properties relevant to intestinal physiology. *Sciences des Aliments*, 17, 563-584.
- Lahaye, M., & Robic, A. (2007). Structure and functional properties of ulvan, a polysaccharide from green seaweed. *Biomacromolecules*, 8, 1765-1774. <http://doi:10.1021/bm061185q>.
- Lee, N.Y., Yunus, M.A.C, Idham, Z., Ruslan, M.S.H., Aziz, A.H.A., & Irwansyah, N. (2016). Extraction and identification of bioactive compound from agarwood leaves. *Second International Conference on Chemical Engineering (ICCE)* 162: 1-6. <http://doi:10.1088/1757-899X/162/1/012028>.
- Li, W., Jiang, N., Li, B., Wan, M., Chang, X., Liu, H., Zhang, L., Yin, S., Qi, H., & Liu, S. (2018). Antioxidant activity of purified ulvan in hyperlipidemic mice. *International Journal of Biological Macromolecules*, 113, 971-975. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.02.104>
- Maray, S.O., Mohamed, S. M., Abdel-Kareem, M.S.M., Mabrouk, M.E.M., El-Halmouch, Y., & Makhlof, M.E.M. (2023). In vitro assessment of antiviral, antimicrobial, antioxidant and anticancer activities of Ulvan Extracted from the Green Seaweed *Ulva lactuca*. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 39779–790. <https://doi.org/10.1007/s41208-023-00584-z>
- Mezghani, S., Bourguiba, I., Hfaiedh, I., & Amri, M. (2013). Antioxidant potential of *Ulva rigida* extracts: protection of HeLa Cells against H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> cytotoxicity. *The Biological Bulletin*, 225, 1–7. <http://doi:10.1086/BBLv225n1p1>
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*, 26(2), 211-219.
- Moò, F.R.C., Wilar, G., Devkota, H.P., & Wathoni, N. (2020). Ulvan, a polysaccharide from macroalga *Ulva* sp.: A review of chemistry, biological activities and potential for food and biomedical applications. *Applied Sciences*, 10(16), 5488. <https://doi.org/10.3390/app10165488>
- Murphy, V., Hughes, H., & McLoughlin, P. (2008). Comparative study of chromium biosorption by red, green and brown seaweed biomass. *Chemosphere*, 70, 1128–1134. <http://doi:10.1016/j.chemosphere.2007.08.015>
- Nurjanah, Abdullah. A., & Nufus, C. (2018). Karakteristik sediaan garam *Ulva lactuca*



- dari perairan sekotong Nusa Tenggara Barat bagi pasien hipertensi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(1), 109-117.
- Nurjanah, Jacobeb, A. M., Ramlan, & Abdullah, A. (2020). Penambahan genjer (*Limnocharis flava*) pada pembuatan garam rumput laut hijau untuk penderita hipertensi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(3), 459-469.
- Nurjanah, Ramlan, Jacobeb, A. M., & Seulalae, A. V. (2023). Komposisi kimia tepung dan aktivitas antioksidan ekstrak *Ulva lactuca* dan genjer (*Limnocharis flava*) sebagai bahan baku pembuatan garam rumput laut. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 18(1), 63-74. <http://dx.doi.org/10.15578/jpbkp.v18i1.931>
- Nusaibah, Muhammad, T., Pangestika, W., Siregar, A. N., & Utami, K. D. (2023). Karakteristik serum wajah dari sediaan filtrat rumput laut *Euclima cottonii* dan *Ulva lactuca*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 26(3), 545-559. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v26i3.46874>
- Pereira, L., Amado, A.M., Critchley, A.T., Van de Velde, F., & Ribeiro-Claro, P.J. (2009). Identification of selected seaweed polysaccharides (phycocolloids) by vibrational spectroscopy (FTIR-ATR and FT-Raman). *Food Hydrocolloids*, 23, 1903-1909. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.11.014>
- Pratista, I.M.I., Suhendra, L., & Wrasati, L.P. (2017). Karakteristik pewarna alami pada ekstrak *Sargassum polycystum* dengan konsentrasi pelarut etanol dan lama maserasi yang berbeda. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 5(4), 51-60.
- Ramadhan, W., Uju, Hardiningtyas, S.D., Pari, R.F., Nurhayati, & Sevica, D. (2022). Ekstraksi polisakarida Ulvan dari rumput laut *Ulva lactuca* berbantu gelombang ultrasonik pada suhu rendah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(1), 132-142. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v25i1.40407>
- Ray, B., & Lahaye, M. (1995). Cell-wall polysaccharides from the marine algae *Ulva rigida* (ulvales, chlorophyta). Extraction and chemical composition. *Carbohydrate Research*, 274, 251-261.
- Robic, A., Gaillard, C., Sassi, J.F., Leral, Y., & Lahaye, M. (2009a). Ultrastructure of ulvan: A polysaccharide from green seaweeds. *Biopolymers*, 91, 652-664. <https://doi.org/10.1002/bip.21195>
- Robic, A., Rondeau-Mouro, C., Sassi, J.F., Lerat, Y., & Lahaye, M. (2009b). Structure and interactions of ulvan in the cell wall of the marine green algae *Ulva rotundata* (Ulvales, Chlorophyceae). *Carbohydrate Polymers*, 77, 206-216. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.12.023>
- Robic, A., Bertrand, D., Sassi, J.F., Lerat, Y., & Lahaye, M. (2009c). Determination of the chemical composition of ulvan, a cell wall polysaccharide from *Ulva* spp. (Ulvales, Chlorophyta) by FT-IR and chemometrics. *Journal of Applied Phycology*, 21, 451-456. <http://doi:10.1007/s10811-008-9390-9>
- Santi, R.A., Sunarti, T.C., Santoso, D., & Triwisari, D.A. (2012). Komposisi kimia dan profil polisakarid rumput laut hijau. *Jurnal Akuatika*, 3(2), 105-114.
- Schwanninger, M., Rodrigues, J., Pereira, H., & Hinterstoisser, B. (2004). Effects of short-time vibratory ball milling on the shape of FT-IR spectra of wood and cellulose. *Vibrational Spectroscopy*, 36, 23-40. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2004.02.003>
- Sianipar, E.A., Satriawan, N., Sumartono, J., & Kambira, P.F.A. (2022). Pengujian aktivitas antioksidan makro alga Sumbawa dalam hubungannya dengan kandungan senyawa bioaktif dan efek farmakologi. *Jurnal Riset Kesehatan Nasional*, 6(2), 151-157.
- Sihono, Sinurat, E., Fateha, Supriyanto, A., Suryaningrum, T. D., Nurhayati, Fransiska, D., Utomo, B. S. B., Subaryono, Sedayu, B. B., Waryanto, Nurjanah, Ramadhan, W., Fadillah, H. M., & Muzayyanah, A. L. (2023). Optimasi formula nori-like product dari *Ulva* spp., *Gracilaria* sp., dan gliserol menggunakan metode mixture design.

- Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 26(3), 433-447. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v26i3.48337>
- Sun, L., Wang, L., Li, J., & Liu, H. (2014). Characterization and antioxidant activities of degraded polysaccharides from two marine chrysophyta. *Food Chemistry*, 160, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.067>
- Suresh, V., Senthilkumar, N., Thangam, R., Rajkumar, M., Anbazhagan, C., Rengasamy, R., Gunasekaranc, P., Kannand, S., & Palanib, P. (2013). Separation, purification and preliminary characterization of sulfated polysaccharides from *Sargassum plagiophyllum* and its in vitro anticancer and antioxidant activity. *Process Biochemistry*, 48, 364-373. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.procbio.2012.12.014>
- Tako, M., Tamanaha, M., Tamashiro, Y., & Uechi, S. (2015). Structure of ulvan isolated from the edible green seaweed, *Ulva pertusa*. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 6, 645-655. <http://dx.doi.org/10.4236/abb.2015.610068>.
- Tsubaki, S., Oono, K., Hiraoka, M., Onda, A., & Mitani, T. (2016). Microwave-assisted hydrothermal extraction of sulfated polysaccharides from *Ulva* spp. and *Monostroma latissimum*. *Food Chemistry*, 210, 311-316. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.121>
- Valentine, G., Sumardianto, & Wijayanti, I. (2020). Karakteristik nori dari rumput laut *Ulva lactuca* dan *Gelidium* sp. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(2): 295-302. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i2.32340>
- Venkatesan, J., Lowe, B., Anil, S., Manivasagan, P., Kheraif, A.A.A., Kang, K.H., & Kim, S.K. (2015). Seaweed polysaccharides and their potential biomedical application. *Starch-Staerke*, 67, 381-390. <https://doi.org/10.1002/star.201400127>
- Wahlström, N., Nylander, F., Malmhäll-Bah, E., Sjövoid, K., Edlunda, U., Westman, G., & Albers, E. (2020). Composition and structure of cell wall ulvans recovered from *Ulva* spp. along the Swedish west coast. *Carbohydrate Polymers*, 233, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.115852>
- Weafer, C. (1996). *The Food Chemistry Laboratory*. CRC Press.
- Widowaty, W., Setiawan, S., & Perdana, W.W. (2020). Aktivitas antioksidan ekstrak *Gracilaria* sp. dan *Ulva* sp. dari pantai Sayang Heulang. *Agrosience*, 10(2), 203-209.
- Wijesekara, I., Pangestuti, R., & Kim, S.-K. (2011). Biological activities and potential health benefits of sulfated polysaccharides derive from marine algae. *Carbohydrate Polymers*, 84, 14-21. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.10.062>
- Wu, H.Z., Wang, J.M., Yang, H., Li, G.Q., Zeng, Y.H., Xia, W., Li, Z.G., & Qian, M.R. (2017). Development and application of an in-cell clean up pressurized liquid extraction with ultra-high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry to detect prohibited antiviral agents sensitively in livestock and poultry feces. *Journal of Chromatography*, 1488, 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2017.01.070>
- Yaich, H., Garna, H., Besbes, S., Paquot, M., Blecker, C., & Attia, H. (2013). Effect of extraction conditions on the yield and purity of ulvan extracted from *Ulva lactuca*. *Food Hydrocolloid*, 31(2), 375-382. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v40i1.34916>
- Yaich, H., Amira, A.B., Abbes, F., Bouaziz, M., Besbes, S., Richel, A., Blecker, C., Attia, H., & Garna, H. (2017). Effect of extraction procedures on structural, thermal and antioxidant properties of ulvan from *Ulva lactuca* collected in Monastir coast. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105(2), 1430-1439. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.141>