

# ANALISIS PROKSIMAT, AKTIVITAS ANTIOKSIDAN, DAN KOMPOSISI PIGMEN *Ulva lactuca* L. DARI PERAIRAN PANTAI KUKUP

*(Proximate analysis, antioxidant activity, and pigment composition of Ulva lactuca L. from kukup beach)*

Junet Franzisca da Costa<sup>a\*</sup>, Windu Merdekawati<sup>b</sup>, Ferly Rambu Otu<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Gizi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Satya Wacana

<sup>b</sup>Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Kristen Satya Wacana

\* Penulis korespondensi

Email: [junetdacosta@staff.uksw.edu](mailto:junetdacosta@staff.uksw.edu)

---

## ABSTRACT

Seaweed has been widely consumed in Asia include Indonesia, especially coastal community. Seaweed has nutrients and non-nutrients compound that benefit health. Unfortunately, information about the potential of edible seaweed is limited. The objective of this study is to analyze the total nutrient levels (proximate), antioxidant activity, and pigment composition of *Ulva lactuca* L. that grow abundantly in Pantai Kukup, Gunung Kidul regency, Central Java. *Ulva lactuca* L. had 11.53% of water content, 2.94% of ash content, 5.17% of fat, 17.43% of protein, and 62.93% of carbohydrate. Antioxidant test by using DPPH found that inhibition concentration (IC<sub>50</sub>) of *Ulva lactuca* L. was 88890.55 ppm. *Ulva lactuca* L. contain chlorophyll a, b, and c, neoxanthin, anteraxanthin, dinoxanthin, flavoxanthin, micronone, and vaucheriaxanthin and other unidentified pigments. *Ulva lactuca* L. has high carbohydrate and protein with low lipid, which is potential as functional food material. Moreover, *Ulva lactuca* L. showed antioxidant activity, which is prospective in health, pharmaceutical, cosmetic.

**Keywords:** antioxidant activity, natural pigment, *Ulva lactuca* L.

## ABSTRAK

Rumput laut telah banyak dikonsumsi di Asia termasuk Indonesia khususnya masyarakat pesisir. Rumput laut kaya akan zat gizi dan non gizi yang bermanfaat untuk menunjang kesehatan tubuh. Akan tetapi, informasi mengenai potensi rumput laut yang biasa dimakan masih terbatas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar nutrisi total (proksimat), aktivitas antioksidan, dan komposisi pigmen rumput laut hijau *Ulva lactuca* L. yang tumbuh di perairan pantai Kukup, kabupaten Gunung Kidul, Jawa Tengah dan dikonsumsi oleh masyarakat di sekitar pantai. *Ulva lactuca* L. memiliki kadar air 11,53%, kadar abu 2,94%, lemak 5,17%, protein 17,43%, dan karbohidrat 62,93%. Uji aktivitas antioksidan dengan DPPH menunjukkan konsentrasi penghambatan 50% (IC<sub>50</sub>) *Ulva lactuca* L. yaitu 88890.55 ppm. *Ulva lactuca* L. mengandung pigmen korofil a, b, dan c, neoxantin, anteraxantin, dinoxantin, flavoxantin, micronone, dan vaucheriaxantin dan pigmen lain yang belum teridentifikasi. *Ulva lactuca* L. memiliki kadar karbohidrat dan protein yang cukup tinggi tetapi rendah lemak sehingga berpotensi sebagai bahan baku makanan fungsional. Aktivitas antioksidan pada *Ulva lactuca* L. prospektif untuk dikembangkan dalam bidang kesehatan, farmasi, dan kosmetik.

**Kata kunci:** aktivitas antioksidan, pigmen alami, *Ulva lactuca* L.

---

## PENDAHULUAN

Rumput laut banyak diteliti pada beberapa dekade terakhir karena mengandung zat-zat gizi dan non gizi yang bermanfaat bagi manusia, baik sebagai sumber bahan makanan maupun sebagai bahan baku pada industri pangan, farmasi, dan kosmetik. Sejak dulu rumput laut telah dimanfaatkan baik sebagai sumber makanan, obat-obatan, bahan baku industri, pupuk, dan makanan hewan ternak. Perancis dan Norwegia mulai merintis pemanfaatan rumput laut untuk pembuatan gelas sejak abad ke-17 (Delaney *et al.*, 2016), sedangkan Cina dan Jepang sudah mulai memanfaatkan nilai ekonomis rumput laut sejak tahun 1670 sebagai bahan baku obat-obatan, makanan tambahan, kosmetika, pakan ternak, dan pupuk organik (Suparmi dan Sachri, 2009), bahkan temuan arkeologi Jepang menginformasikan bahwa rumput laut sudah dimanfaatkan sejak 6000 BCE – 300 BCE di Jomon dan 300 BCE – 400 CE di Yayoi (Nisizawa *et al.*, 1987).

Rumput laut termasuk dalam divisi *Thallophyta* yaitu tumbuhan yang mempunyai akar, daun, dan batang yang semu. Seluruh bagian rumput laut disebut dengan istilah *thallus* dan diklasifikasikan berdasarkan warna thallusnya ke dalam 4 kelas, yaitu rumput laut hijau (*Chlorophyceae*), rumput laut merah (*Rhodophyceae*), rumput laut coklat (*Phaeophyceae*) dan rumput laut pirang (*Chrysophyceae*) (Atmadja *et al.*, 1996; Ghosh *et al.*, 2012).

Rumput laut kaya akan asam amino esensial, lemak tidak jenuh (omega 3 dan 6), serat kasar, polisakarida (non-pati), mineral (K, Ca, P, Fe, I, dan Na,) serta vitamin (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, dan C) (Handayani *et al.*, 2004; Mendis and Kim, 2011; Sulistyowati, 2013), bahkan kandungan serat pangan pada rumput laut ditemukan lebih tinggi dari tumbuhan darat yakni 33 – 62% (berat kering) (Mendis and Kim, 2011).

Kandungan nutrisi rumput laut berbeda-beda menurut jenisnya. Ma'ruf *et*

*al.* (2013) menemukan kadar nutrisi yang berbeda pada *Caulerpa racemosa* (*Chlorophyceae*) dan *Gracillaria verrucosa* (*Rhodophyceae*) dengan kadar karbohidrat, protein, lemak, air, dan abu berturut-turut 48,68%, 21,73%, 8,68%, 92,37% dan 20,91% pada *Caulerpa racemosa*, dan 72,49%, 4,61%, 3,32%, 80,70% dan 19,57% pada *Gracillaria verrucosa*. *Porphyra* sp. juga memiliki kandungan nutrisi yang berbeda dengan *Gracillaria verrucosa* walaupun sama-sama merupakan jenis rumput laut merah (*Rhodophyceae*) yakni 16,46% karbohidrat, 11,35% protein, 0,42% lemak, 51,20% air, dan 16,46% abu (Sormin, 2011). Dengan demikian, sebagai negara kepulauan yang kaya akan rumput laut, maka eksplorasi kandungan nutrisi rumput laut di Indonesia menjadi penting untuk dilakukan guna menemukan zat-zat nutrisi penting yang bermanfaat bagi manusia terutama di bidang pangan dan kesehatan.

Selain kandungan nutrisi yang kaya, rumput laut juga dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi (Wijesekara *et al.*, 2012; Miyasitha *et al.*, 2012; Nawaly *et al.*, 2013; Kosanić *et al.*, 2014). Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menghambat reaksi oksidasi dengan cara mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif. Tubuh manusia dapat menetralkan radikal bebas karena tubuh menghasilkan antioksidan alami tetapi jumlahnya tidak cukup untuk menetralkan radikal bebas yang masuk ke dalam tubuh terutama bila jumlah radikal bebas tersebut berlebih. Untuk mencegah efek radikal bebas yang berlebih di dalam tubuh diperlukan sumber antioksidan lain yang berasal dari luar tubuh. Antioksidan dapat diperoleh dari makanan. Selain itu, terdapat juga antioksidan sintetik seperti *BHT* (*Butylat Hydroxy Toluena*). Akan tetapi apabila dikonsumsi secara berlebihan dapat menjadi racun bagi tubuh (Djapiala *et al.*, 2011). Oleh sebab itu, antioksidan alami disinyalir lebih aman untuk digunakan.

Salah satu senyawa antioksidan dari rumput laut adalah pigmen atau zat warna yang memberi warna rumput laut.

Karotenoid, pigmen alami berwarna kuning hingga orange, yang terdapat di rumput laut merupakan antioksidan yang potensial (Wijesekara *et al.*, 2012; Miyashita *et al.* 2012). Karotenoid adalah pigmen fotosintesis yang secara *in vivo* membantu klorofil memanen cahaya matahari tetapi sekaligus juga berperan untuk melindungi klorofil dari intensitas cahaya berlebih yang merusak dengan cara memadamkan oksigen singlet dan memerangkap radikal bebas (Gross, 1991; Wang *et al.*, 2004). Peran karotenoid sebagai pelindung klorofil juga terjadi secara *in vitro* (da Costa *et al.*, 2007). Baweja *et al.* (2016) dan Miyashita *et al.* (2012) menyatakan bahwa karakteristik untuk memadamkan dan memburu radikal bebas merupakan dasar pemanfaatan karotenoid sebagai antioksidan untuk mencegah berbagai penyakit kardiovaskular, kanker, dan penyakit-penyakit kronis lainnya. Selain sebagai antioksidan, karotenoid rumput laut seperti  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten, dan  $\beta$ -kriptoxantin merupakan provitamin A.

*Ulva lactuca* L. merupakan salah satu jenis rumput laut hijau yang memiliki wilayah sebaran yang sangat luas di dunia, yakni di benua Eropa, Amerika, maupun Asia, termasuk Indonesia (*Algabase*). *Ulva lactuca* L. disebut juga sebagai *sea lettuce* karena talusnya yang lebar seperti bentuk daun, dengan panjang antara 30 – 50 cm (ada yang mencapai 100cm). Masyarakat pesisir pantai Selatan Jawa, khususnya wilayah Gunung Kidul selama ini telah memanfaatkan *Ulva lactuca* L. sebagai bahan pangan. Kondisi perairan yang terhubung dengan Samudera Hindia, dengan arus yang tidak begitu kuat serta substrat berupa rata-rata terumbu karang, mendukung pertumbuhan *Ulva lactuca* L. sehingga tumbuh melimpah di Pantai Kukup. Pantai Kukup adalah daerah destinasi wisata, sehingga disamping mengkonsumsi langsung sebagai sayuran, masyarakat di sekitar pantai Kukup juga membuat kerupuk dari *Ulva lactuca* L. dan dijual sebagai oleh-oleh. Akan tetapi,

kandungan nutrisi *Ulva lactuca* L. segar maupun yang sudah diproses dari wilayah ini belum diteliti. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar total karbohidrat, protein, lemak, abu, dan air pada *Ulva lactuca* L. serta potensi antioksidan ekstrak kasar dan kandungan pigmen sebagai informasi dasar bagi pemanfaatan *Ulva lactuca* L. secara optimal dalam bidang industri makanan maupun farmasi.

## BAHAN DAN METODE

### Sampel dan Presparasi Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumput laut yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat di pesisir selatan Pulau Jawa, Gunung Kidul. Pengambilan sampel rumput laut dilakukan pada saat air laut surut. Sampel rumput laut yang diperoleh dicuci dengan air laut untuk menghilangkan kotoran dan epifit yang menempel. Sampel dikemas dalam plastik hitam (*polybag*) dan disimpan dalam *cool box* yang telah diisi es batu. Selanjutnya sampel disimpan di dalam freezer sampai analisis selanjutnya dilakukan.

Sampel rumput laut diidentifikasi di Laboratorium Sistemika Tumbuhan Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.

### Analisis Kadar Abu dan Kadar Air

Analisis kadar abu (total mineral) dan kadar air dilakukan secara termogravimetri dengan mengacu metode Sudarmadji *et al.* (1984). Sampel sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam cawan porselen yang sudah diketahui bobotnya. Sampel untuk analisis kadar abu (2 gram), diarsangkan di atas bunsen dengan nyala api kecil sampai berasap. Selanjutnya dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 550°C sampai menjadi abu yang berwarna putih, sedangkan sampel untuk analisis kadar air (2 gram) langsung dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C selama kurang lebih 3 jam. Cawan dari oven dan tanur didinginkan dalam desikator dan

dilakukan penimbangan hingga diperoleh bobot tetap.

#### **Analisis Kadar Protein**

Analisis kadar protein total dilakukan dengan metode Kjeldahl menurut Sudarmadji *et al.* (1984). Sebanyak 1 gram sampel dimasukkan ke dalam labu kjeldahl dan didestruksi menggunakan 20 ml asam sulfat pekat dengan pemanasan sampai larutan berwarna jernih. Larutan hasil destruksi diencerkan dan didestilasi dengan penambahan 10 ml NaOH 10 %. Destilat ditampung dalam 25 ml larutan H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 3 %. Larutan H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> dititrasikan dengan larutan HCl standar menggunakan metil merah sebagai indikator. Dari hasil titrasi ini total nitrogen dapat diketahui. Nilai total nitrogen yang diperoleh kemudian dikalikan dengan faktor koreksi 6,25 untuk mendapatkan kadar protein total.

#### **Analisis Kadar Lemak**

Analisis kadar lemak menggunakan metode Soxhlet menurut Sudarmadji *et al.* (1984). Labu soxhlet dikeringkan dalam oven dan ditimbang bobot awalnya. Sebanyak 2 gram sampel dibungkus dengan kertas saring, kemudian ditutup dengan kapas wool yang bebas lemak. Kertas saring yang berisi sampel tersebut dimasukkan dalam alat ekstraksi soxhlet, kemudian dipasang alat kondensor di atasnya dan labu lemak di bawahnya. Pelarut dietil eter dituangkan ke dalam labu lemak secukupnya sesuai dengan ukuran yang digunakan. Selanjutnya dilakukan refluks minimum 5 jam sampai pelarut yang turun kembali ke labu lemak berwarna jernih. Pelarut yang ada di dalam labu lemak didestilasi dan ditampung. Labu lemak yang berisi hasil ekstraksi dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C kemudian didinginkan dalam desikator dan dilakukan penimbangan hingga diperoleh bobot tetap.

#### **Analisis Kadar Karbohidrat**

Analisis kadar karbohidrat dilakukan dengan metode Anthrone menurut Sudarmadji *et al.* (1984). Analisis kadar

karbohidrat dimulai dengan pembuatan kurva standar dengan 0,1 gram glukosa yang dilarutkan dengan aquades, kemudian dimasukkan ke dalam labu takar 250 ml. Selanjutnya dibuat beberapa seri pengenceran untuk pembuatan kurva standar lalu ditambahkan dengan cepat 5 ml pereaksi anthrone dan dididihkan. Setelah didinginkan, absorbansi dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 630 nm. Selanjutnya dilakukan analisis sampel. Sebanyak 1 gram sampel dilarutkan dalam 100 ml aquades setelah itu disaring dengan kertas saring. Sebanyak 5 ml filtrat sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan HCl 3 ml dan larutan Anthrone 3 ml lalu dihomogenisasi. Setelah itu dididihkan selama 10 menit dan didinginkan, kemudian dihomogenkan kembali. Intensitas warna yang terbentuk dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 630 nm.

#### **Uji Aktivitas Antioksidan**

Uji antioksidan dilakukan dengan menggunakan *1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl* (DPPH) sebagai radikal bebas menurut Banerjee *et al.* (2005). Sampel diekstraksi dengan menggunakan metanol. Sampel basah sebanyak 5 gram dipotong kecil-kecil ( $\pm$  1 cm) kemudian dihaluskan lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan direndam dengan 100 ml methanol selama 1 jam di atas *shaker*. Larutan hasil perendaman disaring dan filtratnya dievaporasi menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 40°C. Ekstrak kering selanjutnya dimasukkan ke dalam vial untuk pengujian. Pengujian dimulai dengan pembuatan seri konsentrasi, yaitu 100, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000 ppm. Setiap seri konsentrasi ditambahkan larutan DPPH 0,1 mM sebanyak 3 ml (1:3 v/v). Selanjutnya sampel dan DPPH divortex selama 1 menit kemudian diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang. Absorbansi diukur menggunakan Spektrofotometer U-1240 Shimadzu Mini-UV pada panjang gelombang 517 nm. Nilai *Inhibition Concentration* (IC<sub>50</sub>) dicatat sebagai jumlah

konsentrasi sampel untuk mengurangi konsentrasi DPPH sebanyak 50%. Persen penghambatan dihitung dengan rumus :

$$\% \text{ penghambat} = \frac{\text{Abs.blanko} - \text{Abs.sampel}}{\text{Abs.blanko}} \times 100 \%$$

### Ekstraksi sampel

Sampel rumput laut sebanyak 85.5 gram dipotong kecil-kecil dan ditambah  $\text{CaCO}_3$  kemudian diblender dan diekstraksi menggunakan pelarut aseton:methanol 3:7 v/v sebanyak 200 mL. Proses ekstraksi diulang sampai residu berwarna pucat. Hasil ekstraksi disaring kemudian dipartisi menggunakan dietil eter dengan perbandingan 1:1 v/v. Larutan garam jenuh ditambahkan untuk membantu proses pemisahan larutan pigmen (ekstrak kasar). Ekstrak pigmen (lapisan atas) ditampung dan dipisahkan dengan *rotary evaporator*. Ekstrak pigmen kering yang diperoleh dilarutkan dengan sedikit aseton kemudian ditampung pada botol sampel dan dikeringkan dengan gas  $\text{N}_2$  kemudian disimpan di *freezer* untuk analisis selanjutnya. Seluruh proses ekstraksi sampel dilakukan dalam kondisi cahaya remang pada suhu ruang.

### Identifikasi Pigmen dengan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT)

Komposisi pigmen sampel dianalisis menggunakan KCKT LC-20AD (Shimadzu, Kyoto) yang dilengkapi dengan detektor PDA (*photodiode array*) SPD - M20A pada panjang gelombang 190 – 800 nm. Kolom KCKT yang digunakan adalah RP - C18 ODS Shim-Pack yang dilengkapi dengan *guard coloum*. Analisis pigmen mengacu pada metode Hegazi *et al.* (1998) yang telah dimodifikasi. Elusi pigmen menggunakan sistem elusi gradien campuran methanol:asetonitril 7:3 dengan kecepatan alir 1 mL/menit pada suhu 30°C selama 60 menit. Ekstrak pigmen kasar dilarutkan dalam 5 mL asetonitril kemudian disaring menggunakan membrane filter whatman 0,2  $\mu\text{m}$ . Sebanyak 20  $\mu\text{L}$  filtrat diinjeksi ke kolom KCKT. Komposisi pigmen

dimonitor pada panjang gelombang 430 nm. Kromatogram setiap puncak dianalisis menggunakan acuan pustaka yang menggunakan sampel dan metode yang sama.

### Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Program Ms. Excell 2007 dan Origin 6.1.

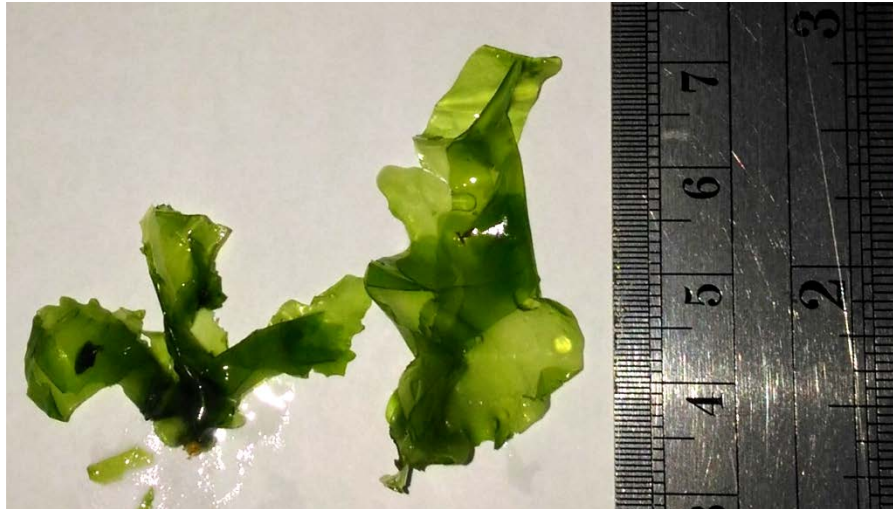
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Proksimat

Secara morfologi, rumput laut tidak mempunyai akar, batang maupun daun sejati, keseluruhan bagian tubuh disebut *thallus*. Secara taksonomi, rumput laut termasuk dalam divisio *Thallophyta*. Rumput laut tumbuh melekat pada substrat berupa karang, lumpur pasir, batu, dan benda keras lainnya. Sampel rumput laut hijau yang digunakan dalam penelitian ini teridentifikasi sebagai *Ulva lactuca* Linnaeus (*Ulva lactuca* L.) (**Gambar 1**).

Hasil analisis proksimat rumput laut hijau *Ulva lactuca* L. yang merupakan hasil rata-rata dari tiga kali pengulangan diperlihatkan pada **Tabel 1**. *Ulva lactuca* L. memiliki kandungan nutrisi berturut-turut karbohidrat total 62,93%, lemak total 5,17%, protein total 17,43%, kadar abu (mineral total) 2,94%, dan kadar air 11,53%.

Kadar karbohidrat total *Ulva lactuca* L. pada penelitian ini (62,93%) cukup tinggi bahkan ditemukan lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Di Indonesia, kadar karbohidrat total *Ulva lactuca* L. dari perairan Ujung Genteng, Sukabumi, Jawa Barat adalah 56.48% (Santi *et al.*, 2012), dari perairan Banten 60,3% (Krisye *et al.*, 2014) dan perairan Pameungpeuk Jawa Barat 58.1% (Rasyid *et al.*, 2017). Penelitian terkait analisis proksimat pada *Ulva lactuca* L. di beberapa negara lain menunjukkan kadar karbohidrat yaitu 59,1% (Rohan-Ghadikalei *et al.*, 2012), 46,42% (Khairy and El-Shafay, 2013), dan 55,6% (Abdel-Khaliq *et al.*, 2014).

Gambar 1. Talus *Ulva lactuca* L.Tabel 1. Hasil Analisis Proksimat *Ulva lactuca* L.

Jenis Nutrisi	Kadar Rata-rata (%)
Karbohidrat	62,93
Lemak	5,17
Protein	17,43
Abu	2,94
Air	11,53

Dibandingkan dengan jenis lain dari sesama genus *Ulva*, kadar karbohidrat total *Ulva lactuca* L. dalam penelitian ini lebih tinggi dari *Ulva fasciata* yang dilaporkan dari pantai bagian Tenggara India dan Mesir berturut-turut 19,68% (Manivannan *et al.* 2009) dan 23,7% (Ismail, 2017), akan tetapi masih lebih rendah dari *Ulva fasciata* yang dilaporkan oleh Rameshkumar *et al.* (2012) yakni 70,1%. *Ulva reticulata* dan *Ulva rigida* juga memiliki kandungan karbohidrat total lebih rendah dari *Ulva lactuca* L. dalam penelitian yakni berturut-turut 55,77% (Ratana-Arporn and Chirapart, 2006) dan 16, 74% (Frikha *et al.*, 2011).

Total protein *Ulva lactuca* L. dalam penelitian ini sebesar 17,43% berat kering. Baweja *et al.*, (2016) menyatakan bahwa total protein rumput laut hijau dan merah berkisar antar 10 – 48% berat kering dan khusus *Ulva Lactuca* L. berkisar antara 10 – 26% (Nisizawa *et al.*, 1987; Fleurence, 1999; Fleurence *et al.*, 2012). Dengan demikian kadar protein total *Ulva lactuca* L. dalam penelitian ini masuk dalam rentang

yang disimpulkan dari hasil penelitian-penelitian sebelumnya.

Kadar protein *Ulva lactuca* L. yang ditemukan dalam penelitian ini (17,43%) hampir sama dengan beberapa penelitian sebelumnya seperti yang dilaporkan oleh Khairy and El-Shafay (2013), Abdel-Khaliq *et al.* (2014), dan Rohani-Ghadikolalei *et al.* (2012) berturut-turut 17,88%, 17,60%, dan 17,10%. Akan tetapi ada beberapa hasil penelitian sebelumnya yang memiliki kadar protein total lebih rendah dari rentang kadar protein total *Ulva lactuca* L. yang dikemukakan seperti pada hasil temuan Rasyid *et al.* (2017) sebesar 13,60%, Krisye *et al.* (2014) sebesar 5,30%, dan Santi *et al.*, (2012) sebesar 2,85%. Ortiz *et al.* (2006) mengemukakan hasil kadar protein total *Ulva lactuca* L. sebesar 27,20%, dimana angka ini lebih tinggi dari rentang yang dikemukakan.

Lemak total *Ulva lactuca* L. dalam penelitian ini sebesar 5,17% berat kering. Dibandingkan dengan lemak total dari pada penelitian-penelitian sebelumnya maka

kadar lemak total *Ulva lactuca* L. dalam penelitian ini lebih tinggi dari yang dilaporkan oleh Rohani-Ghadikolaei *et al.* (2012) (3,60%), Khairy and El-Shafay (2013) (3,57%), Krisye *et al.* (2014) (2,90%), Santi *et al.* (2012) (2,24%), dan Abdel-Khaliq *et al.* (2014) (0,70%), tetapi lebih rendah dari yang dilaporkan oleh Yaich *et al.* (2011) (7,78%).

Lemak total rumput laut sangat rendah. Khairy and El-Shafay (2013) melaporkan kadar lemak total beberapa rumput laut coklat, merah, dan hijau kurang dari 4% berdasarkan berat kering. Akan tetapi jika dibandingkan dengan tumbuhan darat, kandungan *polyunsaturated fat* (PUFA) pada rumput laut lebih tinggi, yang dapat berperan sebagai antioksidan yang kuat untuk mencegah penyakit-penyakit kardiovaskular, osteoarthritis, dan diabetes (Mendis and Kim, 2011). Undaria dan *Ulva* merupakan genus rumput laut yang kaya akan asam lemak *stearidonic* (omega 3) dan *hexadecatrienoic* (omega 6) (Baweja *et al.*, 2016).

Kadar abu merupakan kandungan total mineral yang dikandung oleh suatu bahan. Kadar abu *Ulva lactuca* L. dalam penelitian ini sebesar 2.94% berdasarkan berat basah yang mana lebih rendah dibandingkan dengan kadar abu beberapa penelitian sebelumnya yang berkisar antara 11 – 18 % (Rasyid *et al.*, 2017; Turan *et al.*, 2015; Krisye *et al.*, 2014; Rohani-Ghadikolaei *et al.*, 2012; Yaich *et al.*, 2011), bahkan Nisizawa *et al.* (1987) melaporkan kadar abu *Ulva lactuca* L. sebesar 22.6%.

Kadar air *Ulva lactuca* L. dalam penelitian ini (11,53%) ditemukan lebih rendah dari yang dilaporkan oleh Rasyid *et al.* (2017) (16,90%), Turan *et al.* (2015) (30,89%), dan Krisye *et al.* (2014) (16,70%), namun masih lebih tinggi dari temuan Abdel-Khaliq *et al.* (2014) (8.50%) dan Rohani-Ghadikolaei *et al.* (2012).

Variasi kandungan karbohidrat, protein, lemak, abu, dan air *Ulva lactuca* L. sangat tergantung dari lingkungan dimana rumput laut ini ditemukan. Letak geografis

sangat mempengaruhi kandungan nutrisi *Ulva lactuca* L. Kandungan nutrisi dapat bervariasi menurut kondisi lingkungan pada habitat *Ulva lactuca* L. (Santi *et al.*, 2012; Krisye *et al.*, 2014; dan Rasyid *et al.*, 2017). Analisis proksimat pada rumput laut yang tumbuh di perairan pada benua Eropa (Polat and Ozogul, 2013, Amerika (Ortiz *et al.*, 2006; Ryther *et al.*, 1985) serta Asia (Khairy and El-Shafay, 2013; Rohani-Ghadikolaei *et al.*, 2012) dapat menunjukkan hasil yang berbeda. Selain perbedaan tempat dan pengaruh musim (Khairy and El-Shafay, 2013; Polat and Ozogul, 2013; Rohani-Ghadikolaei *et al.* 2012; Ryther *et al.* 1985; Fleurence, 1999), kedalaman turut mempengaruhi kandungan dan komposisi nutrisi *Ulva lactuca* L. (Dere *et al.*, 2003). Umur talus juga berpengaruh terhadap kandungan komposisi kimia *Ulva lactuca* L. yang ditemukan pada penelitian ini dimana sampel yang digunakan masih muda dilihat dari ukuran talus kurang dari 10 cm dan warna talus masih hijau terang.

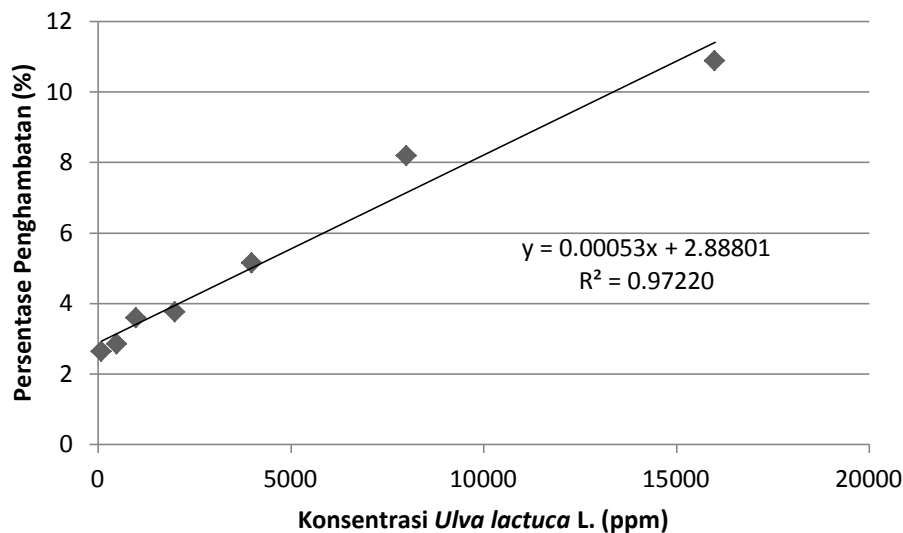
#### Uji Aktivitas Antioksidan

Uji aktivitas antioksidan ekstrak *Ulva lactuca* L. dalam penelitian ini menggunakan *1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl* (DPPH) sebagai sumber radikal bebas. DPPH banyak dipilih karena radikal bebas ini tergolong stabil (Molyneux, 2004). *Ulva lactuca* L. dilarutkan dalam methanol (ekstrak methanol) sehingga diharapkan hanya senyawa yang larut dalam methanol misalnya pigmen (klorofil dan karotenoid) dan asam lemak bisa larut, jadi tidak semua komponen seluler sel akan terlarut (Marxen *et al.*, 2007).

Sebagai radikal bebas, DPPH membutuhkan donor atom hidrogen untuk membuatnya stabil. Penelitian ini akan menguji kemampuan *Ulva lactuca* L. untuk mendonorkan atom hidrogen kepada DPPH dan meredam aktivitas DPPH. Absorbansi maksimum DPPH pada panjang gelombang 517 nm (Blois, 1958; Molyneux, 2004). Berkurangnya absorbansi DPPH yang dimonitor pada panjang gelombang 517 nm

Tabel 2. Hasil dari Uji Antioksidan dengan Metode DPPH

Konsentrasi [ppm]	Abs. DPPH 517 nm	Abs . 517 nm	Abs. Terkoreksi 517 nm	Persentase Inhibisi (%)
100	0.810	0.003	0.807	2.641920
500	0.808	0.003	0.805	2.849073
1000	0.806	0.003	0.799	3.591116
2000	0.806	0.007	0.798	3.747774
4000	0.798	0.008	0.786	5.146737
8000	0.785	0.012	0.761	8.181700
16000	0.763	0.024	0.739	10.88671
<b>Abs. Blanko</b>	0.829			

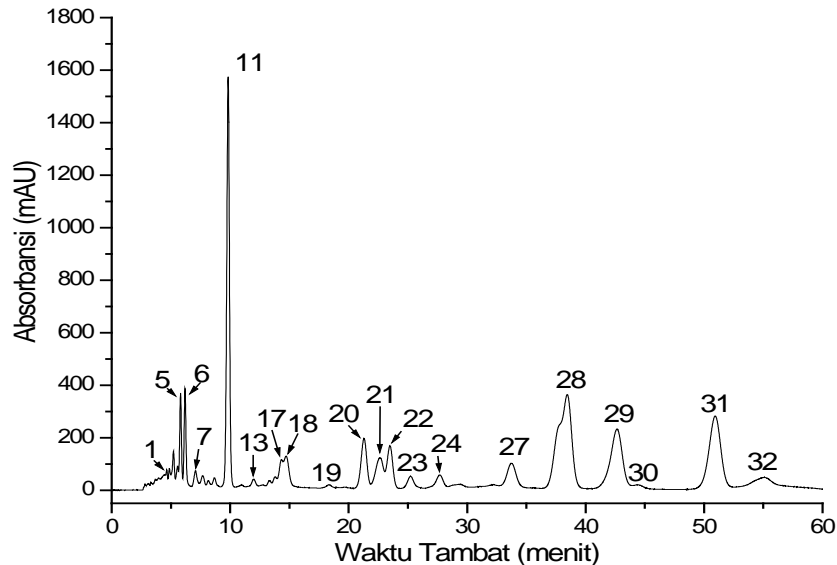
Gambar 2. Kurva persentase penghambatan konsentrasi ekstrak *Ulva lactuca* L. terhadap DPPH.

menunjukkan berkurangnya konsentrasi DPPH dalam larutan. Dengan kata lain, ekstrak methanol *Ulva lactuca* L. yang dicampur dengan DPPH telah bereaksi/menangkap molekul DPPH. Konsentrasi ekstrak methanol *Ulva lactuca* L. untuk menangkap dengan molekul DPPH hingga 50% disebut juga dengan *Efficient Concentration (EC<sub>50</sub>)* atau *Inhibition Concentration (IC<sub>50</sub>)* (Molyneux, 2004).

Hasil pengujian aktivitas antioksidan *Ulva lactuca* L. dari beberapa konsentrasi ekstrak methanol *Ulva lactuca* L. ditunjukkan pada **Tabel 2**. Dari kurva tampak bahwa semakin besar konsentrasi ekstrak *Ulva lactuca* L., semakin besar

persentase penghambatan terhadap DPPH (**Gambar 2**) sehingga daya hambat berbanding lurus dengan konsentrasi ekstrak. Berdasarkan persamaan regresi yang dihasilkan dari kurva hubungan konsentrasi ekstrak *Ulva lactuca* L. terhadap persentase penghambatan pada berbagai seri konsentrasi, maka konsentrasi *Ulva lactuca* L. yang diperlukan untuk meredam radikal bebas DPPH hingga 50% (IC<sub>50</sub>) adalah sebesar 88890.55 ppm. Molyneux (2004) menyatakan bahwa semakin kecil konsentrasi IC<sub>50</sub> maka semakin besar aktivitas antioksidan. Dengan kata lain, semakin kecil konsentrasi suatu senyawa yang dapat menghambat





Gambar 3. Kromatogram KCKT ekstrak kasar *Ulva lactuca* L. yang dideteksi pada panjang gelombang 430 nm. Serapan maksimum setiap puncak yang diberi nomor merupakan pigmen-pigmen yang teridentifikasi pada Tabel 3.

aktivitas DPPH atau radikal bebas lain maka kemampuan antioksidannya semakin tinggi.

Beberapa penelitian yang menguji aktivitas antioksidan *Ulva lactuca* L. dari wilayah yang berbeda menunjukkan nilai  $IC_{50}$  yang berbeda-beda pula. Abd. El-Baky *et al.* (2008) menemukan nilai  $IC_{50}$  *Ulva lactuca* L. yang ditumbuhkan di laboratorium dengan air laut alami pada konsentrasi 16.50  $\mu\text{g/ml}$ , sedangkan Farvin and Jacobsen (2013) dan Kosanić *et al.* (2014) mendapatkan nilai  $IC_{50}$  berturut-turut sebesar  $1266.7 \pm 11.0 \mu\text{g/ml}$  dan  $623.58 \pm 2.35 \mu\text{g/ml}$  dari sampel yang diambil langsung dari perairan pantai.

Dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya, kemampuan *Ulva lactuca* L. meredam radikal bebas dari DPPH dalam penelitian ini lebih rendah karena konsentrasi penghambatan 50% yang lebih tinggi dari penelitian-penelitian sebelumnya. Kemampuan untuk menangkap radikal bebas sangat dipengaruhi dengan kandungan senyawa-senyawa bioaktif dalam thallus antara lain

pigmen, senyawa polifenol, dan flavonoid. *Ulva lactuca* L. yang diuji dalam penelitian ini masih muda sehingga kandungan senyawa bioaktif mungkin masih sedikit. Akan tetapi, *Ulva lactuca* L. memiliki potensi antioksidan yang perlu untuk diteliti lebih jauh, terutama dengan menguji setiap senyawa bioaktif yang terlarut di dalam ekstrak methanol secara terpisah.

### Komposisi Pigmen

Komposisi pigmen *Ulva lactuca* L. dihasilkan dari proses pemisahan ekstrak kasar melalui KCKT yang dilengkapi dengan detektor PDA selama 60 menit. Kromatogram KCKT hasil pemisahan ekstrak kasar *Ulva lactuca* L. yang merupakan tampilan 3 dimensi fungsi Absorbansi (mAU), waktu tambat ( $t_R$ ), dan panjang gelombang (nm) menghasilkan 32 puncak serapan maksimum yang dideteksi pada panjang gelombang 430 nm (**Gambar 3**).

Tabel 3. Komposisi Pigmen *Ulva lactuca* L. yang Dideteksi Pada Panjang Gelombang 430 nm

Puncak	tR'	tR	Eluent (nm)	Pigmen	Acuan Pustaka
0		2.772			
1	1.879	4.651	416, 656	golongan klorofil	Hegazi <i>et al.</i> , 1998; Limantara & Heriyanto, 2010,
2	2.103	4.875	397, 423, 613, 669	Klorofilid <i>a</i>	Britton, 1995, Hegazi <i>et al.</i> , 1998; Limantara & Heriyanto, 2010
3	2.444	5.216	416, 439, 466, 613, 666	golongan xantofil dan klorofilid <i>a</i>	Britton, 1995
4	2.796	5.568	402, 427, 445, 472, 662	golongan xantofil dan klorofil	Britton, 1995
5	3.041	5.813	413, 436, 464	Neoxantin	Britton, 1995
6	3.415	6.187	416, 440, 470	Dinoxantin	Britton, 1995, Jeffrey <i>et al.</i> 1997
7	4.3	7.072	402, 423, 449	Flavoxantin	Britton, 1995, Hegazi <i>et al.</i> , 1998; Limantara & Heriyanto, 2010
8	4.908	7.68	421, 441, 468	Micronone	Hegazi <i>et al.</i> , 1998
9	5.377	8.149	412, 434, 463	9'cis-neoxantin	Hegazi <i>et al.</i> , 1998
10	5.911	8.683	412, 434, 461	9'cis-neoxantin - like	Hegazi <i>et al.</i> , 1998
11	7.052	9.824	422, 445, 473	Anteraxantin	Britton, 1995; Jeffrey <i>et al.</i> , 1997; Hegazi <i>et al.</i> , 1998; Limantara & Heriyanto, 2010; Heriyanto <i>et al.</i> , 2017
12	8.172	10.944	463, 599, 646	Divinil klorofil <i>b</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997
13	9.207	11.979	430, 463, 577, 604, 656	golongan klorofil <i>b</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997
14	9.985	12.757	464, 603, 653	golongan klorofil <i>b</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997
15	10.561	13.333	465, 653	golongan klorofil <i>b</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997
16	11.02	13.792	420, 441, 468	Vaucherixantin	Britton, 1995, Jeffrey <i>et al.</i> , 1997
17	11.553	14.325	418, 441, 463	Vaucherixantin-like	Britton, 1995, Jeffrey <i>et al.</i> , 1997
18	11.959	14.731	453, 582, 634	Chlorophyll <i>c</i> -like	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997
19	15.607	18.379	440, 656	golongan klorofil <i>b</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997
20	18.529	21.301	465, 600, 650	klorofil <i>b'</i>	Hegazi <i>et al.</i> , 1998; Limantara & Heriyanto, 2010
21	19.873	22.645	465, 599, 651	golongan klorofil <i>b'</i>	Hegazi <i>et al.</i> , 1998; Limantara & Heriyanto, 2010
22	20.716	23.488	458, 546, 593, 642	Golongan klorofil <i>b</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997
23	22.455	25.227	458, 599, 652	golongan klorofil <i>b</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997
24	24.908	27.68	471, 603, 654	golongan klorofil <i>b</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997
25	26.636	29.408	413, 538, 665	Feofitin <i>a</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997
26	29.441	32.213	410, 463, 537, 664	golongan feofitin <i>a</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997
27	30.977	33.749	416, 506, 537, 570, 610, 656	golongan feofitin <i>a</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997
28	35.681	38.453	430, 583, 614, 664	Klorofil <i>a</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997, Hegazi <i>et al.</i> , 1998; Limantara & Heriyanto, 2010, Heriyanto <i>et al.</i> , 2017
29	39.884	42.656	421, 573, 610, 657	golongan klorofil <i>a</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997, Limantara & Heriyanto, 2010
30	41.559	44.331	412, 537, 573, 610, 663	golongan klorofil <i>a</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997, Limantara & Heriyanto, 2010
31	48.161	50.933	436, 672	golongan klorofil <i>a</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997, Limantara & Heriyanto, 2010
32	52.332	55.104	413, 505, 537, 610, 664	golongan feofitin <i>a</i>	Jeffrey <i>et al.</i> , 1997, Limantara & Heriyanto, 2010

Panjang gelombang 430 nm dipilih karena baik klorofil maupun karotenoid sama-sama mengabsorpsi cahaya pada panjang gelombang ini. Klorofil memiliki serapan maksimum pada panjang gelombang 410, 430, 453, dan 642, dan 662 nm, sedangkan karotenoid memiliki serapan maksimum pada 430 – 470 nm, 470 – 500 nm, dan 500 – 530 nm (Gross, 1991). Identifikasi pigmen dilakukan dengan membandingkan waktu tambat yang dikenal dengan *time retention* ( $t_R$ ) dan pola spektra yang merupakan hasil plot fungsi absorbansi (mAU) dan panjang gelombang (nm) pada waktu tambat dimana terjadi serapan maksimum. Hasil identifikasi pigmen setiap puncak ditampilkan pada **Tabel 3**.

Waktu tambat ( $t_R$ ) sebenarnya merupakan hasil pengurangan waktu tambat serapan maksimum pigmen ( $t_R'$ ) dengan waktu tambat *eluent* ( $t_0$ ) (Pfander and Riesen, 1995; Hegazi *et al.*, 1998). Waktu tambat *eluent* ( $t_0$ ) adalah waktu yang dibutuhkan oleh larutan fase gerak (pengelusi) untuk melalui kolom (Pfander and Riesen, 1995) yakni puncak pertama kromatogram KCKT (Britton, 1995). Waktu tambat *eluent* ( $t_0$ ) pada penelitian ini adalah 2.772 menit.

KCKT memisahkan pigmen berdasarkan kepolarannya. Pemisahan pigmen ekstrak kasar *Ulva lactuca* L. menggunakan KCKT fase terbalik (*Reverse-phased HPLC*) pada penelitian ini, sehingga pigmen yang keluar terlebih dulu adalah pigmen yang lebih polar (Gross, 1991). Klorofil *a* dan *b* bersifat kurang polar, tetapi klorofil *c* dan turunan klorofil *a* seperti klorofilid *a* bersifat polar sehingga dapat dideteksi pada menit-menit awal pemisahan, kemudian diikuti oleh kelompok karotenoid xantofil yang lebih polar dibandingkan dengan kelompok karotenoid karoten.

Berdasarkan komposisi pigmen yang teridentifikasi pada **Tabel 3**, kelompok klorofil yang terdeteksi dari ekstrak kasar *Ulva lactuca* L. adalah klorofil *a*, *b*, *c*, dan turunan kedua jenis klorofil tersebut seperti

klorofilid *a*, feofitin *a*, dan juga bentuk epimer klorofil *a* dan *b*. Pigmen mirip klorofil *c* yang teridentifikasi pada  $t_R$  11,959 menit dengan serapan maksimum pada 453, 582, dan 634 nm sepertinya bentuk klorofil *c* baru atau bahkan klorofil jenis baru yang ditemukan tingkat kepolarannya lebih rendah dibandingkan kelompok karotenoid xantofil. Klorofil *c* biasanya terelusi terlebih dahulu sebelum kelompok karotenoid xantofil pada KCKT fase terbalik (Hegazi *et al.*, 1998; Limantara & Heriyanto, 2010; Heriyanto *et al.*, 2017).

Selain klorofil, pigmen lain yang berhasil dipisahkan oleh KCKT adalah kelompok karotenoid. Identifikasi jenis karotenoid dalam penelitian ini tidak hanya didasarkan pada bentuk pola spektra dan panjang gelombang serapan maksimum, tetapi juga berdasarkan persentase rasio puncak III terhadap puncak II (% III:II) setiap spektrum hasil plot absorbansi dan panjang gelombang masing-masing puncak.

Pola spektrum karotenoid biasanya memiliki tiga puncak serapan maksimum yang disebut dengan *fine structure*. Serapan maksimum yang membentuk tiga puncak terkait dengan jumlah ikatan rangkap pada struktur karotenoid, sehingga beberapa karotenoid dengan jumlah ikatan rangkap (kromofor) yang sama seperti  $\beta$ -karoten, neoxantin, violaxantin, kriptoxantin, dan zeaxantin (9 ikatan rangkap), memiliki pola spektrum yang sama (Gross, 1991; Britton, 1995; Jeffrey *et al.*, 1997). Posisi tiga puncak serapan maksimum karotenoid sangat dipengaruhi oleh bentuk struktur molekul (kondisi cincin, gugus tertentu antara lain gugus karbonil) dan pelarut (Gross, 1991), oleh sebab itu, rasio posisi tiga puncak serapan maksimum karotenoid dapat membantu untuk membedakan jenis-jenis karotenoid yang memiliki jumlah ikatan rangkap yang sama (Britton, 1995; Jeffrey *et al.*, 1997).

Persentase rasio III:II sangat membantu dalam proses identifikasi karotenoid. Vaucherixantin (puncak 16 pada **Gambar 3**) memiliki serapan

maksimum yang hampir sama dengan violaxantin (420, 441, 468 nm) tetapi memiliki %III:II sebesar 53% yang lebih kecil dari violaxantin (95-98%) (Britton, 1995) sehingga dapat diidentifikasi sebagai vaucherixantin. Sebaliknya, puncak 5 pada **Gambar 3** teridentifikasi sebagai neoxantin karena walaupun memiliki %III:II yang sama yakni dengan vaucherixantin tetapi menunjukkan serapan maksimum pada panjang gelombang yang berbeda, yang lebih mirip ke neoxantin.

Keseluruhan karotenoid yang teridentifikasi dari kromatogram KCKT adalah neoxantin dan turunannya, dinoxantin, flavoxantin, micronone, anteraxantin, dan beberapa kromatogram lain yang tidak teridentifikasi. Semua jenis karotenoid tersebut adalah merupakan kelompok xantofil yang bersifat lebih polar dibandingkan dengan klorofil *a*, *b*, dan turunannya, serta kelompok karotenoid karoten seperti  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten,  $\epsilon$ -karoten.

Neoxantin dan anteraxantin merupakan kelompok xantofil yang umumnya ditemukan pada rumput laut hijau (Dumay and Morançais, 2016), dan juga ditemukan dalam penelitian ini. Neoxantin, anteraxantin, vaucherixantin, dan fukoxantin adalah jenis xantofil yang memiliki ikatan *allenic* pada struktur molekulnya (C=C=C), dimana ikatan ini sangat jarang terdapat pada senyawa alami lainnya dan hanya ditemukan pada beberapa jenis alga (Gross, 1991; Jeffrey *et al.*, 1997; Miyashita *et al.*, 2011). Ikatan *allenic* pada fukoxantin disimpulkan oleh Kim dan Pangestuti (2012) sebagai penyebab fukoxantin menjadi pemburu radikal bebas yang baik sehingga memiliki potensi yang besar dalam bidang neutraceutical dan farmaceutical untuk mengganti antioksidan sintetis. Selain itu, pada suatu perlakuan menggunakan fukoxantin dan neoxantin juga memberikan efek supresif terhadap obesitas dimana disimpulkan merupakan pengaruh dari ikatan *allenic* yang terdapat pada kedua xantofil ini (Kim and Pangestuti, 2012; Shirotsaki and Koyama, 2012).

Berdasarkan hasil identifikasi pigmen dari ekstrak kasar *Ulva lactuca L.*, terlihat bahwa *Ulva lactuca L.* memiliki 3 jenis karotenoid *allenic* yakni neoxantin, anteraxantin, dan vaucherixantin. Dengan demikian, *Ulva lactuca L.* memiliki potensi yang sangat besar sebagai antioksidan untuk mencegah dan menghambat munculnya penyakit-penyakit metabolik akibat oksidasi dalam tubuh sehingga pigmen-pigmen ini juga dapat dimanfaatkan secara luas yang terkait dengan kesehatan seperti kosmetik, pangan fungsional, dan farmasi.

### KESIMPULAN

*Ulva lactuca L.* memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan sebagai bahan baku pangan fungsional karena mempunyai kadar karbohidrat dan protein yang cukup tinggi tetapi rendah lemak. Selain kandungan nutrisi yang baik, ekstrak kasar *Ulva lactuca L.* juga menunjukkan aktivitas antioksidan terhadap radikal bebas DPPH. *Ulva lactuca L.* juga mengandung pigmen alami dari kelompok klorofil yakni klorofil *a*, *b*, dan *c*, dan kelompok karotenoid antara lain neoxantin, anteraxantin, dinoxantin, flavoxantin, micronone, dan vaucherixantin. Setiap pigmen menunjukkan aktivitas bioaktif, dan diantara pigmen yang ada, neoxantin, anteraxantin, dan vaucherixantin memiliki ikatan *allenic* seperti pada fucoxantin yang disinyalir bertanggungjawab terhadap aktivitas antioksidan dan penghambatan terjadinya kanker, obesitas, diabetes, dan penyakit metabolik lainnya. Dengan demikian, *Ulva lactuca L.* merupakan komoditi yang sangat menjanjikan untuk dikembangkan secara besar-besaran dalam bidang pangan, kesehatan, farmasi, dan kosmetik.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Heriyanto, Ph.D dari *Ma Chung Research Center for Photosynthetic Pigment (MRCPP)* atas komunikasi pendek dan artikel-artikel terkait yang memperkaya ulasan hasil penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Khaliq, A., H. M. Hassan, M. E. Rateb, and O. Hammouda. 2014. Antimicrobial Activity of Three Ulva Species Collected from Some Egyptian Mediterranean Seashores. *International Journal of Engineering Research and General Science*. 2(5): 648-669
- Abd. El-Baky, H. H., F. K. El Bas, and G. S. El Baroty. 2008. Evaluation of Marine Alga *Ulva lactuca L.* as A Source of Natural Preservative Ingredient. *American-Eurasian J. Agric & Environ.Sci*. 3(3): 434 – 444.
- Algabase.[http://www.algabase.org/search/species/detail/?species\\_id=T3ccc5572f89e4911&sk=0&from=results](http://www.algabase.org/search/species/detail/?species_id=T3ccc5572f89e4911&sk=0&from=results). Diakses pada 22 Agustus 2017.
- Atmadja, W.S., A. Kadi, Sulistidjo, dan Rachmaniar. 1996. Pengenalan Jenis-jenis Rumput Laut. Jakarta. Puslitbang Oseanologi LIPI.
- Banerjee, A., N. Dasgupta, and B. De. 2005. In Vitro Study of Antioxidant Activity of *Syzygium cumini* Fruit. *J. Food Chemistry*. 90:727-733. doi:10.1016/j.foodchem.2004.04.033
- Baweja, P., S. Kumar, D. Sahoo, and I. Levine, 2016. Biology of Seaweed. In: *Seaweed in Health and Disease Prevention*. Edited by J. Fleurence and I. Levine. Elsevier, Inc. Oxford. p. 54
- Blois, M.S. 1958. Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. *Nature*. 181(4617):1199-1200.
- Britton, G. 1995. UV/Visible Spectroscopy, In: *Carotenoids - Spectroscopy*, edited by. Britton, G., S. Liaaen-Jensen, and Pfander, H.Vol.1B. Birkhäuser Verlag Basel. p.13-62
- da Costa, J. F., F. F. Karwur, dan L. Limantara. 2007. Fotoproteksi Beta Karoten dan Lutein Terhadap Klorofil a Dalam Aseton. Prosiding Seminar Pigmen Nasional 2007 "Back To Nature Dengan Pigmen Alami". Salatiga, 24 Agustus 2007.
- Delaney, A., K. Frangoudes, and S.-A. Li. 2016. Society and Seaweed: Understanding the Past and Present. In: *Seaweed in Health and Disease Prevention*. Edited by J. Fleurence and I. Levine. Elsevier, Inc. Oxford. p. 8
- Dere, S., N. Dalkiran, D. Karacağlu, G. Yildiz, and E. Dere. 2003. The determination of total protein, total soluble carbohydrate and pigment contents of some macroalgae collected from Gemlik-Karacaali (Bursa) and Erdek-Ormanlı (Balıkesir) in the Sea of Marmara, Turkey. *Oceanologia*, 45(3):453-471
- Dumay, J., and M. Morançais. 2016. Protein and Pigment, In: *Seaweed in Health and Disease Prevention*. Edited by J. Fleurence and I. Levine. Elsevier, Inc. Oxford. p. 282
- Djapiala, F.Y., L. Montolalu, A.D.Y. dan F. Mentang. 2011. Kandungan total fenol dalam rumput laut *Caulerparacemosa* yang berpotensi sebagai antioksidan. *JurnalMedia Teknologi Hasil Perikanan*. (1): 5-9
- Farvin, K. H. S., and C. Jacobsen. 2013. Phenolic compounds and antioxidant activities of selected species of seaweeds from Danish coast. *Food Chemistry* 138 : 1670–1681
- Fleurence, J. 1999. Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends in Food Science & Technology* 10:25-28.

- [http://www.life.sci.qut.edu.au/epping/LQB381ScROLL/Fronteirs\\_reviews/seaweed.pdf](http://www.life.sci.qut.edu.au/epping/LQB381ScROLL/Fronteirs_reviews/seaweed.pdf)
- Fleurence, J., M. Morançais, J. Dumay, P. Decottignies, V. Turpin, M. Munier, N. Garcia-Bueno, and P. Jaouen. 2012. What are the prospects for using seaweed in human nutrition and for marine animals raised through aquaculture? *Trends in Food Science & Technology*, 27:57-61
- Frikha, F., M. Kammoun, N. Hammami, R.A. Mchirgui, L. Belbahri, Y. Gargouri, N. Miled, and F. Ben-Rebah. 2011. Chemical composition and some biological activities of marine algae collected in Tunisia. *Ciencias Marinas*, 37(2): 113–124
- Ghosh, R., K. Banerjee, and A. Mitra. 2012. Eco-Biochemical Studies of Common Seaweeds in the Lower Gangetic Delta In : *Handbook of Marine Macroalgae. Biotechnology and Applied Phycology*. John Wiley & Sons, Ltd. p.45 – 57.
- Gross, J. 1991. *Pigments in Vegetables: Chlorophyll and Carotenoids*. Van Nostrand Reinhold. New York. 351p
- Handayani, T., Sutarno, dan A. D. Setyawan. 2004. Analisis Komposisi Nutrisi Rumput Laut *Sargassum crassifolium* J. Agardh. *Biofarmasi*, 2(2):45-52.
- Hegazi, M.M.I., Ruzafa, A.P., Almela, L., & Candela, M.E. 1998. Separation and identification of chlorophylls and carotenoids from *Caulerpa prolifera*, *Jania rubens* and *Padina pavonica* by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 829: 153-159.
- Heriyanto, A. D. Juliadiningtyas, Y. Shioi1, L. Limantara, and T. H. P. Brotosudarmo. 2017. Analysis of Pigment Composition of Brown Seaweeds Collected from Panjang Island, Central Java, Indonesia. *Philippine Journal of Science*, 146(3):323-330
- Ismail, G. A. 2017. Biochemical composition of some Egyptian seaweeds with potent nutritive and antioxidant properties. *Food Sci. Technol*, Campinas, 37(2):294-302. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.20316>
- Jeffrey, S.W., R.F.C. Mantoura, and T. Bjørnland. 1997. In: *Phytoplankton Pigments in Oceanography: Guidelines to Modern Methods*. Edited by. Jeffrey, S.W., R.F.C. Mantoura, and S.W. Wright. UNESCO. p. 449 - 559
- Khairy, H.M., and S.M. El-Shafay. 2013. Seasonal variations in the biochemical composition of some common seaweed species from the coast of Abu Qir Bay, Alexandria, Egypt. *Oceanologia*, 55(2):435-452. doi:10.5697/oc.55-2.435
- Kim, S., and R. Pangestuti. 2012. Biological Activities and Potential Health Benefits of Fucoxanthin Derived from Marine Brown Algae. In: *Advances in Food and Nutrition Research – Marine Medicinal Foods, Implications and Applications Macro and Microalga*. Edited by. S. Kim Vol.64. Elsevier Inc.Oxford. p.115-116
- Kosanić, M., B. Ranković, and T. Stanojković. 2014. Biological activities of two macroalgae from Adriatic Coast of Montenegro. *Saudi Journal of Biological Science*. 22(4):1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.11.004>

- Krisye, M. Kawaroe, dan U. Hasanudin. 2016. Biodegradasi Anaerobik Makroalga *Ulva* sp. untuk Menghasilkan Biogas dengan Metode *Batch*. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 1(1):57-65
- Limantara, L. and Heriyanto. 2010. Studi Komposisi Pigmen dan Kandungan Fukosantin Rumput Laut Cokelat dari Perairan Madura dengan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi. *Ilmu Kelautan*, 15(1):23-32
- Ma'ruf, W.F., R. Ibrahim, E.N. Dewi, E. Susanto, dan U. Amalia. 2013. Profil Rumput laut *Caulerpa racemosa* dan *Gracilaria verrucosa* sebagai *Edible Food*. *Jurnal Saintek Perikanan*, 9(1):68-74.
- Maninvannan, K., G. Thirumaran, G. Karthikai Devi, P. Anantharaman, and T. Balasubramanian. 2009. Proximate Composition of Different Group of Seaweeds from Vedalai Coastal Waters (Gulf of Mannar): Southeast Coast of India. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 4(2):72-77
- Marxen, K., K. H. Vanselow, S. Lippemeier, R. Hintze, A. Ruser, and U. Hansen. 2007. Determination of DPPH Radical Oxidation Caused by Methanolic Extracts of Some Microalgal Species by Linear Regression Analysis of Spectrophotometric Measurements. *Sensors*, 7: 2080-2095
- Mendis, E. and S. Kim, 2011. Present and Future Prospects of Seaweeds in Developing Functional Foods. In: *Marine Medicinal Foods. Implications and Applications, Macro and Microalgae*. Edited by Kim, S. Academic Press. p.7
- Miyashita, K., M. Airanthi, K. Widjaja-Adhi, M. Abe, and M. Hosokawa, 2012. Algal Carotenoids as Potent Antioxidants. In : *Handbook of Marine Macroalgae. Biotechnology and Applied Phycology*. John Wiley & Sons, Ltd. West Sussex. p.403 – 414 .
- Miyashita, K., S. Nishikawa, F. Beppu, T. Tsukui, M. Abe, and M. Hosokawa. 2011. The allenic carotenoid fucoxanthin, a novel marine nutraceutical from brown seaweeds. *J Sci Food Agric*, 91: 1166–1174
- Molyneux, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant Activity. *J. Sci. Technol.*, 26(2) : 211-219
- Nawaly, H., A.B. Susanto, dan J.L.A. Uktolseja. 2013. Senyawa Bioaktif dari Rumput Laut Sebagai Antioksidan. Prosiding Seminar Nasional X Pendidikan Biologi FKIP UNS. Juli 2013. <https://www.researchgate.net/publication/260131089>
- Nisizawa K., H. Noda, R. Kikuchi, and T. Watanabe. 1987. The Main Seaweed Foods in Japan. *Hydrobiologia*, 111/152:5-29.
- Ortiz, J., N. Romero, P. Robert, J. Araya, J. Lopez-Hernández, C. Bozzo, E. Navarrete, A. Osorio, and A. Rios. 2006. Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*.
- Pfander, H. and R. Riesen. 1995. Chromatography: Part IV High-Performance Liquid Chromatography, In: *Carotenoids – Isolation and Analysis*, edited by.

- Britton, G., S. Liaaen-Jensen, and Pfander, H. Vol.1A. Birkhäuser Verlag Basel. p.145-198.
- Polat, S. and Y. Ozogul. 2013. Seasonal proximate and fatty acid variations of some seaweeds from the northeastern Mediterranean Coast. *Oceonologia*, 55(2):375-391. doi:10.5697/oc.55-2.375
- Ratana-arporn, P. and A. Chirapart. 2006. Nutritional Evaluation of Tropical Green Seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulata*. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 40 (Suppl.) : 75 - 83
- Rasyid, A. 2017. Evaluation of Nutritional Composition of The Dried Seaweed *Ulva lactuca* from Pameungpeuk Waters, Indonesia. *Tropical Life Sciences Research*, 28(2):119-125
- Rohani-Ghadikolaei, K., E. Abdulalian, and Wing-Keong Ng. 2012. Evaluation of the proximate, fatty acid and mineral composition of representative green, brown and red seaweeds from the Persian Gulf of Iran as potential food and feed resources. *J. Food Sci Technol*, 49(6):774-780
- Ryther, J.H., T. A. DeBusk, and J.E. Peterson. 1985. Studies of Marine Macroalgae: Saline Desert Water Cultivation and Effects of Environmental Stress on Proximate Composition. A. Report. U.S. Department of Energy. 70p.
- Santy, R.A., T.C. Sunarti., D. Santoso, dan D.A. Triwisari. 2012. Komposisi Kimia dan Profil Polisakarida Rumput Laut Hijau. *Jurnal Akuatika*, 3(2):105-114.
- Shirosaki, M., and T. Koyama. 2012. *Laminaria japonica* as a Food for Prevention of Obesity and Diabetes. In: *Advances in Food and Nutrition Research – Marine Medicinal Foods, Implications and Applications Macro and Microalga*. Edited by. S. Kim Vol.64. Elsevier Inc.Oxford. p.201
- Soegiarto A, Sulistijo, dan W. S. Atmadja. 1978. Rumput Laut(Algae): Manfaat, Potensi, dan Usaha Budidaya. Jakarta: LON-LIPI.
- Sormin, R.B.D. 2011. Komposisi Kimia dan Potensi Bioaktif Sayur Laut (*Porphyra* sp). Prosiding Seminar Nasional: Pengembangan Pulau-pulau kecil, tahun 2011.
- Sudarmadji, S. B. Haryono, dan Suhardi. 1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Yogyakarta.
- Sulistiyowati, H. 2013. Struktur komunitas seaweed (rumput laut) di Pantai Pasir Putih Kabupaten Situbondo. *Jurnal Ilmu Dasar*,4(1):58–61.
- Suparmi dan A. Sahri. 2009. Mengenal Potensi Rumput Laut: Kajian Pemanfaatan Sumber Daya Rumput Laut dari Aspek Industri dan Kesehatan. *Sultan Agung*, 44(118):95-116.
- Turan, F., S. Ozgun, S. Sayin, G. Ozyilmaz. 2015. Biochemical composition of some red and green seaweeds from Iskenderun Bay, the northeastern Mediterranean coast of Turkey. *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, 21(3): 239-249
- Wang, Y., L. Mao, and Hu, X. 2004. Insight into the Structural Role of Carotenoids in Photosystem I: A Quantum Chemical Analysis. *Biophys. J.* 86:3097-3111.
- Wijesekara, I., M. Senevirathne, L.Yong-Xin, and S. Kim. 2012. Functional Ingredients from Marine Algae as Potential Antioxidants in the Food Industry. In : *Handbook of Marine*



- Macroalgae. Biotechnology and Applied Phycology.* John Wiley & Sons, Ltd. West Sussex. p.400 – 402.
- Yaich, H., H. Garna, S. Besbes, M. Paquot, C. Blecker, H. Attia. 2011. Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia. *Food Chemistry* 128: 895–901
- Zakaria, F. R., Priosoeryanto, B. P., Erniaty, dan Sajida, 2017. Karakteristik Nori dari Campuran Rumput Laut *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii*. *JPB Kelautan dan Perikanan*, 12(1):23-30