

## KARAKTERISTIK RUMPUT LAUT HIJAU DARI PERAIRAN KEPULAUAN SERIBU DAN SEKOTONG NUSA TENGGARA BARAT SEBAGAI ANTIOKSIDAN

**Chairun Nufus\*, Nurjanah, Asadatun Abdullah**

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,  
Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Jalan Agatis, Bogor 16680 Jawa Barat,  
Telepon (0251) 8622909-8622906, Faks. (0251) 8622915

\*Korespondensi: [nufusbintayip@yahoo.com](mailto:nufusbintayip@yahoo.com)

Diterima: 11 April 2017/ Disetujui: 25 Agustus 2017

**Cara sitasi:** Nufus C, Nurjanah, Abdullah A. 2017. Karakteristik rumput laut hijau dari perairan Kepulauan Seribu dan Sekotong Nusa Tenggara Barat sebagai antioksidan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(3): 620-632.

### Abstrak

Rumput laut hijau mengandung berbagai senyawa bioaktif yang salah satunya berfungsi sebagai antioksidan, serta kaya akan serat dan mineral-mineral penting. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik kimia dan aktivitas antioksidan *Caulerpa lentillifera*, *Halimeda opuntia* dan *Ulva lactuca*. Penelitian terdiri atas analisis proksimat, komposisi mineral, kandungan senyawa aktif, kandungan logam berat, serta penentuan aktivitas antioksidan ekstrak rumput laut hijau dengan metode CUPRAC, DPPH dan FRAP. Hasil analisis proksimat menunjukkan kandungan air dari ketiga rumput laut berkisar dari 10,83-28,41%, abu berkisar dari 24,97-70,66%, lemak berkisar dari 3,80-5,26%, serat berkisar dari 2,63-3,86%, protein berkisar dari 0,18-1,43% dan karbohidrat berkisar dari 10,69-36,49%. Rumput laut mengandung mineral Ca berkisar dari 17,95-124,39 g/kg, Na berkisar dari 21,16-34,18 g/kg. Mg berkisar dari 2,63-22,23 g/kg, K berkisar dari 2,29-12,28 g/kg dan Fe berkisar dari 0,13-0,34 g/kg. Ketiga rumput laut mengandung logam berat Pb berkisar dari 13,57-37,76 mg/kg, Cu berkisar dari 5,02-8,32 mg/kg dan Hg berkisar dari 0,170-0,265. Senyawa aktif dari ketiga rumput laut adalah senyawa flavonoid, steroid, triterpenoid, saponin, alkaloid dan fenol hidrokuinon. Ketiga rumput laut hijau memiliki aktivitas antioksidan DPPH dengan nilai IC<sub>50</sub> 43,53-95,91 mg/L, CUPRAC 138,21-212,43 µmol trolox/g, FRAP 175,93-181,79 µmol trolox/g.

Kata kunci: CUPRAC, DPPH, FRAP, rumput laut hijau

### *Characteristics of Green Seaweeds from Seribu Islands and Sekotong West Nusa Tenggara Antioxidant*

#### Abstract

Green seaweeds contain many bioactive compounds which one of them act as antioxidants as well as rich in fibers and essential minerals. This study was aimed to determine physicochemicals properties of green seaweed *Caulerpa lentillifera*, *Halimeda opuntia* and *Ulva lactuca*. The analytical methods of this research consists of: proximate analysis, mineral composition, phytochemical compounds, heavy metal content and antioxidant activity of extract green seaweed by CUPRAC, DPPH and FRAP method. The proximate analysis showed that the water content of the three seagrasses ranged from 10.83-28.41%, the ash ranged from 24.97-70.66%, the fat ranged from 3.80 to 5.26%, the fiber ranged from 2, 63-3.86%, protein ranges from 0.18 to 1.43% and carbohydrates range from 10.69 to 36.49%. Seaweeds contain Ca minerals ranging from 17.95-124.39 g / kg, Na ranges from 21.16 to 34.18 g / kg. Mg ranges from 2.63-22.23 g / kg, K ranges from 2.29-12.28 g / kg and Fe ranges from 0.13-0.34 g / kg. The three seaweeds contain Pb heavy metals ranging from 13.57-37.76 mg / kg, Cu ranges from 5.02-8.32 mg / kg and Hg ranges from 0.170 to 0.265.. bioactive compound extract C. lentillifera, H. opuntia and U. lactuca contains alkaloids, flavonoids, phenols hydroquinone, saponins, steroids and triterpenoids. Green seaweeds contain DPPH antioxidant activity within IC<sub>50</sub> values of 43,53-95,91 mg/L, CUPRAC 138.21-212.43 µmol trolox /g, FRAP 175.93-181.79 µmol trolox/g.

Keywords: CUPRAC, DPPH, FRAP, green seaweed

## PENDAHULUAN

Rumput laut merupakan bahan baku pangan hasil perairan yang tinggi kandungan gizinya namun masih perlu untuk dieksplorasi lebih lanjut potensinya sebagai bahan baku non pangan. Rumput laut telah umum digunakan sebagai makanan di negara-negara Asia termasuk Indonesia, Malaysia, Filipina, Singapura, Vietnam dan Taiwan (Nguyen *et al.* 2011; Nagappan dan Vairappan 2014; Putra *et al.* 2015) serta di sebagian negara Pasifik (Paul *et al.* 2013; Morris *et al.* 2014). Rumput laut yang menjadi konsumsi rutin masyarakat contohnya Cholorophyta (*Caulerpa recemosa*, *Caulerpa lentillifera*, *Ulva lactuca*) dan Rhodophyta (*Eucheuma cottonii*, *Eucheuma spinosum*, *Gracilaria gigas*). Rumput laut secara tradisional juga telah digunakan dalam bidang pertanian, sebagai pupuk untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan sebagai pakan ternak untuk meningkatkan kesehatan dan produktivitas ternak (Craigie 2011; Michalak *et al.* 2013; Evans *et al.* 2014).

Hasil penelitian Seftyia *et al.* (2017) terhadap 3 jenis rumput laut coklat yaitu *S. polycystum*, *P. minor* dan *T. Conoides* memiliki aktivitas antioksidan DPPH dengan nilai  $IC_{50}$  1,9-9,6 mg/mL, FRAP 70,643-105,357  $\mu$ mol troloks/g dan CUPRAC 85,268-201  $\mu$ mol.

Rumput laut mengandung berbagai senyawa bioaktif, beberapa di antaranya tidak terdapat pada tanaman terestrial antara lain: lektin atau fikobiliprotein, senyawa polifenol, florotannin dan polisakarida tertentu. Senyawa tersebut memiliki sifat meningkatkan kesehatan dan berperan dalam modulasi penyakit kronis (Brown 2014). Rumput laut yang mengandung senyawa bioaktif yaitu fenol, saponin, tanin, flavonoid, sesquiterpenoid, diterpenoid dan caulerpin yang memiliki aktivitas antioksidan, anti bakteri, anti jamur, anti tumor dan bisa digunakan untuk terapi tekanan darah rendah serta penurun glukosa darah (Kelman *et al.* 2012; Azhagu *et al.* 2015).

Rumput laut hijau mempunyai kelimpahan yang sangat tinggi di Indonesia, terutama jenis *Caulerpa* sp., *Halimeda* sp. dan *Ulva* sp. Ekstrak *C. serrulata* mempunyai aktivitas antioksidan yang sedang dengan

$IC_{50}$  136,89 ppm (Pramesti 2013). Ekstrak pigmen karotenoid *H. discoidea* mempunyai aktivitas antioksidan yang kuat dengan nilai  $IC_{50}$  99,65 ppm (Agusti 2015). Ekstrak *U. lactuca* L. mempunyai aktivitas antioksidan yang rendah dengan nilai  $IC_{50}$  4921,79 ppm (Febriansah 2015). Aktivitas antioksidan dari rumput laut tersebut telah banyak diaplikasikan, di antaranya untuk bahan kosmetik tabir surya (Luthfiyana *et al.* 2017; Maharany *et al.* 2017, Yanuarti *et al.* 2017).

Rumput laut hijau dengan nilai ekonomis tinggi dan potensial untuk dikembangkan banyak terdapat di perairan Indonesia antara lain di Kepulauan Seribu dan Perairan Sekotong. Kepulauan Seribu, DKI Jakarta merupakan perairan yang dipengaruhi oleh sungai-sungai yang bermuara di Teluk Jakarta dan Teluk Banten (Booij *et al.* 2001; Farhan dan Lim 2012). Perairan Sekotong merupakan pusat perikanan seperti mutiara, kerapu, kakap dan rumput laut. Wilayah laut sekotong menjadi daerah penangkapan ikan serta tujuan wisata. Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan karakterisasi rumput laut hijau asal Kepulauan seribu dan Sekotong sebelum dilakukan pemanfaatan lebih lanjut sebagai bahan baku pangan fungsional dan non pangan. Informasi mengenai karakterisasi dan potensi antioksidan rumput laut hijau yang berasal dari Perairan Kepulauan Seribu dan Sekotong belum banyak dikaji, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk menentukan karakteristik berbagai jenis rumput laut hijau. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik kimia, kandungan senyawa aktif, serta potensi antioksidan ekstrak rumput laut hijau dengan metode CUPRAC, DPPH dan FRAP.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah rumput laut hijau *C. lentillifera*, *H. opuntia* dan *U. lactuca*. Pengambilan sampel rumput laut berlokasi pada Perairan Pulau Pramuka Kepulauan Seribu dengan ordinat 5°44'54.5"S 106°36'41.6"E dan Perairan Sekotong, Nusa Tenggara Barat dengan ordinat 8°44'14.2"S 115°57'54.9"E. Rumput laut diambil secara

langsung pada bulan September 2016 dan Oktober 2016. Suhu air berkisar 28,2-33,7°C, pH berkisar dari 7,9-8, salinitas berkisar dari 32-34 ppt, kecepatan arus berkisar 0,023-0,063 m/s dan oksigen terlarut dengan nilai 6,5-6,91 ppm.

Bahan kimia yang digunakan untuk analisis bahan terdiri dari tablet Kjeldahl (Merck), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,25%, pekat (Merck), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Merck), akuades, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 2% (Merck), indikator *Brom Cresol Green-Methyl Red* (Merck), NaOH 40% (Merck), HNO<sub>3</sub> pekat (Merck), HClO<sub>4</sub> (Merck), HF (Altech), NaBH<sub>4</sub> (Sigma-Aldrich), HCl 0,1 N; 0,5N; pekat (Merck), etanol 97% (Merck), kloroform (Merck), NH<sub>4</sub>OH (Merck), aseton (Merck), pereaksi Meyer (larutan A 1,36 g HgCl<sub>2</sub> (Sigma-Aldrich) dilarutkan dalam 60 mL akuades, larutan B 0,5 g KI (Merck) dilarutkan dalam 10 mL akuades), pereaksi Dragendroff (larutan A 0,85 g bismuth nitrat (Sigma-Aldrich), 2 mL HCl pekat (Merck) dan 10 mL akuades, larutan B 8 g KI<sub>2</sub> (Merck) dan 10 mL akuades), pereaksi Wagner, (2,5 g I<sub>2</sub>, 3 g KI (Merck) dan 10 mL akuades), eter (Merck), FeCl<sub>3</sub> (Merck), etanol PA 99,9% (Merck), asam askorbat (Merck), DPPH ((2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazul) (Sigma-Aldrich)).

Alat yang digunakan terdiri dari *water bath* (SWBR17), *rotary vacuum evaporator* (RV 10 digital V), *hot plate* (Favorit HP0707V2), *vortex* (VM-300), alat-alat gelas, kertas pH, mikro pipet (Gilson), AAS (*Atomic Absorbtion Spectrofotometer*) (Shimatzu AA-700), spectro UV-Vis RSS pectrofotometer (UV-2500), oven (Mommert, Jerman), timbangan analitik tipe 210-LC (Adam, Amerika Serikat).

## Metode Penelitian

Penelitian diawali dengan pengamatan data lapangan, pengambilan dan preparasi sampel rumput laut. Sampel rumput laut diidentifikasi spesies pada Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Sampel rumput laut kering dianalisis proksimat, logam berat, komposisi mineral, kandungan senyawa aktif, analisis fitokimia, menentukan aktivitas antioksidan dengan metode CUPRAC, DPPH dan FRAP.

## Analisis proksimat

Penentuan komposisi kimia berdasarkan analisis proksimat mengacu pada AOAC (2005) meliputi kadar air, abu, protein, lemak, serat kasar dan karbohidrat *by different*.

## Analisis Kadar Mineral dan Residu Logam Berat Rumput laut

Pengujian diawali dengan preparasi sampel dengan pengabuan basah mengacu pada AOAC (2005). Sebanyak 10 gram sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambah 5 mL HNO<sub>3</sub>, dipanaskan dengan hot plate dengan suhu 120°C selama empat jam, ditambah 0,4 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan dipanaskan di atas hot plate ditambah 2-3 tetes larutan campuran HCl dan HNO<sub>3</sub> dengan perbandingan 2:1, sampel dipanaskan hingga berubah warna dari coklat ke kuning tua dan berubah menjadi kuning muda, didinginkan dan ditambah 2 mL akuades dan 0,6 mL HCl. larutan hasil pengabuan basah ditera ke dalam labu takar 100 mL menggunakan air demineral. Analisis kadar mineral rumput laut terdiri atas kalsium (Ca), natrium (Na), magnesium (Mg), kalium (K) dan besi (Fe), masing-masing dengan panjang gelombang: Ca 422,7 nm, Na 589,6 nm, Mg 285,2 nm, K 766,5 nm dan Fe 248,3 nm. Limit deteksi: Ca 1,77 mg/kg, Na 0,10 mg/kg, Mg 0,06 mg/kg, K 0,18 mg/kg dan Fe 0,17 mg/kg. Analisis residu logam berat terdiri dari timbal (Pb), tembaga (Cu) dan merkuri (Hg), masing-masing dengan panjang gelombang: Pb 283,3 nm, Cu 228,8 nm dan Hg 253,6 nm. Limit deteksi: Timbal (Pb) 0,23 mg/kg, Tembaga (Cu) 1,2 mg/kg dan merkuri (Hg) 0,004 mg/kg. Pengukuran menggunakan AAS (*Atomic Absorbtion Spectrofotometer*) (Shimatzu AA-700).

## Pengukuran rendemen

Rendemen merupakan persentase dari perbandingan bobot akhir terhadap bobot awal rumput laut sebelum mengalami perlakuan (AOAC 2005).

## Analisis fitokimia

Analisis kandungan senyawa aktif dilakukan untuk mengetahui senyawa aktif yang terkandung dalam ekstrak kasar etanol *C. lentillifera*, *H. opuntia* dan *U. lactuca*.

Analisis fitokimia yang dilakukan terdiri dari analisis flavonoid, fenol hidrokuinon, steroid/triterpenoid, tanin, dan saponin (Harborne 1987).

### Ekstraksi

Ekstraksi dilakukan dengan cara maserasi menggunakan etanol 99,9% mengacu pada Lee *et al.* (2017). Sampel kering (50 gram) dimasukkan dalam erlenmeyer dan direndam dengan 200 mL etanol, dipanaskan pada *water bath* suhu 60 °C selama 4 jam, ekstrak cair disaring menggunakan filter kain dengan ukuran 500 mikron dan disaring menggunakan kertas saring. Ekstrak cair kemudian dievaporasi menggunakan rotary vacuum evaporator pada suhu 50 °C hingga memperoleh ekstrak kasar rumput laut dalam bentuk serbuk atau pasta.

### Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH

Uji aktivitas antioksidan ekstrak kasar rumput laut hijau berdasarkan Blois *et al.* (1958) yang dimodifikasi. Pengujian dilakukan menggunakan metode DPPH dengan konsentrasi 0,1 mM. Sampel ekstrak kasar rumput laut dilarutkan dalam etanol dengan konsentrasi 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm. Asam askorbat digunakan sebagai kontrol positif dengan konsentrasi 1, 2, 3 dan 4 ppm. Aktivitas antioksidan masing-masing sampel dinyatakan dengan persentase penghambatan radikal bebas yang dihitung dengan rumus:

$$\text{Inhibisi (\%)} = \frac{\text{Absorbansi blanko} - \text{absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi blanko}} \times 100\%$$

### Uji aktivitas antioksidan dengan metode CUPRAC

Uji aktivitas antioksidan dengan metode CUPRAC berdasarkan Apak *et al.* (2007), Prosedur pengukuran sampel dilakukan dengan cara menimbang sampel sebanyak 0,05 g lalu ditambahkan dengan 5 ml etanol di vortex dan di saring (Maryam *et al.* 2016), ekstrak sebanyak 0,4 mL dilarutkan dalam etanol 99,9% ditambahkan 1 mL  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,01 M; 1 mL neocuproin etanolik 0,0075 M; 1 mL bufer amonium

asetat pH 7 1M; dan 0,7 mL akuades. Larutan didiamkan selama 30 menit dan diukur absorbansinya pada 450 nm. Campuran larutan tanpa ekstrak digunakan sebagai blanko. Kurva kalibrasi dibuat menggunakan larutan trolox dengan berbagai konsentrasi. Kapasitas antioksidan dinyatakan dalam  $\mu\text{mol}$  troloks/g serbuk kering.

### Uji aktivitas antioksidan dengan metode FRAP

Uji Aktivitas Antioksidan dengan Metode FRAP berdasarkan Benzie dan Strain (1996) yang dimodifikasi. Pereaksi FRAP dibuat dengan campuran bufer asetat 300 mM pH 3,6; TPTZ 10 mM dalam 40 mM HCl; dan 20 mM  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dengan nisbah 10:1:1. Ekstrak 25  $\mu\text{L}$  ditambahkan 3 mL pereaksi FRAP kemudian didiamkan selama 30 menit dalam *water bath* pada suhu 37°C dan diukur absorbansinya pada 595 nm. Larutan troloks dengan berbagai konsentrasi digunakan untuk membuat kurva kalibrasi. Kapasitas antioksidan dinyatakan dalam  $\mu\text{mol}$  troloks/g serbuk kering.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Ekstrak Rumput Laut

Rendemen ekstrak *C. lentillifera*, *H. opuntia* dan *U. lactuca* masing-masing 4,46%, 4,77% dan 0,84%. Ekstrak yang dihasilkan berwarna hijau dan hijau pekat dengan bentuk pasta dan serbuk. Putra (2015) melaporkan rendemen *Caulerpa* sp. segar sebanyak 8,88%, sedangkan *Caulerpa* sp. rebus 6,44%. *U. lactuca* yang diekstraksi menggunakan etanol menghasilkan rendemen 27,38% sedangkan pelarut metanol menghasilkan rendemen ekstrak sebesar 13,54% (Arbi *et al.* 2016).

Basir (2017) melaporkan rendemen *H. gracilis* dan *H. macroloba* dari perairan Pulau Karya, Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu dengan perlakuan utuh 19,83% dan 17,88%, gerus 20,24% dan 14,79%, potong 23,94% dan 15,55%. Perbedaan hasil rendemen ekstrak yang dihasilkan dari suatu bahan dipengaruhi oleh metode ekstraksi yang

digunakan, ukuran simplisia, perbandingan bahan dan pelarut, jenis pelarut, waktu ekstraksi, suhu ekstraksi umur panen dan perbedaan habitat sampel yang digunakan (Saragih *et al.* 2010; Kumar *et al.* 2012).

### Komposisi Kimia

Hasil pengujian komposisi kimia berdasarkan Tabel 1 menunjukkan nilai yang berbeda pada masing-masing jenis rumput laut. Perbedaan kandungan proksimat dapat disebabkan jenis rumput laut, perbedaan kondisi lingkungan, musim panen dan habitat rumput laut (Ahmad *et al.* 2012).

Kadar air dari ketiga jenis rumput laut yaitu 10,83-28,41%, rendahnya kadar air dari ketiga jenis rumput laut karena telah mengalami pengeringan.

Kadar abu dari ketiga jenis rumput laut mempunyai nilai yang lebih besar dari kadar proksimat lainnya, kadar abu tertinggi pada rumput laut *H. opuntia* sedangkan pada rumput laut *C. lentillifera* dan *U. lactuca* relatif tidak jauh berbeda, kadar abu dari ketiga jenis rumput laut berkisar 24,97-70,66%. Komponen tertinggi yang ada pada rumput laut adalah kadar abu dengan jumlah 8,4-43,6% terdiri dari makro mineral dan trace element (Venughopal 2010; Mayer *et al.* 2011). Ratana-arporn dan Chirapart (2006) menyatakan bahwa tinggi rendahnya kadar abu yang terkandung dalam suatu bahan dapat dihubungkan dengan unsur mineral. Tingginya kadar abu pada *H. opuntia*

disebabkan karna *H. opuntia* termasuk dalam makro alga berzat kapur dengan tipe kalsium karbonat aragonit diperoleh melalui hasil metabolisme yang disimpan di permukaan dinding sel. Kadar abu rumput laut tidak larut asam sebesar 2,55%. Abu yang tidak larut dalam asam biasanya mengandung silika yang berasal dari tanah atau pasir yang terdapat dalam sampel uji yang melekat pada bahan pada saat pemanenan (AOAC 2005).

Kadar lemak pada ketiga jenis rumput laut yang terukur adalah 0,18-1,43% dan telah sesuai dengan karakteritik rumput laut tropis yang tidak kaya akan lemak. Kandungan protein dari ketiga jenis rumput laut yaitu 3,80-5,26%. Protein dibentuk dari beberapa asam amino yang diikat oleh peptida, kandungan protein yang berbeda dalam rumput laut disebabkan oleh kandungan asam amino di dalam rumput laut (Ratana-arporn dan Chirapart 2006).

Kandungan serat kasar ketiga jenis rumput yaitu 2,63-3,86%. Jumlah serat kasar merupakan jumlah *dietary fiber* dan serat fungsional. Kebiasaan mengkonsumsi fiber sangat bermanfaat bagi orang obesitas dan penderita diabetes melitus tipe 2.

Kadar karbohidrat (*by difference*) pada ketiga jenis rumput laut yaitu 10,69-36,49%. Polisakarida merupakan salah satu penyusun karbohidrat. Karbohidrat umumnya memiliki keterkaitan dengan serat dalam suatu bahan. Tingginya serat dapat disebabkan oleh tingginya polisakarida pada sel rumput laut (Ma'ruf *et al.* 2013).

Tabel 1 Komposisi kimia rumput laut hijau

Komponen	Sampel (%)				
	<i>C. lentillifera</i>	<i>H. opuntia</i>	<i>U. lactuca</i>	<i>U. lactuca</i> *	<i>H. opuntia</i> **
Kadar air	23,21±0,86	10,83±0,11	28,41±0,11	10,32	5,8
Abu	38,15±3,19	70,66±2,84	24,97±1,19	37,07	86,0
Abu tidak larut asam	-	2,55	-	-	-
Lemak	1,40±0,08	0,18±0,06	1,43±0,17	2,45	2,3
Protein	5,26±0,23	3,80±0,30	5,14±0,35	14,79	3,2
Serat kasar	2,63±0,46	3,86±0,25	3,56±0,35	13,72	-
Karbohidrat	29,37±4,36	10,69±2,84	36,49±1,13	21,65	2,7

Keterangan: \*Mahasu (2016), \*\*Susan dan Jim (2006)

### Komposisi Mineral

Analisis kadar mineral dilakukan untuk mengetahui kadar mineral yang terdapat pada rumput laut. Kandungan mineral dari ketiga rumput laut dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 kandungan kalsium (Ca) dari ketiga jenis rumput laut berkisar 17,95-124,39 g/kg. Kandungan kalsium (Ca) pada *C. lentillifera* dan *H. opuntia* relatif tidak jauh berbeda dibanding dengan *U. lactuca*. Kandungan kalsium (Ca) mempunyai nilai yang lebih besar dari kandungan mineral lainnya, tingginya kadar mineral Ca sejalan dengan tingginya kadar abu pada rumput laut, Nasruddin *et al.* (2016) menyatakan bahwa semakin banyak kandungan mineral, maka kadar abu semakin tinggi. Kalsium berperan dalam pembentukan dan pemeliharaan tulang dan gigi (Fitriani *et al.* 2012). Kalsium juga memiliki peranan struktural untuk memberikan kekuatan pada kerangka tubuh (Nurjanah *et al.* 2013).

Kandungan natrium (Na) dari ketiga jenis rumput laut berkisar 21,16-34,18 g/kg dengan jumlah mineral tertinggi pada *C. lentillifera* dan terendah pada *H. opuntia*. Natrium merupakan kation utama pada cairan ekstraseluler dalam tubuh dan merupakan nutrisi yang penting untuk plasma, keseimbangan asam-basa, transmisi impuls saraf dan fungsi sel normal mengatur tekanan osmotik, metabolisme glukosa dan merupakan elemen esensial dari molekul DNA (Srimariana *et al.* 2015; Nurjanah *et al.* 2013).

Kandungan magnesium (Mg) dari ketiga jenis rumput laut berkisar 11,91-22,23 g/kg dengan jumlah mineral tertinggi pada *U. lactuca* dan terendah pada *H. opuntia*.

Magnesium (Mg) berperan dalam mencegah kerusakan gigi, mengendorkan otot, transmisi syaraf, aktivitas enzim dan memiliki pengaruh yang signifikan pada sistem pencernaan serta ginjal (Srimariana *et al.* 2015). Berdasarkan data analisis mineral yang telah dilakukan, *C. lentillifera* dapat dijadikan sebagai sumber natrium, *H. opuntia* dapat dijadikan sumber kalsium dan *U. lactuca* sebagai sumber kalium.

Kandungan kalium (K) dari ketiga jenis rumput laut berkisar 2,29-12,28 g/kg dengan jumlah mineral tertinggi pada *U. lactuca* dan terendah pada *H. opuntia*, unsur K bermanfaat untuk kesehatan tubuh, bertindak sebagai elektrolit, menjaga kesehatan jantung, otak, ginjal, jaringan otot dan organ penting lainnya (Yusuf 2014). Peran kalium pada tubuh adalah untuk mengendalikan membran rangsangan, mengoptimalkan struktural fungsi dan regulasi (Nurjanah *et al.* 2013).

Kandungan besi (Fe) dari ketiga jenis rumput laut berkisar 0,34-0,13 g/kg dengan jumlah mineral tertinggi pada *C. lentillifera* dan terendah pada *H. opuntia*. Zat besi berperan dalam proses respirasi sel, yaitu sebagai kofaktor bagi enzim-enzim yang terlibat dalam reaksi oksidasi-reduksi, zat besi juga berperan dalam imunitas pembentukan sel-sel limfosit (Ridwan 2012). Zat besi di dalam tubuh memiliki peran penting dalam berbagai reaksi biokimia, antara lain untuk memproduksi sel darah merah. Zat besi sangat bermanfaat untuk orang dewasa, karena kekurangan zat besi akan menyebabkan anemia, khususnya pada waktu-waktu tertentu seperti saat mensturasi dan pada masa kehamilan (Nurjanah *et al.* 2013).

Tabel 2 Kandungan mineral rumput laut hijau

Mineral	Sampel (%)				
	<i>C. lentillifera</i>	<i>H. opuntia</i>	<i>U. lactuca</i>	<i>U. ohnoi</i> *	<i>U. tepida</i> *
Ca	119,20±0,20	124,39±0,32	17,95±0,13	2,7±0,30	3,2±0,30
Na	34,18±0,16	21,16±0,38	22,27±0,38	15,5±1,10	66,3±26,9
Mg	11,91±0,09	2,63±0,06	22,23±0,34	25,6±9,50	19,0±4,10
K	4,06±0,03	2,29±0,04	12,28±0,14	29,1±9,80	32,8±8,10
Fe	0,34±0,02	0,13±0,00	0,18±0,00	0,2±0,10	0,2±0,02

Keterangan: \*Magnusson *et al.* (2016)

Variasi jumlah mineral yang besar, komponen organik pada dasar perairan, sifat kedalaman perairan, jarak dari tanah dan lingkungan mempengaruhi jumlah mineral yang ada pada rumput laut (Venugopal 2010).

### Kandungan Logam Berat

Pengujian logam berat digunakan sebagai salah satu cara untuk menentukan cemaran logam pada biota. Kadar logam berat pada ketiga jenis rumput laut hijau dapat dilihat pada Tabel 3.

Pengujian logam berat digunakan sebagai salah satu cara untuk menentukan cemaran logam pada biota yang dikhawatirkan dapat mempengaruhi kandungan nutrisi dan menyebabkan keracunan. Logam berat mempunyai sifat racun, meskipun dalam jumlah yang sedikit dibutuhkan tubuh (Ahmad 2009).

Konsentrasi logam berat Pb (Plumbum) pada ketiga rumput laut bervariasi, hasil pengujian menunjukkan bahwa konsentrasi Pb pada rumput laut *C. lentillifera*, *H. opuntia* dan *U. lactuca* masing-masing adalah 22,66 mg/kg, 37,76 mg/kg, 13,57 mg/kg, kandungan logam berat Pb maksimum dalam pangan yang diperbolehkan menurut BPOM (2009) yaitu 0,1-10 mg/kg, maka kadar logam berat Pb pada ketiga jenis rumput laut telah melewati batas maksimum yang diperbolehkan. Tingginya kandungan Pb pada rumput laut diduga disebabkan karena pengambilan sampel dilakukan pada bulan september yang merupakan bagian dari musim timur. Arus di perairan Pulau Seribu pada musim timur (Mei-September) bergerak dari Laut Jawa melewati perairan Kepulauan Seribu. Kondisi tersebut memungkinkan massa air dari Laut Jawa, khususnya Teluk Jakarta dan Teluk Banten terbawa sampai ke perairan Pulau

Seribu, pada Teluk Jakarta dan Teluk Banten sumber bahan pencemar atau polutan relatif banyak, karena berada pada daerah aktivitas industri dan aktivitas masyarakat yang tinggi (Alim 2014). Aktivitas kapal pesiar dan kapal tradisional yang digunakan sebagai alat transportasi dan rekreasi di sekitar perairan Pulau Pramuka Kepulauan Seribu dapat mempengaruhi nilai kandungan logam Pb, hal ini karena penggunaan bahan bakar kapal yang mengandung logam Pb berpotensi tumpah maupun tercecer dan kemudian mengendap di dasar perairan.

Kandungan Pb yang tinggi pada *U. lactuca* yang diambil dari perairan Sekotong Nusa Tenggara Barat diduga disebabkan karena terakumulasinya limbah dari kegiatan manusia (aktivitas penduduk, kegiatan budidaya, tempat pariwisata). Kondisi pantai sekotong yang merupakan teluk tertutup sehingga terlindung dari gelombang. Kondisi ini menyebabkan sirkulasi air menjadi terbatas sehingga logam berat cenderung terdeposit dan terakumulasi di dasar perairan. Logam berat di air lebih cenderung terakumulasi di dasar perairan (Jalius *et al.* 2008). Kondisi fisika perairan seperti arus akan berpengaruh besar dalam proses pengadukan maupun pengendapan partikel-partikel yang melayang di kolom perairan (Maslukah 2007).

Kadar logam berat Cu pada rumput laut *C. lentillifera*, *H. opuntia* dan *U. lactuca* adalah 6,03 mg/kg, 5,02 mg/kg, 8,32 mg/kg, kandungan logam berat maksimum dalam pangan yang diperbolehkan menurut (BPOM 2009) sebesar 0,1-150 mg/kg, maka kadar logam berat Cu pada ketiga jenis rumput laut belum melewati batas maksimum yang diperbolehkan. Kandungan logam berat Cu lebih kecil dibandingkan dengan logam berat Pb. Logam Cu termasuk logam esensial yang diperlukan organisme. Kelebihan logam Cu

Tabel 3 Kandungan logam berat rumput laut hijau

Mineral	Satuan	Sampel (%)			Baku mutu*
		<i>C. lentillifera</i>	<i>H. opuntia</i>	<i>U. lactuca</i>	
Timbal (Pb)	mg/kg	22,66	37,76	13,57	0,1-10
Raksa (Hg)	mg/kg	0,17	0,20	0,26	0,5-1
Tembaga (Cu)	mg/kg	6,03	5,02	8,32	0,1-150

Keterangan: \*BPOM (2009)

dalam tubuh dapat mengakibatkan kerusakan hati (Widowati 2008).

Kadar logam berat Hg pada rumput laut *C. lentillifera*, *H. opuntia* dan *U. lactuca* adalah 0,170 mg/kg, 0,200 mg/kg, 0,265 mg/kg, kandungan logam berat Hg maksimum dalam pangan yang diperbolehkan menurut (BPOM 2009) sebesar 0,5-1 mg/kg, kadar logam berat Hg pada ketiga jenis rumput laut belum melewati batas maksimum yang diperbolehkan. Rumput laut memiliki kemampuan dalam menyerap logam berat dikarenakan memiliki gugus fungsi yang dapat berikatan dengan ion logam, gugus fungsi tersebut terutama adalah gugus karboksil, hidroksil, amina, sulfidril imadazol, sulfat dan sulfonat yang terdapat dalam dinding sel dalam sitoplasma (Kusuma *et al.* 2014).

### Kandungan Senyawa Aktif

Analisis fitokimia merupakan langkah awal yang digunakan untuk memberikan informasi jenis komponen bioaktif yang terkandung dalam tumbuhan. Senyawa yang terdapat pada *C. lentillifera*, *H. opuntia* dan *U. lactuca* diuji secara kualitatif berdasarkan perubahan warna atau endapan yang terbentuk sebagai respon terhadap reagen yang diberikan. Adanya komponen bioaktif *C. lentillifera*, *H. opuntia* dan *U. lactuca* disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil uji fitokimia (Tabel 4) ekstrak *C. lentillifera* menunjukkan

hasil negatif terhadap senyawa alkaloid baik pada pereaksi Mayer, Wagner maupun Dragendroff, namun ekstrak *H. opuntia* dan *U. lactuca* menunjukkan hasil positif terhadap senyawa alkaloid pada pereaksi Mayer, Wagner maupun Dragendroff. Alkaloid berfungsi sebagai antibiotik dan antiinflamasi yang dapat mengurangi rasa nyeri, melancarkan peredaran darah, memulihkan stamina setelah melahirkan serta mencegah terjadinya infeksi pada bagian rahim (Sudarsono 2002).

Ekstrak *C. lentillifera*, *H. opuntia* dan *U. lactuca* menunjukkan hasil positif terhadap senyawa flavonoid. Flavonoid bermanfaat melindungi struktur sel, meningkatkan efektivitas vitamin C, antiinflamasi, mencegah keropos tulang dan sebagai antibiotik (Haris 2011). Flavonoid dapat menurunkan kekakuan arteri dan dapat menjadi alternatif pengobatan untuk mengurangi risiko penyakit jantung pada pasien diabetes melitus yang telah menopause (Curtis *et al.* 2013).

Ekstrak *U. lactuca* menunjukkan hasil positif terhadap senyawa fenol hidrokuinon namun ekstrak *C. lentillifera* dan *H. opuntia* menunjukkan hasil negatif terhadap senyawa fenol hidrokuinon. Senyawa fenol dapat mengurangi risiko beberapa penyakit kronis karena bersifat inflamatori, antioksidan, detoksifikasi karsinogenik dan anti kolesterol (Chen dan Blumberg 2007).

Nurjanah *et al.* (2015) menyatakan bahwa *Caulerpa* sp. mengandung

Tabel 4 Kandungan senyawa aktif rumput laut hijau

Metabolit sekunder	<i>Caulerpa lentillifera</i>	<i>Halimeda opuntia</i>	<i>Ulva lactuca</i>	Hasil uji positif
Alkaloid				
a. Mayer	-	+	+	Endapan putih
b. Wagner	-	+	+	Orange/coklat
c. Dragendrof	-	+	+	Orange/coklat
Flavonoid	+	+	+	Keruh kecoklatan/bening
Fenol hidrokuinon	-	-	+	Hijau/hijau pekat
Saponin	+	-	-	Terbentuk busa
Tanin	-	-	-	-
Steroid	+	+	+	Hijau pekat
Triterpenoid	+	+	+	Merah

Keterangan: + = Terdeteksi, - = Tidak terdeteksi



steroid, flavonoid, fenol dan saponin, dengan total fenol 0,0441 mg GAE/g dan aktivitas antioksidan dengan  $IC_{50}$  451,27 mg/kg.

Ekstrak *C. lentillifera* menunjukkan hasil positif terhadap senyawa saponin namun ekstrak *U. lactuca* dan *H. opuntia* menunjukkan hasil negatif terhadap senyawa saponin. Saponin merupakan senyawa yang memiliki tegangan permukaan yang kuat yang berperan sebagai antimikroba dengan mengganggu kesetabilan membran sel bakteri yang menyebabkan lisis sel serta berfungsi menghambat produksi jaringan bekas luka yang berlebihan (Ulya dan Rusman 2012).

Ekstrak *C. lentillifera*, *H. opuntia* dan *U. lactuca* menunjukkan hasil positif terhadap senyawa steroid/triterpenoid. Senyawa steroid/triterpenoid memiliki aktivitas sebagai senyawa antibakteri. Senyawa steroid/triterpenoid dapat menghambat pertumbuhan bakteri (Rosyidah *et al.* 2010).

#### Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH, FRAP, CUPRAC

Uji aktivitas antioksidan dilakukan untuk mengetahui potensi aktivitas antioksidan senyawa dalam ekstrak. Hasil uji aktivitas antioksidan dapat dilihat pada Tabel 5.

Hasil uji aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa ekstrak kasar *C. lentillifera*, *H. opuntia* dan *U. lactuca* masing-masing memiliki nilai  $IC_{50}$  2,2 mg/L, 4,445 mg/L dan 1,6 mg/L. Nilai  $IC_{50}$  vitamin C yang digunakan sebagai pembanding adalah 1,8 mg/L. Hasil uji aktivitas antioksidan menunjukkan ekstrak kasar *C. lentillifera*, dan *U. lactuca* memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat karena nilai  $IC_{50}$  kurang dari 50 mg/L. Blois (2005) menyatakan bahwa aktivitas antioksidan <50 ppm tergolong sangat kuat. Nilai  $IC_{50}$  yang semakin kecil menandakan

aktivitas antioksidan yang semakin tinggi. Ekstrak *H. opuntia* menunjukkan aktivitas antioksidan yang sangat lemah.

Uji antioksidan menggunakan metode CUPRAC menunjukkan kisaran aktivitas antioksidan ekstrak kasar *C. lentillifera*, *H. opuntia* dan *U. lactuca* masing-masing adalah 212,43  $\mu$ mol troloks/g ekstrak, 138,21  $\mu$ mol troloks/g ekstrak, 197,50  $\mu$ mol troloks/g ekstrak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ekstrak kasar etanol dari ketiga rumput laut dapat mendonorkan elektron. Kapasitas antioksidan terbesar dari ekstrak rumput laut yaitu pada ekstrak *C. lentillifera*. Uji antioksidan menggunakan metode FRAP pada ekstrak *C. lentillifera*, *H. opuntia* dan *U. lactuca* masing-masing adalah 181,79  $\mu$ mol troloks/g ekstrak, 175,93  $\mu$ mol troloks/g ekstrak, 179,86  $\mu$ mol troloks/g ekstrak hasil uji menunjukkan bahwa ekstrak etanol dari ketiga jenis rumput laut memiliki kemampuan mereduksi ion ferri ( $Fe^{3+}$ ). Hal tersebut dapat menggambarkan bahwa ketiga sampel ekstrak memiliki aktivitas antioksidan. Uji aktivitas antioksidan pada metoda FRAP umumnya akan menggambarkan aktivitas antioksidan yang tinggi pada senyawa yang bersifat polar dibandingkan yang bersifat nonpolar (Arif *et al.* 2014).

#### KESIMPULAN

Hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa rumput laut *C. lentillifera*, *H. opuntia* dan *U. lactuca* memiliki kadar abu dan karbohidrat yang lebih tinggi dibandingkan komponen proksimat lainnya. Senyawa fitokimia dari ketiga jenis ekstrak adalah: flavonoid, steroid, triterpenoid, saponin, alkaloid dan fenol. Ekstrak *C. lentillifera*, *H. opuntia* dan *U. lactuca* berpotensi sebagai sumber antioksidan.

Tabel 5 hasil uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH, FRAP, CUPRAC

Ekstrak kasar	DPPH	FRAP	CUPRAC
	mg/L	$\mu$ mol troloks/g ekstrak	
<i>Caulerpa lentillifera</i>	47,61	181,79	212,43
<i>Halimeda opuntia</i>	95,91	175,93	138,21
<i>Ulva lactuca</i>	43,53	179,86	197,50
Asam askorbat	1,8		

**DAFTAR PUSTAKA**

- [AOAC] Association of Analytical Chemist Publisher. 2005. Official methods of analysis of the association of official analytical chemist. Arlington Virginia USA: The Association of Official Analytical Chemist, Inc.
- [BPOM] Badan Pengawasan Obat dan Makanan Republik Indonesia. 2009. Keputusan direktur jenderal pengawasan obat dan makanan No. HK.00.06.1.52.4011 penetapan batas maksimum cemaran mikroba dan kimia dalam makanan. Jakarta (ID): Badan Pengawasan Obat dan Makanan Republik Indonesia.
- Ahmad F. 2009. Tingkat pencemaran logam berat dalam air laut dan sedimen di perairan pulau muna, kabaena dan buton sulewesi tenggara. *Makara Sains*. 13(2): 117-124.
- Ahmad F, Sulaiman MR, Saimon W, Yee CF, Matanjun P. 2012. Proximate compositions and total phenolic contents of selected edible seaweed from semporna, sabah, malaysia. *Borneo Science*. 31: 85-96
- Agusti N. 2015. Uji aktivitas antioksidan dan toksisitas ekstrak pigmen karotenoid yang diisolasi dari makroalga hijau *Halimeda discoidea*. *Repository UNHAS*. 8: 5-6.
- Alim DH. 2014. Konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada air, sedimen, dan rumput laut *Sargassum polycystum* di perairan pulau pari kepulauan seribu. [Skripsi]. Bogor. (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Apak R, Kubilay G, Birsen D, Mustafa O, Saliha EC, Burcu, Berker IK, Dilek O. 2007. Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assay applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*. 12:1496-1547.
- Arbi B, Widodo FM, Romadhon. 2016. Aktivitas senyawa bioaktif selada laut *Ulva lactuca* sebagai antioksidan pada minyak ikan. *Journal of Fisheries Science and Technology*. (12):12-18
- Arif Y, Jose C, Teruna H. 2014. Total fenolik flavonoid serta aktivitas antioksidan ekstrak n-heksana, diklorometan dan metanol *Amaranthus spinosus* L Em5-bawang putih. *Jurnal Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Riau*. 2(1): 35-68.
- Azhagu R, Mala K, Prakasam A. 2015. Phytochemical analysis of marine macroalga *Caulerpa racemosa* (J. Agardh) (chlorophyta-caulerpales) from Tirunelveli District, Tamilnadu, India. *Journal of Global Biosciences*. 4: 3055-3067.
- Basir A, Tarman K, Desniar. 2017. Aktivitas antibakteri dan antioksidan alga hijau *Halimeda gracilis* dari Kabupaten Kepulauan Seribu. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(2): 211-218.
- Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measurement of 'antioxidant power': the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 239: 70-76.
- Blois. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature Journal*. 181: 1199-1200.
- Booij K, Hillebrand TJ, van Ooijen J. 2001. Nutrien, trace metal and organic contaminant in Banten bay, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*. 42(11): 1187-1190.
- Brown ES, Allsopp PJ, Magee CI, Gill S, Nitecki CR, Strain EM. 2014. Seaweed and human health. *Nutrition Reviews*. 72: 205-216.
- Chen CYO, Blumberg JB. 2007. Phytochemical composition of nuts. *Asia Pasific Journal of Clinical Nutrition*. 17(1): 329-332.
- Craigie J. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*. (23): 371-393.
- Curtis PJ, John P, Paul AK, Paddy W, Ketan D, Mike S, Aedin C. 2013. Vascular function and atherosclerosis progression after 1 y of flavonoid intake in statin-treated postmenopausal women with type 2 diabetes: a double-blind randomized controlled trial 1, 2, 3. *American Society for Nutrition*. 97(5): 936-942.
- Evans FD, Critchley AT. 2014. Seaweeds for animal production use. *Journal of Applied Phycology*. 26: 891-899.
- Farhan AR, Lim S. 2012. Vulnerability assessment of ecological condition in seribu island, Indonesia. *Ocean and*

- Coastal Management*. (65) : 1-14.
- Febriansah ME, Sakti ERE, Kodir AR. 2015. Uji aktivitas antioksidan ekstrak selada laut (*Ulva lactuca* L) dengan ekstraksi bertingkat menggunakan metode DPPH. *Prosiding SPeSIA UNISBA*. 2: 535-537.
- Fitriani NLC, Walanda DK, Rahman N. 2012. Penentuan kadar kalium (K) dan kalsium (Ca) dalam labu siam (*Sechium edule*) serta pengaruh tempat tumbuhnya. *Jurnal Akademia Kimia*. 1(4): 174-180.
- Harborne JB. 1987. Metode fitokimia. penuntun cara modern menganalisis tumbuhan. terjemahan Kosasih P dan Iwang SJ. Bandung(ID): ITB.
- Haris M. 2011. Penentuan kadar flavanoid total dan aktivitas antioksidan dari daun dewa (*Gynura pseudochina*[Lour] DC) dengan spektrofotometer UV-Visibel. [skripsi]. Padang (ID): Universitas Andalas.
- Jalius, Setiyanto DD, Sumantadinata K, Riyani E, Ernawati. 2008. Bioakumulasi logam berat dan pengaruhnya terhadap oogenesis kerang hijau (*Perna viridis*). *Riset Akuakultur*. 3(1):43-52.
- Kelman D, Posner EK, Dermid KJ, TabanderaNK, Wright PR, Wright AD. 2012. Antioxidant activity of Hawaiian marine algae. *Marine Drugs*. 10:403-416.
- Kumar A, Kumari SN, Bhargavan D. 2012. Evaluation of in vitro antioxidant potential of etanolic extract from the leaves of *Achyranthes aspera*. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 5(3): 146-148.
- Kusuma IDGDP, Wiratini NM, Wiratma IGL. 2014. Isoterm adsorpsi Cu<sup>2+</sup> oleh biomassa rumput laut *Euzeuma spinosum*. *e-Journal Kimia Visvitalis Universitas Pendidikan Ganesha*. 2(1): 1-10.
- Lee NY, Yunus MAC, Idham Z, Ruslan MSH, Aziz AHA, Irwansyah N. 2017. Extraction and identification of bioactive compounds from agarwood leaves. *Second International Conference on Chemical Engineering*. 162(2017): 1-6.
- Luthfiana N, Nurjanah, Mala N, Effionora A, Taufik H. 2017. Karakterisasi sediaan krim tabir surya dari bubuk rumput laut *Euzeuma cottonii* dan *Sargassum* sp. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 19(3): 183-195.
- Magnusson M, Carl C, Mata L, Nys R, Paul NA. 2016. Seaweed salt from *Ulva*: a novel first step in a cascading biorefinery model. *Alga Research*. 16(2016): 308-316.
- Maharany P, Nurjanah, Ruddy S, Effionora A, Taufik H. 2017. Kandungan senyawa bioaktif rumput laut *Padina australis* dan *Euzeuma cottonii* sebagai bahan baku krim tabir surya. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 10-17.
- Mahasu NH. 2016. Evaluasi penggunaan rumput laut *Ulva lactuca* sebagai pengganti *pollard* dalam pakan ikan nila sultana *Oreochromis niloticus*. [Tesis]. Bogor. (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Ma'ruf WF, Ratna I, Eko ND, Eko S, Ulfah A. 2013. Profil rumput laut *Caulerpa racemosa* dan *Gracilaria verrucosa* sebagai edible food. *Jurnal Saintek Perikanan*. 9(1): 68-74.
- Maryam St, Baits M, Nadia A. 2016. Pengukuran aktivitas antioksidan ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) menggunakan metode FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*). *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*. 2(2): 115-118.
- Masluh L. 2007. Konsentrasi logam berat (Pb, Cd, Cu, Zn) terlarut dalam seston dan dalam sedimen di estuari banjir kanal barat semarang. *Jurnal Sumberdaya Perairan*. 2(1):1-4.
- Mayer AMS, Rodriguez AD, Berlinck RGS, Fusetani N. 2011. Marine pharmacology Marine pharmacology in 2007-8: Marine compounds with antibacterial, anticoagulant, antifungal, anti-inflammatory, antimalarial, antiprotozoal, antituberculosis, and antiviral activities; affecting the immune and nervous system and other miscellaneous mechanisms of action. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 67(2011): 191-222.
- Michalak IK. Chojnacka. 2013. Algal compost toward sustainable fertilization. *Reviews Inorganic Chemistry*. 10(2013): 161-180
- Morris C, Bala S, South GR, Lako J, Lober M., Simos T. 2014. Supply chain and marketing of sea grapes, *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh (Chlorophyta: *Caulerpaceae*) in

- Fiji, Samoa and Tonga. *Journal of Applied Phycology*. (26): 783–789.
- Nagappan T, Vairappan C. 2014. Nutritional and bioactive properties of threedible species of green algae, genus *Caulerpa* (*Caulerpaceae*). *Journal of Applied Phycology*. (26): 1019–1027.
- Nasruddin, Asikin AN, Kusumaningrum I. 2016. Pengaruh konsentrasi KOH terhadap karakteristik karagenan dari *Kappaphycus alvarezii*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 21(2): 55-63.
- Nguyen VT, Ueng JP, Tsai GJ. 2011. Proximate composition total phenolic content and antioxidant activity of seagrape (*Caulerpa lentillifera*). *Journal Food Sciences*.(76): C950–C958.
- Nurjanah, Jacob AM, Nurokhmatunnisa, Pujianti D. 2013. Kandungan asam amino, taurin, mineral makro-mikro dan vitamin B<sub>12</sub> ubur-ubur (*Aurelia aurita*) segar dan kering. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 16(2): 95-107.
- Nurjanah, Nurilmala M, Hidayat T, Sudirjo F. 2015. Characteristics of Seaweed as Raw Materials for Cosmetics. *Aquatic Procedia*. 7 : 177 – 180
- Paul NA, Neveux N, Magnusson M, de Nys R. 2013. Comparative production and nutritional value of sea grapes the tropical green seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Caulerpa racemosa*. *Journal of Applied Phycology*. (18): 1–12.
- Pramesti R. 2013. Aktivitas antioksidan ekstrak rumput *Caulerpa serrulata* dengan metode DPPH (1,1 definil 2 pikrilhidrazil). *Buletin Oseanografi Marina*. 2(2): 7-15.
- Putera BA. 2015. Aktivitas antioksidan rumput laut *Caulerpa* sp. segar dan rebus. [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Ratana-arporn, P. and Chirapart, A. 2006. Nutritional evaluation of tropical green seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulata*. *Kasetsart Journal of Natural Science*. (40): 75-83.
- Ridwan E. 2012. Kajian interaksi zat besi dengan zat gizi mikro lain dalam suplementasi. *Panel Gizi Makanan*. 35 (1):49-54.
- Rosyidah K, Nurmuhaimina SA, Komari N, Astuti MD. 2010. Aktivitas antibakteri fraksi saponin dari kulit batang tumbuhan kasturi (*Mangifera casturi*). *Bioscientiae*. 7(2): 29-38.
- Saragih J, Assa J, Langi T. 2010. Aktivitas antioksidan ekstrak jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) menghambat oksidasi minyak kacang tanah (*Arachishypogaea* L). *e-jurnal unsrat*. (6):2-6.
- Siregar IY, Edward J. 2010. Faktor konsentrasi Pb, Cd, Cu, Ni, Zn dalam sedimen perairan Pesisir Kota Dumai. *Maspri Jurnal*. 1(2010): 01-10.
- Srimariana E, Bernita BR, Silaban, Edir L. 2015. Potensi kerang manis (*Gafrarium tumidum*) di pesisir pantai negeri laha, teluk ambon sebagai sumber mineral. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversiti Indonesia*. 4(1): 843-847.
- Sudarsono, Gunawan D, Wahyono S, Donatus IA, Purnomo. 2002, Tumbuhan Obat II, Sifat-sifat dan penggunaan. Yogyakarta (ID): Universitas Gajah Mada.
- Susan MR, Jim TLV. 2006. Seasonal variation in the chemical composition of tropical australian marine macroalga. *Journal of Applied Phycology*. 18:381-387.
- Truss K, Vaher M, Taure I. 2001. Algal Biomass from *Fucus vesiculosus* (Phaeophyta) : Investigation of the Mineral and Alginate Components. *Prociding Estonian Academic Science Chemical*. 50:95-103.
- Ulya ZA, Rusman. 2012. Cegah diabetes dengan rempeyek lidah mertua. Jawa barat (ID): Sekolah analisis kimia.
- Widowati. 2008. Efek toksik logam pencegahan dan penanggulangan pencemaran. Yogyakarta (ID): CV Andi Offset.
- Venughopal JP. 2010. Omega-3 polyunsaturated acids and cardiovascular disease: notable ethnic differences or unfulfilled promise. *Jurnal Of Thrombosis And Haemostasis*. (8):1095-2104.
- Yanuarti R, Nurjanah N, Anwar E, Hidayat T. 2017. Profil fenolik dan aktivitas antioksidan dari ekstrak rumput laut *Turbinaria conoides* dan *Eucheuma cottonii*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(2):230-237.

Yusuf S. 2014. Aplikasi teknik an di reaktor rsg-gas pada penentuan unsur esensial dan toksik di dalam ikan dan pakan ikan. *Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir*. 1(16): 44-55.