

## KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN FUNGSIONAL TEPUNG *Sargassum polycystum* SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN GARAM FUNGSIONAL

Ramlan<sup>1\*</sup>, Endang Prangdimurti<sup>1</sup>, Dede Robiatul Adawiyah<sup>1</sup>, Nurjanah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University  
Jalan Kamper Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

<sup>2</sup>Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University  
Jalan Agatis Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

Diterima: 17 September 2024/Disetujui: 4 November 2024

\*Korespondensi: [ramlan0698@gmail.com](mailto:ramlan0698@gmail.com)

**Cara sitasi (APA Style 7<sup>th</sup>):** Ramlan, Prangdimurti, E., Adawiyah, D. R., & Nurjanah. (2024). Karakteristik fisikokimia dan fungsional tepung *Sargassum polycystum* sebagai bahan baku pembuatan garam fungsional. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(11), 1050-1073. <http://dx.doi.org/10.17844/jphphi.v27i11.59103>

### Abstrak

*Sargassum polycystum* memiliki kelimpahan yang sangat tinggi di perairan Indonesia. *S. polycystum* masih perlu dimanfaatkan secara optimal dalam bidang pangan dan nonpangan. Tujuan penelitian ini adalah menentukan karakteristik fisik, kimia, dan fungsional tepung *S. polycystum* dari perairan Pantai Cibuaya, Ujung Genteng, Sukabumi sebagai bahan baku pembuatan garam fungsional. Penelitian terdiri atas dua tahapan utama meliputi pembuatan dan karakterisasi tepung *S. polycystum*. Parameter yang dianalisis meliputi rendemen, warna, aktivitas air, proksimat, mineral, NaCl, logam berat, fitokimia, total fenolik, flavonoid, florotanin, dan aktivitas antioksidan (DPPH dan FRAP). Karakteristik fisik tepung *S. polycystum*, yaitu rendemen 79,52%, L\* 44,36±0,33 (gelap), a\* 5,14±0,11 (merah), b\* 16,51±0,33 (kuning), dan °hue 72,61±0,01 (merah-kuning). Karakteristik kimia dari tepung *S. polycystum* meliputi abu 34,43±0,19%, mineral Na 54,32±0,09 mg/g, K 87,12±0,48 mg/g, rasio mineral Na/K 0,62±0,00, dan kadar NaCl 17,11±0,18%. Karakteristik fungsional dari tepung *S. polycystum* antara lain mengandung alkaloid, fenolik, saponin, dan steroid (pengujian kualitatif) serta mengandung total fenolik 847,05±0,46 mg GAE/g sampel, flavonoid 892,20±0,63 mg QE/g sampel, florotanin 534,11±0,73 mg PGE/g sampel; dan aktivitas antioksidan DPPH (nilai IC<sub>50</sub>) 52,25±0,52 ppm (kuat), dan kapasitas antioksidan metode FRAP 242,93±2,31 µmmol FeSO<sub>4</sub>. Tepung *S. polycystum* memiliki karakteristik fisik, kimia, dan fungsional yang baik, sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan baku pembuatan garam fungsional yang bermanfaat untuk kesehatan. Kata kunci: antioksidan, bioaktif, kadar NaCl, rasio Na/K, rumput laut

### Physicochemical and Functional Characteristics of *Sargassum polycystum* Flour as Raw Material for Production of Functional Salt

#### Abstract

*Sargassum polycystum* is highly abundant in Indonesian waters. *S. polycystum* still needs to be utilized optimally in the food and non-food sectors. This study aimed to determine the characteristics of *S. polycystum* flour from the waters of Cibuaya Beach, Ujung Genteng, and Sukabumi as a raw material for the production of functional salts. The study consisted of two main stages: the manufacture and characterization of *S. polycystum* flour. The parameters analyzed included yield, color, water activity, proximate content, minerals, NaCl, heavy metals, phytochemicals, total phenolics, flavonoids, phlorotannins, and antioxidant activity (DPPH and FRAP). The physical characteristics of *S. polycystum* flour include yield 79.52%, L\* 44.36±0.33 (dark), a\* 5.14±0.11 (red), b\* 16.51±0.33 (yellow), and °hue 72.61±0.01 (red-yellow). Chemical

characteristics of *S. polycystum* flour include ash  $34.43 \pm 0.19\%$ , Na mineral  $54.32 \pm 0.09$  mg/g, K  $87.12 \pm 0.48$  mg/g, Na/K mineral ratio  $0.62 \pm 0.00$ , and NaCl content  $17.11 \pm 0.18\%$ . Functional characteristics of *S. polycystum* flour include alkaloids, phenolics, saponins, and steroids (in qualitative testing); and contains total of phenolics  $847.05 \pm 0.46$  mg GAE/g sample, flavonoids  $892.20 \pm 0.63$  mg QE/g sample, phlorotannins  $534.11 \pm 0.73$  mg PGE/g sample; and antioxidant activity DPPH ( $IC_{50}$  value)  $52.25 \pm 0.52$  ppm (strong), and FRAP  $242.93 \pm 2.31$   $\mu$ mmol FeSO<sub>4</sub>. *S. polycystum* flour has good physical, chemical, and functional characteristics, so it has the potential to be used as raw material for production of functional salt which is beneficial for body health.

Keywords: antioxidant, bioactive, NaCl content, Na/K ratio, seaweed

## PENDAHULUAN

Rumput laut telah dimanfaatkan dalam bidang pangan, terutama di negara-negara Asia, sementara di negara-negara Barat dimanfaatkan sebagai agen pembentuk gel dan koloid dalam bidang pangan, farmasi, dan kosmetik (Penalver *et al.*, 2020). Rumput laut atau alga secara umum dikelompokkan menjadi empat kelas antara lain alga hijau (*Chlorophyta*), alga hijau-biru (*Cyanophyta*), alga cokelat (*Phaeophyta*), dan alga merah (*Rhodophyta*) (Litaay & Arfah, 2019). Rumput laut tersebar luas hampir di seluruh wilayah Indonesia, baik yang tumbuh secara alami maupun yang dibudidayakan, yaitu Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Papua (Anggadiredja, 2008). Rumput laut merupakan sumber nutrisi yang baik di antaranya protein, vitamin, mineral, dan serat pangan. Rumput laut juga mengandung senyawa polifenol, polisakarida, sterol, dan molekul bioaktif lainnya yang berpotensi sebagai antioksidan, antiinflamasi, antikanker, dan antidiabetes (Penalver *et al.*, 2020; Nurjanah *et al.*, 2020a; Nurjanah *et al.*, 2021a; Nurjanah *et al.*, 2021b; Nurjanah *et al.*, 2023a; Meiyasa *et al.*, 2024; Nurjanah *et al.*, 2024).

Rumput laut cokelat merupakan salah satu sumber daya alam laut yang keberadaannya sangat melimpah dan tumbuh secara alami di Perairan Pantai Indonesia. Potensi rumput laut cokelat masih perlu dimanfaatkan secara optimal. Rumput laut cokelat mengandung alginat (Bixler & Porse, 2010) yang digunakan sebagai bahan baku dalam industri pangan (Gerasimenko *et al.*, 2010; Nurjanah *et al.*, 2021a; Nurjanah *et al.*, 2022a; Nurjanah *et al.*, 2022b), kosmetik (Gerasimenko *et al.*, 2010; Nurjanah *et al.*, 2020b; Nurjanah *et al.*, 2021c; Nurjanah *et*

*al.*, 2022c; Nurjanah *et al.*, 2022d) dan obat-obatan (Gerasimenko *et al.*, 2010). Mineral yang tersedia pada rumput laut cokelat dalam bentuk makro dan mikro elemen antara lain kalsium (Ca), kalium (K), natrium (Na), magnesium (Mg), fosfat (P), iodin (I) dan besi (Fe) (Syad *et al.*, 2013; Cardoso *et al.*, 2015; Mantou *et al.*, 2018; Mantou *et al.*, 2021; Nurjanah *et al.*, 2021a; Nurjanah *et al.*, 2022b).

Rumput laut cokelat khususnya *Sargassum* sp. memiliki kelimpahan yang sangat tinggi di Indonesia, di antaranya Pantai Timur Sumatera, Pantai Selatan, Jawa, Perairan Lombok, dan pulau-pulau lain di Indonesia bagian timur (Basmal, 2009). Rumput laut berpotensi sebagai bahan baku dalam pembuatan garam rumput laut yang rendah natrium (Nurjanah *et al.*, 2020a; Nurjanah *et al.*, 2021a; Nurjanah *et al.*, 2022a; Nurjanah *et al.*, 2022b; Nurjanah *et al.*, 2022b). Nurjanah *et al.* (2021a) melaporkan bahwa garam rumput laut *S. polycystum* diperoleh dari Perairan Serang, Banten yang memiliki nilai rasio mineral Na/K 0,36 dan kadar NaCl 49,05%. Seulalae *et al.* (2023) melaporkan bahwa garam rumput laut cokelat *S. polycystum* yang diperoleh pada Pantai Pamengpeuk, Kabupaten Garut memiliki rasio Na/K 0,50 dan kadar NaCl 43,77%. Nurjanah *et al.* (2022b) melaporkan bahwa garam rumput laut *S. polycystum* yang diperoleh pada Pantai Carita, Banten memiliki rasio Na/K 0,39 dan kadar NaCl 49,05%; sedangkan garam rumput laut cokelat *S. polycystum* dengan penambahan residu memiliki rasio Na/K 0,24-0,26 dan kadar NaCl 20,88-39,25%.

Nurjanah *et al.* (2018) melaporkan bahwa garam rumput laut hijau dari *Ulva lactuca* yang diperoleh pada Perairan Sekotong Nusa Tenggara Barat dan perlakuan pemanasan yang berbeda menghasilkan



kadar NaCl 12,16-14,15% dan rasio Na/K yang tergolong tinggi 2,5-3,88. Nurjanah *et al.* (2020a) melaporkan bahwa garam rumput laut *Ulva lactuca* yang diperoleh pada Pantai Cibuaya, Ujung Genteng, Sukabumi memiliki rasio mineral Na/K 1,49 dan kadar NaCl 23,90%. Nurjanah *et al.* (2023b) melaporkan bahwa garam rumput laut merah *Actinotrichia fragilis* dengan perbandingan akuades 1:3; 1:5; dan 1:10 memperoleh rasio Na/K 3,32-4,25 dan kadar NaCl 47,22-51,16%. Kadar NaCl garam rumput laut yang diperoleh pada Nurjanah *et al.* (2021a), Seulalae *et al.* (2023), Nurjanah *et al.* (2022b), dan Nurjanah *et al.* (2020a); Nurjanah *et al.* (2018); dan Nurjanah *et al.* (2023b) di bawah 60%. Rasio mineral Na/K garam rumput laut yang diperoleh pada Nurjanah *et al.* (2021a), Seulalae *et al.* (2023), Nurjanah *et al.* (2022b), dan Nurjanah *et al.* (2020a) memiliki hasil yang cukup rendah yaitu mendekati angka 1; sedangkan Nurjanah *et al.* (2018) dan Nurjanah *et al.* (2023b) memiliki hasil yang cukup tinggi.

Rasio mineral Na/K yang direkomendasikan dan ideal dalam pemenuhan garam diet untuk hipertensi yaitu mendekati 1 (WHO, 2012a; WHO, 2012b). Batas maksimum garam diet hipertensi yang diatur dalam SNI 8208:2016 dengan kadar NaCl maksimum 60% (BSN 2016a). Rumput laut cokelat *S. polycystum* yang diperoleh pada Pantai Cibuaya, Ujung Genteng, Kabupaten Sukabumi ini diduga memiliki rasio Na/K mendekati 1, kadar NaCl di bawah 60%, dan memiliki antioksidan yang baik, sehingga dapat diaplikasikan sebagai garam fungsional rumput laut yang bermanfaat untuk kesehatan. Potensi rumput laut cokelat *S. polycystum* yang tersebar pada perairan Indonesia perlu dikaji lebih dalam karakteristik fisik, kimiawi, dan fungsionalnya. Hal ini termasuk potensi kesehatan seperti rasio Na/K dan kadar NaCl yang cocok untuk diet hipertensi, serta kandungan antioksidan yang baik. Tujuan penelitian ini adalah menentukan karakteristik fisik, kimiawi, dan fungsional tepung *S. polycystum* dari perairan Pantai Cibuaya, Ujung Genteng, Sukabumi sebagai bahan baku pembuatan garam fungsional.

## BAHAN DAN METODE

### Pembuatan Tepung Rumput Laut *S. polycystum* (Modifikasi Nurjanah *et al.*, 2020a)

Rumput laut *S. polycystum* diperoleh dari Pantai Cibuaya, Desa Ujung Genteng, Kec. Ciracap, Kab. Sukabumi, Jawa Barat. Rumput laut dibersihkan dari pasir, kotoran, dan tumbuhan lain yang menempel; dicuci dengan air laut; ditiriskan, dan dimasukkan ke dalam *coolbox*. Rumput laut dikering-anginkan selama  $\pm 14$  hari dan *dehydrator* suhu 50°C selama 5 jam. Rumput laut kering dihaluskan menggunakan *powder grinder*  $\pm 30$  detik, diayak dengan ukuran 80 *mesh*, dan dihasilkan tepung rumput laut *S. polycystum*, kemudian dilakukan pengujian fisik dan kimiawi meliputi proksimat, komposisi mineral (Na, K, Ca, Mg, dan Fe), kadar logam berat (Pb, Hg, As dan Cd), kadar NaCl, warna,  $a_w$ , dan rendemen.

### Ekstraksi Metode Maserasi Tepung *S. polycystum* (Modifikasi Savitri *et al.*, 2017)

Rumput laut *S. polycystum* kering dimaserasi 50 g dengan 250 mL pelarut etanol p.a menggunakan *orbital shaker* kecepatan 150 rpm selama 24 jam pada suhu ruang. Ekstrak cair disaring menggunakan kain nilon dengan ukuran 500 mikron dan disaring kembali menggunakan kertas saring (Whatman 42) ukuran 0,45  $\mu\text{m}$ . Ekstrak cair dievaporasi menggunakan *rotary vacuum evaporator* dengan suhu 40°C. Ekstrak tepung *S. polycystum* dianalisis karakteristik fungsional meliputi rendemen ekstrak, senyawa bioaktif secara kualitatif, total fenolik, flavonoid, florotanin, dan aktivitas antioksidan (DPPH dan FRAP).

### Analisis Proksimat

Analisis proksimat atau komposisi kimia meliputi kadar air, abu, protein, lemak, serat kasar, dan karbohidrat (AOAC, 2019) serta abu tidak larut asam (BSN, 2010).

### Analisis Rendemen (Nurjanah *et al.*, 2023a)

Analisis rendemen dilakukan dengan membandingkan total tepung dan ekstrak

bahan baku tepung *S. polycystum*. Analisis rendemen dilakukan bertujuan untuk menghitung persentase tepung dan ekstrak kasar yang dihasilkan.

### Analisis Aktivitas Air (Jin *et al.*, 2016)

Analisis aktivitas air ( $a_w$ ) tepung rumput laut *S. polycystum* diukur menggunakan alat  $a_w$  meter (Aqualab 4TE) yang sudah dikalibrasi. Tepung rumput laut *S. polycystum* dituangkan ke dalam *sample cup* dengan volume kurang lebih setengahnya. Alat  $a_w$  meter dibuka, sampel cup yang sudah berisi tepung rumput laut *S. polycystum* diletakkan ke dalam *chamber*  $a_w$  meter, dan alat  $a_w$  meter ditutup. Pengukuran aktivitas air dilakukan pada suhu 25°C selama 3-5 menit, dan hasil analisis aktivitas air akan muncul di dalam *display* alat yang disertai bunyi bip yang menandakan bahwa pembacaan sampel sudah stabil.

### Analisis Warna (Fijalkowska *et al.*, 2015)

Analisis terhadap warna diukur menggunakan alat *chromameter* Minolta CR-300 berdasarkan sistem warna CIELab. *Chromameter* Minolta CR-300 dikalibrasi sebelum pengukuran warna sampel. Tepung rumput laut *S. polycystum* dimasukkan ke dalam cawan hingga mencapai bibir cawan. Nilai L, a, dan b yang terukur akan muncul pada layar *chromameter*. *Chromameter* merupakan alat untuk analisis warna secara terstimulus untuk mengukur warna yang dipantulkan oleh satu permukaan. Sistem warna yang digunakan adalah sistem warna Hunter (L, a, b). Notasi L menyatakan parameter kecerahan (*lightness*) yang mempunyai nilai 0 (gelap) sampai 100 (cerah). Notasi a menyatakan warna kromatik campuran merah-hijau dengan nilai +a (positif) berwarna merah dan -a (negatif) berwarna hijau. Notasi b menyatakan warna kromatik campuran kuning-biru dengan nilai +b (positif) berwarna kuning dan nilai -b (negatif) berwarna biru.

### Analisis Komposisi Mineral dan Kadar Logam Berat (AOAC, 2019)

Analisis komposisi mineral terdiri atas natrium, kalium, kalsium, magnesium, dan

besi serta kadar logam berat timbal, merkuri, arsen, dan kadmium. Tepung rumput laut *S. polycystum* 10 g dimasukkan ke dalam erlenmeyer, ditambah 5 mL HNO<sub>3</sub>, didiamkan di ruang asam 1 jam, dan dipanaskan menggunakan *hot plate* suhu 120°C selama 4 jam. Larutan sampel campuran ditambahkan 0,4 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan dipanaskan di atas *hot plate* ±1 jam. Setelah 1 jam dipanaskan campuran ditambahkan 2-3 tetes larutan HCl dan HNO<sub>3</sub> (2:1), ditunggu hingga campuran mengalami perubahan dari warna cokelat menjadi kuning tua dan berubah menjadi kuning muda, dan dipanaskan selama 10-15 menit. Campuran didinginkan, ditambahkan akuades 2 mL dan HCl 0,6 mL, dipanaskan ±15 menit dan diperoleh larutan hasil pengabuan basah yang ditera ke dalam labu takar 100 mL dengan air demineral. Hasil pengabuan basah dianalisis menggunakan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS).

### Analisis Kadar NaCl Modifikasi Metode Mohr (BSN, 2016b)

Prinsip analisis NaCl yaitu pembentukan endapan menggunakan AgNO<sub>3</sub> dengan petunjuk kalium kromat dalam larutan netral atau sedikit basa. Tepung rumput laut *S. polycystum* 50 g ditambahkan akuades 200 mL, disaring, ditampung dalam labu 500 mL, bilas menggunakan akuades, dan tepatkan hingga tanda garis. Larutan dipipet 2 mL ke dalam erlenmeyer 250 mL, diasamkan dengan beberapa tetes H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N sampai larutan bereaksi asam terhadap indikator fenolftalin, dan dinetralkan menggunakan NaOH 4 N. Larutan diencerkan menggunakan akuades sampai 100 mL, ditambahkan 1 mL larutan K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> 5%, selanjutnya dititrasi dengan larutan AgNO<sub>3</sub> 0,1 N hingga terjadi perubahan warna merah bata atau jingga. Kadar NaCl dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar NaCl (\%)} = \frac{V \times N \times fp \times 58,5}{W} \times 100$$

Keterangan:

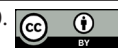
V = volume AgNO<sub>3</sub> yang diperlukan pada penitrasi (mL)

N = normalitas AgNO<sub>3</sub>

fp = faktor pengenceran

58,5 = bobot molekul NaCl

W = bobot sampel uji (mg)



### Analisis Fitokimia (Harborne, 1987)

Analisis fitokimia bertujuan menentukan keberadaan komponen senyawa aktif tepung *S. polycystum* secara kualitatif. Analisis fitokimia meliputi uji alkaloid (dragendorff, meyer, dan wagner), flavonoid, steroid, saponin, fenol, dan tanin.

### Analisis Total Fenolik (Apostolidis & Lee, 2010)

Analisis total fenolik sampel tepung *S. polycystum* dan garam fungsional 1 mL ditambahkan dengan 1 mL etanol p.a dan 5 mL akuades. Larutan ditambahkan 0,5 mL Folin-Ciocalteu 50%, dihomogenkan dan didiamkan selama 5 menit. Larutan ditambahkan dengan 1 mL  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5% dan didiamkan pada kondisi gelap selama  $\pm 60$  menit. Larutan diukur absorbansinya dengan panjang gelombang 725 nm. Nilai absorbansi dikonversi ke dalam total fenolik yang dinyatakan dalam mg GAE/g berat sampel. Standar yang digunakan dalam analisis total fenol adalah asam galat.

### Analisis Total Flavonoid (Modifikasi Vongsak *et al.*, 2013)

Metode yang digunakan adalah kolorimetri aluminium klorida ( $\text{AlCl}_3$ ) dengan prinsip berdasarkan reaksi antara  $\text{AlCl}_3$  dengan gugus hidroksil pada senyawa flavonoid yang membentuk senyawa kompleks berwarna kuning 0,5 mL sampel (dalam metanol) konsentrasi 500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  ditambahkan 0,5 mL  $\text{AlCl}_3$  2%. Larutan dihomogenkan, diinkubasi selama 10 menit dan absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer panjang gelombang 415 nm. Larutan standar yang digunakan adalah kuarsetin (dalam metanol) konsentrasi akhir 15, 30, 45, 60, dan 75  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . Total flavonoid garam rumput laut diekspresikan sebagai miligram kuarsetin per gram bobot ekstrak (mg QE/g ekstrak).

### Analisis Total Florotanin (Koivikko *et al.*, 2005)

Penentuan kurva standar dibuat menggunakan floriglucosin dengan seri pengenceran meliputi 5, 10, 10, 20, 30, 40, dan 50  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . Pengujian dilakukan dengan mempersiapkan ekstrak sampel 5

mg dilarutkan dengan 1 mL metanol. Setiap larutan standar maupun sampel diambil 1 mL, dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Larutan ditambahkan 1 mL reagen Folin Ciocalteu dan 2 mL larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  20% ke dalam tabung reaksi, diinkubasi selama 45 menit pada suhu ruang dan kondisi ruang gelap. Larutan disentrifugasi (3.000 rpm, 10 menit), supernatan dipisahkan untuk diukur absorbansinya dengan panjang gelombang 730 nm. Kurva standar dapat dibuat dengan memplotkan konsentrasi ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) dan absorbansi (nm). Persamaan regresi yang diperoleh dari kurva standar yaitu  $y=ax+b$ ,  $R^2=c$ , dimana x merupakan konsentrasi dan y adalah absorbansi. Penentuan total florotanin dapat dinyatakan dalam mg Phloro Glucinol Equivalents (PGE) per g ekstrak kering.

### Analisis Aktivitas Antioksidan DPPH (Modifikasi Ribeiro *et al.*, 2008)

Analisis aktivitas antioksidan dilakukan menggunakan beberapa konsentrasi ekstrak kasar meliputi 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm. Standar yang digunakan yaitu vitamin C (asam askorbat) menggunakan beberapa konsentrasi meliputi 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm. Larutan dipersiapkan dengan mereaksikan 4,5 mL ekstrak sampel serta pelarut yang digunakan, ditambah 0,5 mL DPPH, dan dihomogenkan selama 30 detik menggunakan vortex. Campuran diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang dan ruang gelap, diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer panjang gelombang 517 nm. Larutan blanko dipersiapkan dengan mencampurkan 4,5 mL pelarut etanol dan 0,5 mL larutan DPPH. Aktivitas antioksidan bertujuan mengetahui persentase pengikatan radikal bebas dengan rumus berikut:

$$\text{Inhibisi (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

Keterangan:

A = absorbansi blanko

B = absorbansi sampel

Persentase inhibisi didapatkan dari masing-masing konsentrasi, konsentrasi sampel dan % inhibisi yang diperoleh diplotkan ke dalam persamaan regresi linier y

=  $ax+b$ . Persamaan tersebut digunakan untuk menentukan nilai  $IC_{50}$  dari masing-masing sampel uji. Nilai  $IC_{50}$  adalah konsentrasi sampel yang dapat menangkap radikal DPPH sebanyak 50% konsentrasi awal.

### Analisis Aktivitas Antioksidan FRAP (Modifikasi Stangeland *et al.*, 2009)

Analisis aktivitas antioksidan FRAP dilakukan dengan mempersiapkan reagen FRAP dibuat dengan cara mencampurkan 25 mL *buffer* asetat (pH 3,6), 2,5 mL larutan TPTZ 10mM dalam 40 mM HCl, dan 2,5 mL larutan  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  20 mM, serta ditambahkan akuades hingga tepat 100 mL dalam labu takar. Reagen FRAP 3 mL dicampurkan dengan 0,1 mL ekstrak sampel (500 ppm) dalam tabung reaksi dan divorteks dalam inkubator suhu  $37^\circ C$  selama 30 menit dalam penangas air. Reduksi *ferric-tripyridyltriazine* ke kompleks besi membentuk warna biru intens yang diukur menggunakan spektrofotometer UV-vis dengan panjang gelombang 595 nm. Larutan stock 10.000  $\mu mol/L$   $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  dibuat dengan melarutkan 2,78 g  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  dalam 1.000 mL akuades. Larutan stock 10.000  $\mu mol/L$   $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  diambil 100 mL dan diencerkan menjadi 1.000 mL hingga diperoleh konsentrasi 1.000  $\mu mol/L$   $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ . Konsentrasi larutan standar  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  yang terbentuk berturut-turut antara lain 20, 40, 60, 80, dan 100  $\mu mol/L$ .

### Analisis Data

Data penelitian ini diolah menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel 2019 untuk

mendapatkan nilai tengah dengan standar deviasi dan dideskripsikan. Parameter yang dianalisis meliputi karakteristik fisik (rendemen dan warna), kimiawi (komposisi mineral, rasio Na/K, dan kadar logam berat), dan karakteristik fungsional meliputi fitokimia, total fenolik, flavonoid, florotanin, dan aktivitas antioksidan (DPPH dan FRAP).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Deskripsi dan Klasifikasi *S. polycystum*

Rumput laut *S. polycystum* merupakan bagian dari kelompok rumput laut cokelat (Phaeophyta). *S. polycystum* penelitian ini diperoleh pada Pantai Cibuyaya, Desa Ujung Genteng, Kab. Sukabumi, Jawa Barat. *S. polycystum* yang diperoleh pada penelitian ini memiliki talus berwarna cokelat, berbentuk talus batang pendek, percabangan utama tumbuh rimbun pada bagian ujungnya, dan memiliki panjang 20-30 cm dan panjang daun 2-3 cm (Figure 1).

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dengan Mubasheera & Prasad (2021) yang menyatakan bahwa rumput laut *S. polycystum* berwarna cokelat tua, panjang/tinggi 20-30 cm dengan basal bagian membentuk *holdfast* diskoid tebal. Bagian atas memiliki cabang; panjang daun sekitar 2 cm, lebar 1-2 mm dan menjadi lebih kecil ke atas serta tepi daun bergigi dan bulat. *S. polycystum* merupakan spesies laut yang sebagian besar ditemukan dalam batuan di zona bawah intertidal air yang relatif tenang. *S. polycystum* memiliki percabangan utama tumbuh rimbun di bagian ujungnya, berbentuk membujur,



Figure 1 Morphology of *S. polycystum* seaweed  
Gambar 1 Morfologi rumput laut *S. polycystum*



runcing atau membulat dengan tepi bergerigi. Ujungnya berduri dan membulat, melekat pada talus batang primer atau sekunder, dapat secara bergerombol atau sendiri-sendiri (Widyartini *et al.*, 2012).

### Komposisi Kimia Tepung *S. polycystum*

Analisis proksimat dilakukan terhadap sampel tepung rumput laut *S. polycystum*. Analisis dilakukan dengan tujuan untuk menentukan komposisi kimia yang terdapat pada sampel rumput laut tersebut. Komposisi kimia tepung *S. polycystum* dapat dilihat pada *Table 1*.

Kadar air merupakan salah satu indikator untuk menentukan sifat fisik dan umur simpan suatu bahan pangan. Kadar air yang didapatkan pada tepung *S. polycystum* berada di bawah 15%. Batas maksimum kadar air pada rumput laut kering cokelat *Sargassum* sp. menurut SNI 2690.2015 yaitu tidak lebih dari 15% (BSN, 2015). Kadar air berhubungan erat dengan aktivitas air melalui isotherm penyerapan air pada suhu dan kelembaban tertentu (Zambrano *et al.*, 2019). Kadar air memengaruhi perubahan kimia, mikrobiologi, enzimatis, dan sifat fisik pangan serta berdampak pada ketampakan, tekstur, dan cita rasa. Proses pengeringan dan pemanasan dapat menurunkan kadar air sehingga dapat memperpanjang masa simpan dan daya awet pada produk pangan (Tuina *et al.*, 2013).

Kadar abu yang tinggi pada suatu bahan pangan dapat disebabkan oleh kandungan mineral dan gizi yang tinggi (Afify *et al.*, 2017), dapat dipengaruhi oleh metode pengolahan yang berbeda dan kondisi pengolahan (Teshome, 2019). Kusumaningrum *et al.* (2013) melaporkan bahwa semakin tinggi kadar abu maka semakin banyak kandungan bahan anorganik di dalam produk. Bahan pangan terdiri dari 96% bahan anorganik dan air, sedangkan sisanya merupakan unsur-unsur mineral (Sine & Soetarto, 2018). Kandungan bahan pangan berbeda-beda menurut tipe, klon, musim dan kondisi lingkungan pertumbuhannya (Marsell *et al.*, 2018). Kadar abu yang tinggi pada tepung *S. polycystum* menandakan tingginya kadar garam di dalamnya, hal ini dikarenakan garam merupakan bahan anorganik yang menjadi penyusun abu (Sari & Widjanarko, 2015). Kadar garam yang dihasilkan pada tepung *S. polycystum* ini dapat bermanfaat sebagai garam fungsional yang bermanfaat untuk kesehatan, khususnya sebagai diet untuk mencegah hipertensi (Rodrigues *et al.*, 2015).

Tepung rumput laut secara umum memiliki kadar lemak yang relatif rendah (Venughopal, 2010). Daud (2013) menyatakan bahwa perbedaan kadar lemak dapat disebabkan oleh perbedaan umur panen dan kondisi cuaca pada saat rumput laut tumbuh. Tapotubun (2018) melaporkan bahwa kadar lemak *Caulerpa lentilifera* dengan pengeringan sinar matahari relatif sama

Table 1 Chemical composition of *S. polycystum* flour

Tabel 1 Komposisi kimia tepung *S. polycystum*

Parameter (%)	<i>S. polycystum</i>	<i>S. polycystum</i> <sup>a</sup>	<i>S. polycystum</i> <sup>b</sup>	<i>S. polycystum</i> <sup>c</sup>
Moisture	8.63±0.02	17.69±0.03	11.53±0.06	6.71±0.58
Ash	34.43±0.19	24.51±0.13	27.49±0.23	36.81±0.48
Lipid	0.58±0.08	0.50±0.11	0.58±0.07	0.64±0.03
Protein	7.00±0.30	3.65±0.00	7.03±0.37	6.82±0.13
Carbohydrate	49.37±0.23	53.66±0.21	50.3±4.93	49.02±0.54
Crude fiber	7.38±0.24	6.52±0.65	3.05±4.19	7.99±0.86
Ash not acid soluble	0.09±0.00	-	0.67±0.02	-

<sup>a</sup>Manteu *et al.* (2018); <sup>b</sup>Nurjanah *et al.* (2021a); <sup>c</sup>Nurjanah *et al.* (2022a).

dengan pengeringan tidak langsung (angin-angin) berkisar 0,88-0,99%. Kadar lemak rumput laut umumnya memiliki nilai yang kurang dari 4% dan lebih rendah dibandingkan dengan tanaman darat (Kumar *et al.*, 2011). Lemak berperan sebagai pelindung tubuh dari perubahan suhu khususnya suhu rendah, penghemat protein, dan penyusun membran sel rumput laut (Angelia, 2016).

Kadar protein tepung rumput laut *S. polycystum* pada penelitian ini tergolong tinggi. Kadar protein yang relatif rendah dapat diperoleh selama musim panas, sedangkan pada kondisi musim dingin dan musim semi kadarnya lebih tinggi. Perbedaan kadar protein pada rumput laut *S. polycystum* dapat disebabkan karena perbedaan musim, umur panen, spesies, dan kondisi geografis (Daud, 2013; Nurjanah *et al.*, 2023a).

Kadar karbohidrat pada penelitian ini menunjukkan hasil tertinggi dibandingkan dengan komposisi kimia lainnya. Karbohidrat merupakan hasil alam yang berperan penting bagi tanaman maupun hewan. Rumput laut dapat mengubah karbondioksida menjadi karbohidrat melalui proses fotosintesis dalam bentuk selulosa, pati, dan gula-gula (Qalsum *et al.*, 2015). Komposisi kimia berupa kandungan karbohidrat, protein, lemak, abu, dan air berbeda-beda; hal ini dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, letak geografis, kandungan nutrisi, habitat, pengaruh musim, kedalaman, dan umur talus (Costa *et al.*, 2018).

Kadar serat kasar tepung rumput laut *S. polycystum* pada penelitian ini tergolong tinggi. Serat kasar merupakan residu organik yang tertinggal setelah sampel mengalami perlakuan asam dan basa yang bertujuan untuk memecah komponen anorganik (Viola *et al.*, 2017). Serat kasar sangat penting dalam penilaian kualitas bahan pangan karena merupakan indeks dan menentukan nilai gizi bahan pangan tersebut (Syahputra *et al.*, 2021). Serat kasar sebagian besar terdiri dari selulosa (60-80%) dan lignin (4-6%) ditambah beberapa bahan mineral. Serat kasar yang terdapat pada bahan pangan bermanfaat dalam mengobati atau mencegah sembelit, wasir, divertikulosis, penyakit jantung koroner, dan kanker (Madhu *et al.*, 2017).

Kadar abu tidak larut asam yang didapatkan pada sampel tepung *S. polycystum* masih tergolong rendah yaitu  $0,09 \pm 0,00\%$  dan memiliki perbedaan yang cukup jauh jika dibandingkan dengan penelitian Nurjanah *et al.* (2021a) yang memperoleh 0,67%. Bahan pangan yang mengandung kadar abu tidak larut asam yang tinggi tidak baik untuk dikonsumsi, hal ini karena dapat membahayakan tubuh. Kadar abu tidak larut dalam asam tepung *S. polycystum* pada penelitian ini masih di bawah batas maksimum, berdasarkan SNI 2354.1-2010 tidak boleh melebihi 1% (BSN, 2010). Kadar abu tidak larut asam merupakan salah satu cara dalam menentukan kualitas dan tingkat kebersihan dalam pengolahan suatu produk pangan. Abu tidak larut asam termasuk kontaminasi berupa mineral, logam berat, pasir, tanah, dan debu yang tidak larut asam dalam suatu bahan atau produk pangan (Guntari *et al.*, 2015; Narsa *et al.*, 2022; Nurjanah *et al.*, 2023a).

### **Komposisi Mineral Tepung *S. polycystum***

Kandungan mineral dalam suatu bahan dikenal sebagai zat anorganik atau kadar abu. Mineral berperan penting dalam pemeliharaan fungsi tubuh, baik pada tingkat sel, jaringan organ maupun fungsi tubuh secara keseluruhan (Lomboan *et al.*, 2020). Komposisi mineral dari tepung *S. polycystum* dapat dilihat pada *Table 2*.

Tepung *S. polycystum* yang diperoleh pada Pantai Cibuaya, Ujung Genteng, Sukabumi ini mengandung mineral natrium, kalium, kalsium, magnesium, besi, dan iodin. Kandungan mineral yang baik pada tepung *S. polycystum* ini cocok untuk dikembangkan sebagai produk pangan fungsional yang bermanfaat untuk kesehatan.

Kalsium merupakan salah satu zat gizi penting untuk kesehatan manusia. Kalsium termasuk jenis mineral yang paling melimpah dalam tubuh dengan 99% ditemukan pada tulang dan gigi, serta 1% ditemukan dalam serum. Metabolisme kalsium melibatkan nutrisi lain termasuk protein, vitamin D, dan fosfor. Pemeliharaan yang baik terhadap tulang yang kuat di masa kanak-kanak dan masa dewasa akan memberikan massa tulang yang





Table 2 Mineral composition of *S. polycystum* flour  
Tabel 2 Komposisi mineral tepung *S. polycystum*

Parameter (%)	<i>S. polycystum</i>	<i>S. polycystum</i> <sup>a</sup>	<i>S. polycystum</i> <sup>b</sup>
Ca	1.66±0.03	11.28±0.03	18.06±0.04
Na	54.32±0.09	19.34±0.11	22.69±0.35
K	87.12±0.48	34.49±0.70	32.71±0.24
Mg	8.81±0.03	8.67±0.16	8.89±0.02
Fe	0.17±0.00	0.03±0.00	0.50±0.00
I	0.13±0.00	0.21±5.35	-
Na/K	0.62±0.00	0.56	0.69

<sup>a</sup>Diachanty *et al.* (2017); <sup>b</sup>Manteu *et al.* (2018).

lebih stabil pada masa penuaan (Beto, 2015). Kalsium bermanfaat untuk membantu proses pembentukan tulang dan gigi serta diperlukan dalam pembekuan darah, kontraksi otot, dan transmisi sinyal pada sel saraf, serta mencegah terjadinya osteoporosis. Fungsi utama kalsium yaitu sebagai penggerak dari otot-otot, deposit utamanya berada di tulang dan gigi. Kalsium terdapat dalam tubuh dengan jumlah yang lebih dari pada unsur mineral lainnya (Amran, 2018).

Natrium adalah salah satu nutrisi penting yang terlibat dalam pemeliharaan homeostasis seluler normal dan dalam regulasi keseimbangan cairan dan elektrolit serta tekanan darah. Natrium berperan penting dalam menjaga volume cairan ekstraseluler, karena berperan penting dalam tindakan osmotik, rangsangan otot dan sel saraf, serta berperan dalam transportasi nutrisi dan substrat melalui membran plasma (Strazzullo & Leclercq, 2014). Natrium merupakan kation yang paling banyak dalam cairan ekstraseluler, 35-40% terdapat pada kerangka tubuh, jumlah ini dapat mencapai 60 mmol/kg berat badan dan sebagian kecil (sekitar 10-14 mmol/L) ditemukan dalam cairan intraseluler (Nurpalah & Rosita, 2014).

Ekskresi natrium dalam keadaan normal pada ginjal diatur untuk menjaga keseimbangan antara asupan dan keluaran, sehingga volume cairan ekstraseluler tetap konstan. Lebih dari 90% tekanan osmotik pada cairan ekstraseluler ditentukan oleh

garam, terutama dalam bentuk natrium klorida (NaCl) dan natrium bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>), sehingga perubahan tekanan osmotik menggambarkan perubahan pada cairan ekstraseluler mengubah konsentrasi natrium (Nurpalah & Rosita, 2014). Asupan natrium yang tinggi dapat meningkatkan tekanan darah, karena peningkatan volume plasma (cairan tubuh). Konsumsi garam (natrium) meningkatkan rasa haus dan mendorong untuk minum air, sehingga meningkatkan volume darah dalam tubuh, yang berarti jantung harus memompa lebih keras untuk meningkatkan tekanan darah. Asupan harus sama dengan keluaran di pembuluh darah, sehingga jantung harus memompa lebih keras pada tekanan yang lebih tinggi (Polii *et al.*, 2016).

Kalium merupakan nutrisi penting yang berperan penting dalam fungsi seluler untuk menjaga keseimbangan cairan dan osmolalitas sel. Keseimbangan kalium dipertahankan oleh ginjal, dan sebagian besar yang dikonsumsi akan dikeluarkan melalui urin (Mclean & Wang, 2021). Kalium merupakan ion bermuatan positif, diabsorpsi di usus halus dan 80-90% kalium yang dikonsumsi diekskresi melalui urin, sisanya dikeluarkan melalui feses, keringat dan cairan lambung. Kalium berfungsi dalam pemeliharaan keseimbangan cairan dan elektrolit, keseimbangan asam basa, transmisi saraf dan relaksasi otot (Tulungnen *et al.*, 2016). Kalium termasuk

mineral kation intraseluler yang berperan untuk mengaktifkan enzim dan membantu dalam menjaga tekanan osmotik (Susanti *et al.*, 2016).

Kalium memiliki hubungan negatif dengan tekanan darah, penyakit kardiovaskular (terutama stroke dan penyakit jantung koroner), dan penyakit ginjal (gagal ginjal kronis, dan batu ginjal). Konsumsi makanan yang tinggi kalium dan rendah natrium dapat mengurangi penyakit tekanan darah tinggi (McClean & Wang, 2021). Peningkatan atau penurunan tekanan darah memengaruhi homeostatis di dalam tubuh. Nilai tekanan darah normal 120/80 mmHg. Hipertensi atau tekanan darah tinggi (lebih 140/90 mmHg) dan hipotensi atau tekanan darah rendah (di bawah 120/80 mmHg). Asupan kalium yang rendah menyebabkan tekanan darah meningkat, sedangkan asupan kalium yang tinggi menyebabkan tekanan darah turun. Peningkatan asupan kalium dapat menurunkan tekanan darah sistolik dan diastolik akibat penurunan resistensi pembuluh darah yang disebabkan oleh pelebaran pembuluh darah dan peningkatan kehilangan air dan natrium dari tubuh akibat kerja pompa natrium dan kalium. Asupan kalium yang ideal adalah 4,7 g per hari (Tulungnen *et al.*, 2016).

Rasio mineral Na/K tepung rumput laut *S. polycystum* pada penelitian ini mendekati 1. Bahan pangan yang memiliki rasio Na/K yang mendekati 1 cocok untuk sediaan bahan baku olahan pangan garam fungsional yang bermanfaat untuk kesehatan tubuh. Garam fungsional yang mengandung hubungan rasio natrium (Na) dan kalium (K) dapat menyeimbangkan tekanan darah dalam tubuh, dibandingkan dengan garam yang hanya mengandung ion Na atau K saja, sehingga dapat berperan sebagai garam pencegah dan sekaligus diet untuk hipertensi (Redjeki *et al.*, 2020).

Rasio Na/K untuk diet hipertensi mendekati 1 (WHO, 2012a; WHO, 2012b). Hasil penelitian ini sejalan dengan Diachanty *et al.* (2017) yang melaporkan bahwa *S. polycystum* yang diambil di Perairan Kepulauan Seribu memiliki rasio Na/K 0,56 dan Manteu *et al.* (2018) melaporkan bahwa *S. polycystum*

yang diambil di Perairan Pohuwato, Gorontalo memiliki rasio Na/K 0,69. Rodrigues *et al.* (2015) melaporkan bahwa rumput laut yang memiliki rasio Na/K yang rendah atau mendekati 1 dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pengganti garam fungsional atau garam diet untuk hipertensi. Natrium, kalium, dan keseimbangan antara kedua zat gizi ini berhubungan dengan hipertensi dan penyakit kardiovaskular lainnya, karena dapat menyeimbangkan tekanan darah dalam tubuh (Vaudin *et al.*, 2022).

Magnesium termasuk elektrolit penting untuk metabolisme manusia, sekitar 99% dari total magnesium tubuh terletak di tulang, otot, dan jaringan lunak non-otot. Kandungan magnesium di tulang menurun seiring bertambahnya usia (Grober *et al.*, 2015). Magnesium perlu diisi ulang melalui makanan dan air karena tidak dapat disintesis oleh tubuh. Asupan magnesium yang tidak mencukupi secara kronis dalam jangka waktu yang lama berdampak pada gejala magnesium laten seperti kelemahan otot, kram, kelelahan, disfungsi neurologis, dan kardiovaskular, serta penurunan mineralisasi dan kekuatan tulang (Ismail & Ismail, 2016). Mineral magnesium penting untuk metabolisme adenosin trifosfat (ATP), sintesis DNA dan RNA, reproduksi dan sintesis protein, kontraksi otot, tekanan darah, metabolisme insulin, detak jantung, tonus vasomotor, transmisi saraf dan konduksi neuromuskular. Kekurangan mineral magnesium dapat menyebabkan penyakit kronis, yaitu penyakit Alzheimer, resistensi insulin dan diabetes tipe 2, tekanan darah tinggi, penyakit kardiovaskular (seperti stroke), sakit kepala migrain, serta gangguan pemusatan perhatian dan hiperaktivitas (Grober *et al.*, 2015).

Mineral besi merupakan zat gizi mikro yang dapat dikonsumsi dalam jumlah sedikit dan berkontribusi pada metabolisme reaksi kimia dalam tubuh. Mineral besi berperan penting dalam metabolisme tubuh meliputi pembentukan sel darah merah proses sintesis hemoglobin dan aktivasi sistem imun tubuh enzim yang menghasilkan antibodi (Alifia *et al.*, 2023). Konsentrasi besi dalam jaringan tubuh harus diatur secara ketat, hal ini dikarenakan jumlah konsumsi kandungan besi yang



berlebihan dapat menyebabkan kerusakan jaringan, karena zat besi dapat membentuk radikal bebas. Gangguan metabolisme zat besi merupakan salah satu penyakit yang paling umum dan menyebabkan penyakit yang luas, dari anemia dan penyakit neurodegeneratif (Abbaspour *et al.*, 2014).

Iodin merupakan komponen penting dari hormon tiroid tiroksin dan *triiodothyronine*, yang berperan penting untuk fungsi hati, ginjal, otot, otak, sistem saraf pusat, perkembangan neurologis janin, masa kanak-kanak, serta fungsi organ dan jaringan. Tubuh orang dewasa yang sehat mengandung 15-20 mg iodin, 70-80 di antaranya berada di kelenjar tiroid (Hatch-McChesney & Lieberman, 2022). Kekurangan iodin pada tubuh dapat menyebabkan timbulnya penyakit gondok, yang merupakan suatu gejala pembesaran pada kelenjar tiroid. Kekurangan iodin pada janin yang sedang berkembang merupakan salah satu penyebab utama terjadinya disabilitas intelektual, yang dapat mencegah kecacatan, sehingga kandungan iodin sangat penting bagi ibu hamil dan wanita dalam masa subur (Brough, 2021).

### Rendemen, Aktivitas Air, Kadar NaCl, dan Warna Tepung *S. polycystum*

Analisis rendemen pada tepung *S. polycystum* bertujuan untuk melihat bobot akhir yang diperoleh dari setiap perlakuan

yang diberikan. Warna merupakan salah satu parameter fisik yang berkaitan dengan penampakan. Warna yang dihasilkan *chromameter* (Konica Minolta CR-400) dapat dinyatakan sebagai sistem hunter ( $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$ ) dan indeks total perbedaan warna. Rumput laut *S. polycystum* menghasilkan rendemen, aktivitas air, dan kadar NaCl yang dapat dilihat pada *Table 3*.

Rendemen tepung rumput laut yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan Seulalae *et al.* (2023) yang menggunakan rumput laut *S. polycystum* dari Pantai Pamengpeuk, Kabupaten Garut dengan rendemen 69,77%. Nilai aktivitas air yang diperoleh tergolong rendah yaitu 0,34. Aktivitas air ( $a_w$ ) menggambarkan tingkat aktivitas air dalam bahan pangan, baik secara kimia maupun biologis. Tingginya nilai  $a_w$  memengaruhi umur simpan suatu bahan pangan dan kualitas pangan tersebut. Kisaran nilai aktivitas air adalah 0–1. Nilai  $a_w$  yang tinggi akan mempersingkat masa simpan bahan pangan, sedangkan nilai  $a_w$  yang rendah akan memperpanjang masa simpan bahan pangan. Aktivitas air menunjukkan banyaknya air bebas yang dapat digunakan oleh mikroba dalam pertumbuhannya. Bahan pangan dengan nilai aktivitas air ( $a_w$ ) yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme berbeda-beda pada setiap jenisnya, yaitu bakteri pada  $a_w$  0,90, khamir pada  $a_w$  0,8–0,9 dan kapang pada  $a_w$  0,6–0,7 (Simbolon *et al.*, 2019).

Table 3 Yield, water activity, NaCl content, and color of *S. polycystum* flour  
Tabel 3 Rendemen, aktivitas air, kadar NaCl, dan warna tepung *S. polycystum*

Parameters	<i>S. polycystum</i>	<i>S. polycystum</i>
Yield (%)	79.52±0.20	69.77±0.25 <sup>a</sup>
Water activity	0.34±0.00	-
NaCl content (%)	17.11±0.18	20.88±0.68 <sup>b</sup>
$L^*$	44.36±0.33	43.50 <sup>c</sup>
$a^*$	5.14±0,11	5.09 <sup>c</sup>
$b^*$	16.51±0.33	20.92 <sup>c</sup>
°hue	72.61±0.01	-

<sup>a</sup>Seulalae *et al.* (2023), <sup>b</sup>Nurjanah *et al.* (2022b), <sup>c</sup>Gunawan (2024).

Kondisi bahan baku awal dengan kadar air yang lebih rendah akan memengaruhi nilai  $a_w$  produk akhir yang dihasilkan karena nilai kadar air berbanding lurus dengan nilai  $a_w$ . Nilai  $a_w$  dapat dipengaruhi oleh sifat higroskopis. Higroskopis merupakan kemampuan suatu zat untuk menyerap molekul air dari lingkungannya. Jika kelembaban relatif lingkungan cukup tinggi, maka bahan tersebut akan menyerap sejumlah air dari lingkungan untuk menyesuaikan diri dengan kelembaban relatif lingkungan, sehingga nilai kadar airnya mengalami peningkatan (Juarez-Enriquez *et al.*, 2017).

Natrium klorida (NaCl) merupakan kandungan yang berperan sebagai pemberi atau meningkatkan rasa asin dan mencegah kebusukan. NaCl mengandung natrium yang merupakan mineral penting yang menjaga volume dan tekanan darah, dan diperlukan konsumsinya (hingga 5 g NaCl per hari) (Rios-Mera *et al.*, 2021). Konsumsi natrium yang berlebihan terutama dari garam dapur (NaCl) dapat menimbulkan implikasi kesehatan yang negatif yaitu meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular, khususnya hipertensi. Garam konsumsi memiliki kandungan NaCl minimum 94% (BSN, 2016b). Kadar NaCl tepung *S. polycystum* yang dihasilkan pada penelitian ini tergolong rendah, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai garam fungsional yang bermanfaat untuk kesehatan dan pencegah hipertensi. Kadar NaCl garam yang direkomendasikan untuk kesehatan tubuh atau garam diet maksimum 60% (WHO, 2012a; WHO, 2012b).

Nilai  $L^*$  (*lightness*) merupakan ukuran spektrum kecerahan dengan interval antara 0 (gelap) dan 100 (cerah) (Kim *et al.* 2019). Nilai  $L^*$  yang diperoleh pada tepung rumput laut *S. polycystum* di bawah 50 yaitu 44,36. Tepung rumput laut *S. polycystum* berwarna gelap karena memiliki nilai  $L^*$  di bawah 50. Hunterlab (2012) menyatakan bahwa nilai  $L^*$  (*lightness*) dengan angka rendah (0-50) mengindikasikan warna yang gelap dan angka tinggi (51-100) mengindikasikan warna yang cerah. Nilai  $a^*$  (*redness*) menunjukkan ukuran spektrum antara warna hijau-merah berkisar antara -80 sampai +100 (Kim *et al.*, 2019; Kurnia *et al.*, 2023). Nilai  $a^*$  (*redness*) yang

diperoleh pada tepung *S. polycystum* 5,14 yang artinya berwarna merah.

Nilai  $b^*$  (*yellowness*) menunjukkan ukuran spektrum antara biru-kuning, berkisar -70 sampai +70. Nilai  $b^*$  positif menunjukkan warna kuning, sedangkan nilai  $b^*$  negatif menunjukkan warna biru (Kim *et al.*, 2019; Kurnia *et al.*, 2023). Nilai  $b^*$  (*yellowness*) yang diperoleh tepung *S. polycystum* 16,51 yang artinya berwarna kuning. Deskripsi warna berdasarkan nilai  $^{\circ}$ hue tepung *S. polycystum* 72,61 yang menunjukkan bahwa warna kuning kemerahan yang konsisten dengan nilai  $a^*$  dan  $b^*$ . Hutching (1999) melaporkan bahwa rentang nilai  $^{\circ}$ Hue antara lain 342°–18° (merah-ungu), 18°–54° (merah), 54°–90° (kuning-merah), 90°–126° (kuning), 126°–162° (kuning-hijau), 162°–198° (hijau), 198°–234° (biru-hijau), 234°–270° (biru), 270°–306° (biru-ungu), dan 306°–342° (ungu). Rumput cokelat *S. polycystum* memiliki warna merah dan kuning karena mengandung karotenoid yang mengekspresikan warna merah, kuning, dan oranye yang larut dalam lemak yang melindungi organisme fotosintetik dari fotooksidasi dengan cara memadamkan spesies radikal oksigen. Karotenoid disintesis oleh semua organisme fotosintetik termasuk tanaman dan beberapa bakteri dan jamur nonfotosintetik. Karotenoid merupakan senyawa yang sangat penting untuk digunakan sebagai produk bernilai tambah karena berasal dari bahan baku alami (Othman *et al.*, 2019).

### **Kadar Logam Berat Tepung *S. polycystum***

Analisis kadar logam berat yang dilakukan bertujuan untuk menentukan kandungan logam berat yang terdapat pada tepung *S. polycystum*. Pengujian kadar logam berat dilakukan pada tepung rumput laut *S. polycystum* meliputi timbal (Pb), merkuri (Hg), arsen (As), dan kadmium (Cd). Kadar logam berat tepung rumput laut *S. polycystum* dapat dilihat pada *Table 4*.

Kadar logam berat timbal pada *S. polycystum* melewati standar. Kadar logam berat merkuri dan arsen pada sampel tidak terdeteksi, sedangkan logam kadmium pada *S. polycystum* terdeteksi namun masih jauh dari batas maksimum. Kadar logam berat



Table 4 Heavy metal content of *S. polycystum* flour  
Tabel 4 Kandungan logam berat tepung *S. polycystum*

Parameter	<i>S. polycystum</i>	BSN (2009) (mg/kg)	BSN (2015) (mg/kg)	BPOM (2022)
Lead (Pb)	0.60±0.00	Max. 0.5	Max. 0.3	0.20
Mercury (Hg)	<0.005	Max. 0.03	Max. 0.5	0.03
Arsenic (As)	<0.002	Max. 1.0	Max. 1.0	1.00
Cadmium (Cd)	0.05±0.00	Max. 0.2	Max. 0.1	0.05

timbal yang terkandung pada tepung *S. polycystum* diduga disebabkan karena aktivitas pembuangan limbah pada perairan umum berupa laut, sungai, atau danau yang sampai ke tempat tumbuh *S. polycystum*. Kandungan logam berat timbal yang terdeteksi pada rumput laut *S. polycystum* yang diperoleh pada bulan Februari 2024 juga diduga disebabkan oleh curah hujan yang tinggi serta kecepatan arus yang dipengaruhi angin pada waktu pengambilan sampel, sehingga logam berat timbal di perairan meningkat. Logam berat timbal masuk ke perairan melalui proses pengkristalan di udara yang terbawa oleh air hujan. Proses hujan ini menyebabkan timbal terlarut dan menyebar di perairan, kemudian mengendap di dasar perairan dan terakumulasi oleh organisme air yang hidup di dasar tersebut (Astuti *et al.*, 2016; Azizah *et al.*, 2018). Timbal yang terbawa ke perairan oleh hujan ini akan mengendap di sedimen dan diserap oleh rumput laut yang tumbuh di dasar perairan. Rumput laut menyerap logam berat timbal melalui dinding sel dalam struktur thallus-nya (Azizah *et al.*, 2018; Nurjanah *et al.*, 2023). Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengurangi risiko keracunan timbal, termasuk terapi kelasi dengan agen pengikat, yaitu *ethylenediaminetetraacetat* (EDTA), *triethylenetetramine*, dan *deferoxamine*, serta penggunaan teh yang mengandung tanin atau zat-zat antidotum yang bermanfaat sebagai penawar racun (Anggraini *et al.*, 2014).

Rumput laut *S. polycystum* penelitian ini mengandung logam berat kadmium diduga disebabkan karena pengambilan sampel yang dilakukan pada sore hari yang menyebabkan suhu air lebih rendah, sehingga faktor lingkungan berupa suhu memengaruhi

kadar logam berat kadmium yang dihasilkan. Rumput laut yang diambil pada siang hari menyebabkan suhu menjadi naik karena pada kondisi waktu siang hari perairan semakin panas. Suhu perairan yang semakin menurun dapat menyebabkan toksisitas kadar logam berat kadmium semakin meningkat. Kandungan logam kadmium yang terkandung pada sampel dapat terjadi juga akibat pencemaran perairan yang disebabkan oleh adanya aktivitas manusia berupa transportasi laut yang menggunakan bahan bakar dan limbah domestik yang dapat menghasilkan logam berat kadmium sehingga menyatu dengan rumput laut yang hidup dilaut (Teheni & Syamsidar, 2013; Nurjanah *et al.*, 2023a).

Standar yang digunakan pada BSN (2009), BSN (2015), dan BPOM (2022) yang mengacu pada bahan baku rumput laut. Nurjanah *et al.* (2023a) melaporkan bahwa tepung *Ulva lactuca* yang diperoleh di Perairan Pantai Cibuaya, Ujung Genteng didapatkan timbal 2 mg/kg, dan kadmium 0,80 mg/kg, sedangkan logam berat merkuri dan arsen tidak terdeteksi. Nurjanah *et al.* (2020a) melaporkan dalam penelitiannya dengan menggunakan bahan baku rumput laut *Ulva lactuca* pada penelitian Nurjanah *et al.* (2023a) yang selanjutnya diolah menjadi produk garam rumput laut. Kadar logam berat yang dihasilkan pada produk garam rumput laut mengalami penurunan, yaitu tidak terdeteksi pada logam berat timbal, merkuri, dan arsen, sedangkan logam berat kadmium masih terdeteksi dan mengalami penurunan menjadi 0,15 mg/kg.

Kadar logam berat dalam suatu bahan pangan dapat mengalami penurunan

menjadi di bawah ambang batas ketika diberi perlakuan dalam pengolahan menjadi produk pangan sehingga bersifat aman untuk dikonsumsi. Jenis perlakuan pengolahan yang dilakukan di antaranya proses pengeringan dan proses ekstraksi menggunakan pelarut akuades. Residu yang rendah atau mengalami penurunan pada pembuatan garam rumput laut dapat disebabkan karena bahan baku yang dilarutkan dalam akuades dan proses penyaringan. Bagian filtrat yang diperoleh melalui penyaringan dikeringkan menjadi garam rumput laut, sedangkan bagian residu yang diperoleh melalui proses penyaringan memungkinkan membawa kandungan logam berat, sehingga menyebabkan kandungan logam berat yang dihasilkan pada produk akan mengalami penurunan (Nurjanah *et al.*, 2020a; Nurjanah *et al.*, 2023a). Widowati *et al.* (2017) melaporkan dalam penelitiannya bahwa pengolahan lebih lanjut bahan pangan menjadi produk pangan dapat menyebabkan terjadinya penurunan kadar logam berat produk pangan yang dihasilkan.

### **Rendemen Ekstrak *S. polycystum***

Proses ekstraksi dilakukan untuk mendapatkan rendemen ekstrak kasar dari rumput laut *S. polycystum* yang mengandung komponen bioaktif. Proses ekstraksi dilakukan menggunakan metode maserasi. Ekstrak yang dihasilkan pada rumput laut *S. polycystum* berwarna coklat. Rendemen ekstrak diperoleh dengan membandingkan bobot sampel kering yang telah ditepungkan dengan bobot hasil ekstrak yang diperoleh. Rendemen ekstrak *S. polycystum* yang didapatkan pada penelitian ini  $1,88 \pm 0,07\%$ . Hasil yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan Diachanty *et al.* (2017) yang memperoleh rendemen 1,78% dan Nurjanah *et al.* (2021a) 0,67%. Perbedaan nilai rendemen diduga disebabkan oleh perbedaan lokasi tumbuh sampel *S. polycystum* yang diperoleh pada penelitian ini diperoleh pada Pantai Cibuaya, Ujung Genteng, Sukabumi; sedangkan Diachanty *et al.* (2017) pada Perairan Kepulauan Seribu dan Nurjanah *et al.* (2021) pada Pantai Carita, Banten. Rendemen ekstrak *S. polycystum* yang lebih rendah pada Diachanty *et al.* (2017) dan Nurjanah *et al.* (2021a) diduga disebabkan oleh senyawa

polar pada *S. polycystum* lebih banyak jika dibandingkan dengan senyawa non polar yang dapat larut pada pelarut etanol.

Nufus *et al.* (2017) menggunakan rumput laut *Ulva lactuca* yang diambil pada Perairan Sekotong, Nusa Tenggara Barat mendapatkan rendemen 0,84%. Liswandari *et al.* (2018) dalam penelitiannya yang menggunakan *Ulva* sp. yang diambil di Pantai Sorido Biak dilarutkan dengan dietil eter memperoleh rendemen ekstrak 0,23%, etil asetat 0,47%, dan etanol 96% 2,29%. Ekstraksi banyak tergantung pada ukuran/diameter dan panjang plasmodesmata pada dinding sel serta tegangan kapiler dalam saluran plasmodesmata. Semakin besar ruang plasmodesmata dan semakin kecil tegangan kapiler di ruangan tersebut cenderung memperbesar efisiensi maserasi.

### **Kandungan Senyawa Bioaktif Ekstrak *S. polycystum***

Kandungan fitokimia atau senyawa bioaktif yang terdapat pada tepung rumput laut *S. polycystum* diuji secara kualitatif berdasarkan perubahan warna atau endapan yang terbentuk karena pengaruh reagen yang diberikan. Pengujian kandungan fitokimia dilakukan meliputi alkaloid, flavonoid, fenol, saponin, tanin, steroid, dan triterpenoid. Kandungan senyawa bioaktif ekstrak tepung *S. polycystum* dapat dilihat pada *Table 5*.

Uji fitokimia bertujuan menentukan kandungan senyawa bioaktif yang terdapat dalam tumbuhan dan memiliki peranan untuk kesehatan tubuh manusia. Senyawa fitokimia meliputi alkaloid, flavonoid, fenolik, terpenoid, tanin, vitamin, kumarin, dan lain-lain. Fitokimia merupakan zat kimia tanaman non-nutrisi yang berpotensi sebagai protektif atau pencegahan penyakit meliputi aktivitas antioksidan, antibakteri, antifungi, antidiabetes, antiinflamasi, dan radioprotektif (Lotfy *et al.*, 2015). Pengujian fitokimia atau komponen senyawa bioaktif *S. polycystum* dilakukan secara kualitatif yang menggunakan reagen menyebabkan terjadinya perubahan warna atau terbentuknya endapan. Pengujian senyawa bioaktif ekstrak *S. polycystum* meliputi alkaloid, flavonoid, fenolik, saponin, tanin, steroid, dan triterpenoid. Hasil pengujian



Table 5 Bioactive compound of *S. polycystum* extract  
Tabel 5 Kandungan senyawa bioaktif ekstrak *S. polycystum*

Bioactive compound	<i>S. polycystum</i>				Positive test results
	Study result	Nurjanah <i>et al.</i> (2021a)	Nurjanah <i>et al.</i> (2022a)	Sumandiarsa <i>et al.</i> (2022b)	
Alkaloids					
Mayer	-	-	-	-	White precipitate
Wagner	-	-	-	+	Brown/orange
Dragendrof	+	+	-	+	Brown/orange
Flavonoids	+	+	+	+	Red/yellow/orange
Phenol	+	+	-	+	Dark blue/blackish green
Saponins	+	+	+	-	The foam is stable for 30 minutes
Taninns	-	-	-	-	Dark blue/ blackish green
Steroids	+	+	+	+	Blue/green
Triterpenoids	-	-	-	-	Red

senyawa bioaktif ekstrak *S. polycystum* positif (mengandung) alkaloid, flavonoid, fenolik, saponin, dan steroid serta negatif (tidak mengandung) tanin dan triterpenoid.

Hasil pengujian senyawa bioaktif secara kualitatif yang diperoleh pada penelitian ini sama dengan Nurjanah *et al.* (2021a) yang juga menggunakan rumput laut *S. polycystum*, yang memperoleh hasil positif pada alkaloid, flavonoid, fenolik, saponin, dan steroid; dan Sumandiarsa *et al.* (2022) yang memperoleh hasil positif pada alkaloid; flavonoid, fenolik, dan steroid. Perbedaan senyawa bioaktif

dari rumput laut sangat dipengaruhi oleh jenis rumput laut, penurunan kecepatan pertumbuhan, inaktivasi enzim, dan induksi enzim (Safia *et al.*, 2020).

### Total Fenolik, Flavonoid, dan Florotanin Ekstrak *S. polycystum*

Total fenolik, flavonoid, dan florotanin merupakan senyawa polifenol yang banyak terdapat pada rumput laut cokelat. Total fenolik, flavonoid, dan florotanin garam fungsional yang dihitung secara kuantitatif dapat dilihat pada Table 6.

Table 6 Phenolic, flavonoids, and phlorotannin total of *S. polycystum* extract  
Tabel 6 Total fenolik, flavonoid, dan florotanin ekstrak *S. polycystum*

Sample	Phenolics total (mg GAE/g sample)	Flavonoids total (mg QE/g sample)	Phlorotannin total (mg PGE/g sample)
<i>S. polycystum</i>	847.05±0.46	892.20±0.63	534.11±0.73
<i>S. polycystum</i> <sup>a</sup>	817.78-875.64	-	-
<i>S. polycystum</i> <sup>b</sup>	-	429.00-953.33	-
<i>S. polycystum</i> <sup>c</sup>	713.0	-	-
<i>S. polycystum</i> <sup>d</sup>	-	-	273.69±0.94

<sup>a</sup>Sumandiarsa *et al.* (2022), <sup>b</sup>Johnson *et al.* (2019), <sup>c</sup>Manteu *et al.* (2018), <sup>d</sup>Nissa (2024).

Rumput laut coklat mengandung senyawa metabolit sekunder khususnya fenolik, flavonoid (Kalasariya *et al.*, 2022), dan florotanin (Zheng *et al.*, 2022). Senyawa fenolik bersifat antioksidan karena kemampuannya menetralkan radikal bebas. Total fenolik pada ekstrak *S. polycystum* dapat ditentukan secara spektrofotometri menggunakan pereaksi *Folin-Ciocalteu*. Prinsip metode ini yaitu terbentuknya senyawa kompleks berwarna biru akibat adanya reaksi antara senyawa fenolik dengan *Folin-Ciocalteu* yang dapat diukur pada panjang gelombang maksimum. Senyawa fenolik yang digunakan sebagai pembanding adalah asam galat (Sumaiyah *et al.*, 2018). Pengukuran total flavonoid ekstrak dilakukan dengan metode kolorimetri  $AlCl_3$ . Prinsip metode kolorimetri  $AlCl_3$  adalah membentuk kompleks asam stabil dengan gugus keto C-4, mereaksikan gugus hidroksil C-3 atau C-5 dari flavonoid dan flavonol dengan reagen  $AlCl_3$ .  $AlCl_3$  membentuk kompleks asam stabil dengan gugus ortodihidroksi pada cincin A atau B flavonoid (Fachriyah *et al.*, 2020). Hasil senyawa bioaktif yang berbeda dapat dipengaruhi oleh morfologi, metabolisme, dan daya adaptasi lingkungan yang berbeda. Perbedaan komponen senyawa bioaktif juga dapat lain disebabkan oleh beberapa faktor antara lain umur panen, proses pengeringan rumput

laut, penggunaan jenis pelarut yang berbeda untuk ekstraksi, dan faktor lingkungan tempat rumput laut tersebut tumbuh (Erniati *et al.*, 2024).

### Aktivitas Antioksidan Ekstrak *S. polycystum*

Antioksidan adalah zat yang dapat menghambat proses oksidasi sehingga dapat melindungi sel dari bahaya radikal bebas yang dihasilkan dari metabolisme tubuh maupun faktor eksternal lainnya. Pengujian aktivitas antioksidan pada ekstrak tepung *S. polycystum* dilakukan dengan 2 metode yaitu DPPH dan FRAP. Aktivitas antioksidan pada ekstrak tepung *S. polycystum* dapat dilihat pada *Table 7*.

Pengujian aktivitas antioksidan ekstrak tepung *S. polycystum* bertujuan untuk menentukan potensi aktivitas antioksidan DPPH dan FRAP. Aktivitas antioksidan DPPH pada ekstrak *S. polycystum* dengan nilai  $IC_{50}$  52,25 ppm dengan kemampuan menangkap radikal bebas yang termasuk kuat, dengan pembanding asam askorbat  $2,08 \pm 0,05$  ppm dengan kemampuan menangkap radikal bebas yang sangat kuat. Kemampuan menangkap radikal bebas juga dibandingkan dengan antioksidan sintesis yang umum digunakan pada industri pangan meliputi BHA 4,90 ppm dan BHT 4,91 ppm dengan

Table 7 Antioxidant activity of *S. polycystum* extract  
Tabel 7 Aktivitas antioksidan ekstrak *S. polycystum*

Sample	Antioxidant activity	
	$IC_{50}$ (DPPH) (ppm)	FRAP
<i>S. polycystum</i>	52.25±0.52	242.93±2.31 $\mu$ mmol FeSO4/g
Asam askorbat	2.08±0.05	-
<i>S. polycystum</i> <sup>a</sup>	42.00±0.59	105.357 $\mu$ mol trolox/g
<i>S. polycystum</i> <sup>b</sup>	77.58±0.57	-
<i>S. polycystum</i> <sup>c</sup>	326.03	-
<i>S. polycystum</i> <sup>d</sup>	-	201.95±6.33 $\mu$ M/g
BHA <sup>e</sup>	4.90	-
BHT <sup>f</sup>	4.91	-

<sup>a</sup>Diachanty *et al.* (2017), <sup>b</sup>Manteu *et al.* (2018); <sup>c</sup>Nurjanah *et al.* (2022a), <sup>d</sup>Gazali *et al.* (2022);

<sup>e</sup>Refnaldi *et al.* (2017); <sup>f</sup>Rahmayani *et al.* (2013).





kemampuan sangat kuat. Molyneux (2004) melaporkan bahwa rentang  $IC_{50}$  antioksidan DPPH meliputi sangat kuat jika nilai  $IC_{50}$  <50 ppm, kuat (50-100 ppm), sedang (101-150 ppm), lemah (151-200 ppm), dan sangat lemah >200 ppm. *Inhibition concentration* ( $IC_{50}$ ) merupakan konsentrasi larutan substrat atau sampel yang menyebabkan reduksi terhadap aktivitas DPPH sebesar 50%. Nilai  $IC_{50}$  yang semakin kecil menunjukkan nilai aktivitas antioksidan semakin tinggi.

Prinsip dasar metode aktivitas antioksidan DPPH adalah terjadinya perubahan warna pada radikal bebas DPPH yang disebabkan oleh donor atom hidrogen (H) dari senyawa antioksidan (sampel uji) yang diubah menjadi DPPH-H berwarna kuning muda atau tidak berwarna. DPPH-H memiliki absorbansi lebih rendah daripada DPPH karena memiliki jumlah hidrogen yang lebih rendah. Semakin banyak atom hidrogen (H) yang donorkan, warna DPPH akan semakin memudar menjadi kuning muda atau tidak berwarna. Semakin tinggi nilai  $IC_{50}$  yang dihasilkan menyebabkan semakin rendah nilai antioksidannya, dan sebaliknya semakin rendah nilai  $IC_{50}$  yang dihasilkan maka semakin tinggi nilai antioksidannya (Garcia *et al.*, 2012; Baliyan *et al.*, 2022).

Prinsip pengujian aktivitas antioksidan *ferric reducing antioxidant power* (FRAP) didasarkan pada reduksi *ferric-tripyridyltriazine* ( $Fe^3$ -TPTZ) dalam sampel yang menghasilkan *ferrous-tripyridyltriazine* ( $Fe^2$ -TPTZ) berwarna biru. Penentuan aktivitas antioksidan metode FRAP dilakukan dengan menghitung kurva standar trolox. Penentuan aktivitas antioksidan yang dilakukan dengan metode FRAP memiliki aktivitas antioksidan yang dinyatakan sebagai *trolox equivalent antioxidant capacity* (TEAC) dan dinyatakan dalam satuan mol trolox/g sampel (Munteanu & Apetrei, 2021). Kusumorini *et al.*, 2022). Antioksidan memiliki sifat yang sensitivitas terhadap cahaya, pH, dan kelarutan senyawa (Moharram & Youssef, 2014).

Aktivitas antioksidan dapat berbeda-beda karena mempunyai morfologi, metabolisme, dan daya adaptasi lingkungan yang berbeda sehingga senyawa bioaktif yang

terdapat di dalamnya juga berbeda. Perbedaan aktivitas antioksidan rumput laut juga dapat lain disebabkan karena beberapa faktor, yaitu umur panen, penggunaan jenis pelarut yang berbeda untuk ekstraksi, proses pengeringan rumput laut, dan faktor lingkungan tempat rumput laut tersebut tumbuh (Erniati *et al.*, 2024).

Tepung rumput laut cokelat *S. polycystum* memiliki karakteristik yang memungkinkan penggunaannya sebagai bahan baku garam fungsional yang berperan sebagai garam diet dan rendah natrium dan fungsional yang mendukung kesehatan, terutama untuk penderita hipertensi; karena memiliki rasio mineral Na/K mendekati 1 sesuai WHO (2012a) dan WHO (2012b), kadar NaCl di bawah 60% sesuai SNI-8208-2016. Aktivitas antioksidan dan senyawa polifenol (meliputi fenolik, flavonoid, dan florotanin) yang terdapat pada tepung *S. polycystum* merupakan indikator terdapatnya komponen aktif dan potensi pencegah hipertensi pada garam fungsional yang dihasilkan. Aktivitas antioksidan dan kandungan senyawa polifenol fenolik, flavonoid, dan florotanin ini merupakan salah satu keunggulan garam fungsional dibandingkan dengan garam konsumsi dan garam rendah natrium yang sudah beredar di pasaran.

## KESIMPULAN

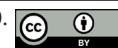
Tepung rumput laut cokelat *S. polycystum* dari perairan Pantai Cibuaya, Ujung Genteng, Sukabumi memiliki karakteristik fisik meliputi rendemen 79,52%, aktivitas air, dan warna yang baik; karakteristik kimia meliputi rasio Na/K mendekati 1 dan kadar NaCl di bawah 60%; dan karakteristik fungsional meliputi aktivitas antioksidan yang kuat. Tepung rumput laut cokelat *S. polycystum* berpotensi digunakan sebagai bahan baku pembuatan garam fungsional yang bermanfaat untuk kesehatan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP), Kementerian Keuangan Republik Indonesia atas bantuan dana penelitian kepada penerima beasiswa LPDP atas nama Ramlan.

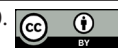
**DAFTAR PUSTAKA**

- Abbaspour, N., Hurrell, R., & Kelishadi, R. (2014). Review on iron and its importance for human health. *Journal of Research in Medical Sciences*, 19(2), 164-74.
- Afify, A. S., Abdalla, A. A., Elsayed, A., Gamuhay, B., Abu-Khadra, A. S., Hassan, M., Ataalla, M., & Mohamed, A. (2017). Survey on the moisture and ash contents in agricultural commodities in Al-Rass Governorate, Saudi Arabia in 2017. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 48(6), 52-66. <https://doi.org/10.21608/ajas.1999.5752>.
- Alifia, D. H., Apridamayanti, P., & Nugraha, F. (2023). Analisis kadar mineral besi (Fe) dalam kulit labu siam (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) dan labu air (*Lagenaria siceraria* (Mol.) Standley) dengan metode spektrofotometri serapan atom. *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 8(2), 465-474. <https://doi.org/10.37874/ms.v8i2.666>.
- Amran, P. (2018). Analisis perbedaan kadar kalsium (Ca) terhadap karyawan teknis produktif dengan karyawan administratif pada persero terbatas semen tonasa. *Jurnal Media Analisis Kesehatan*, 1(1), 1-7. <https://doi.org/10.32382/mak.v1i1.121>.
- Angelia, I. O. (2016). Analisis kadar lemak pada tepung ampas kelapa. *Jurnal Technopreneur*, 4(1), 19-23. <https://doi.org/10.30869/jtech.v4i1.42>.
- Anggadiredja, J. T. (2008). Rumput Laut: Pembudidayaan, Pengolahan, dan Pemasaran Komoditas Perikanan Potensial. Penebar Swadaya.
- Anggraini, D. I., Sukirno, & Wulansari, A. D. (2014). Antidotum logam timbal (Pb) secara in vitro dengan seduhan air teh hijau. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 6(2), 105-108.
- Association of Official Analytical Chemist. (2019). Official methods of analysis of the association of AOAC international. AOAC International.
- Apostolidis, E., & Lee, C. M. (2010). In vitro potential of *Ascophyllum nodosum* phenolic antioxidant-mediated  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase inhibition. *Journal of Food Science*, 75(3), 97-102. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01544.x>.
- Astuti, I., Karina, S., & Dweiyanti, I. (2016). Analisis kandungan logam berat Pb pada tiram *Crassostrea cucullata* di Pesisir Krueng Raya, Aceh Besar. *Jurnal Kelautan dan Perikanan*, 1(1), 104-113.
- Azizah, R., Malau, R., Susanto, A. B., Santoso, G. W., Hartati, R., Irwani, & Suryono. (2018). Kandungan timbal pada air, sedimen, dan rumput laut *Sargassum* sp. di Perairan Jepara, Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(2), 155-166.
- Baliyan, S., Mukherjee, R., Priyadarshini, A., Vibhuti, A., Gupta, A., Pandey, P. P., & Chang, C-M. (2022). Determination of antioxidants by DPPH radical scavenging activity and quantitative phytochemical analysis of *Ficus religiosa*. *Molecules*, 27(4), 1-19. <https://doi.org/10.3390/molecules27041326>.
- Basmal, J. (2009). Prospek pemanfaatan rumput laut sebagai pupuk organik. *Squallen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 1-8, 4(1). <https://doi.org/10.15578/squallen.141>.
- Beto, J. A. (2015). The role of calcium in human aging. *Clinical Nutritional Research*, 4(1), 1-8. <https://doi.org/10.7762/cnr.2015.4.1.1>.
- Bixler, H. J., & Porse, H. (2010). A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 321-335. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9529-3>.
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2022). Persyaratan cemaran logam berat dalam pangan olahan. Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- Brough, L. (2021). Iodine intake for pregnant and breastfeeding women and their infants remains a global concern. *The Journal of Nutrition*, 151(12), 3604-3605. <https://doi.org/10.1093/jn/nxab364>.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2009). SNI 7387:2009. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2010). SNI-2354.1-2010. Cara uji kimia



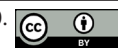
- bagian 1: penentuan kadar abu dan abu tidak larut asam pada produk. Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI-2690-2015. Rumput laut kering. Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2016a). SNI-8208-2016. Garam diet. Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2016b). SNI-3556-2016. Garam konsumsi beriodium. Badan Standardisasi Nasional.
- Cardoso, M. S., Pereira, O. R., Seca, A. M. L., Pinto, D. C. G. A., & Silva, A. M. S. (2015). Seaweeds as preventive agents for cardiovascular diseases: from nutrients to functional foods. *Marine Drugs*, 13(11), 838-865. <https://doi.org/10.3390/md13116838>.
- Costa J. F. D., Merdekawati, W., & Otu, F. R. (2018). Analisis proksimat, aktivitas antioksidan, dan komposisi pigmen *Ulva lactuca* L. dari Perairan Pantai Kukup. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*, 17(1), 1-17. <https://doi.org/10.33508/jtpg.v17i1.1697>.
- Daud, R. (2013). Pengaruh masa tanam terhadap kualitas rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. *Media Akuakultur*, 8(2), 135-138. <https://doi.org/10.15578/ma.8.2.2013.135-138>.
- Diachanty, S., Nurjanah, & Abdullah, A. (2017). Aktivitas antioksidan berbagai jenis rumput laut cokelat dari Perairan Kepulauan Seribu. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(5), 305-318. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.18013>.
- Erniati, Syahrial, Erlangga, Imanullah, & Andhika, Y. (2024). Aktivitas antioksidan dan total fenol rumput laut *Sargassum* sp. dari Perairan Simeulue Aceh. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(3), 186-196. <https://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v27i3.46981>.
- Fachriyah, E., Kusriani, D., Haryanto, I. B., Wulandari, S. M. B., Lestari, W. I., & Sumariyah. (2020). Phytochemical test, determination of total phenol, total flavonoids and antioxidant activity of ethanol extract of moringa leaves (*Moringa oleifera* Lam). *Journal of Scientific and Applied Chemistry*, 23(8), 290-294. <https://doi.org/10.14710/jksa.23.8.290-294>.
- Fijalkowska, A., Nowacka, M., Wiktor, A., Sledz, M., & Witrowa-Rajchert, D. (2015). Ultrasound as a pretreatment method to improve drying kinetics and sensory properties of dried apple. *Journal of Food Process Engineering*, 39(3), 256-265. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12217>.
- Garcia, E. J., Oldoni, T. L. C., Alencar, S. M. D., Reis, A., Cio, A. D. L., & Grande, L. H. M. (2012). Antioxidant activity by DPPH assay of potential solutions to be applied on bleached teeth. *Brazilian Dental Journal*, 23(1), 22-27. <https://doi.org/10.1590/S0103-64402012000100004>.
- Gazali, M., Nurjanah, N., Husni, A., Nufus, C., Aulia, B. R., Febrina, C. D., & Syafiyri, R. (2022). The potential secondary metabolites of macroalgae *Sargassum polycystum* C. Agardh (1824) from the Coast of West Aceh as raw material of body scrub. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 24(2), 115-121. <https://doi.org/10.22146/jfs.70504>.
- Gerasimenko, N. I., Busarova, N. G., & Moiseenko, O. P. (2010). Seasonal changes in the content of lipids, fatty acids, and pigments in brown alga *Costaria costata*. *Russian Journal of Plant Physiol*, 57(2), 205-211. <https://doi.org/10.1134/S102144371002007X>.
- Grober, U, Schmidt, J., & Kisters, K. (2015). Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients*, 7(9), 8199-8226. <https://doi.org/10.3390/nu7095388>.
- Gunawan, I. F. (2024). Pengaruh perlakuan blanching terhadap karakteristik fisik dan kimia tepung rumput laut (*Sargassum polycystum*). [Skripsi]. Universitas Katolik Soegijapranata.
- Guntari, A., Sholehah, K., Irna, N., & Fistianingrum, W. (2015). Penentuan parameter non spesifik ekstrak etanol kulit buah manggis (*Garcinia mangostana*) pada variasi asal daerah. *Jurnal Farmasains*, 2(5), 202-207.

- Harborne JB. (1987). *Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Kosasih P dan Iwang SJ, penerjemah. ITB Press.
- Hatch-McChesney A., & Lieberman, H. R. (2022). Iodine and iodine deficiency: a comprehensive review of a re-emerging issue. *Nutrients*, 14(17), 1-11. <https://doi.org/10.3390/nu14173474>.
- Hunterlab. (2012). Hunter L, a, b, vs CIE L\*, a\*, b\*: measuring color using hunter L, a, b, versus CIE 1976 L\*, a\*, b\*. Hunter Associates Laboratory Inc.
- Hutching, J. B. (1999). *Food Color and Appearance*. Gaithersburg: Aspen Publisher. Inc, Maryland.
- Ismail, A. A. A., & Ismail, N. A. (2016). Magnesium: a mineral essential for health yet generally underestimated or even ignored. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 6(4), 1-9. <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000523>.
- Jin, W., Zhang, M., & Shi, W. (2016). Evaluation of ultrasound pretreatment and drying methods on selected quality attributes of bitter melon (*Momordica charantia* L.). *Drying Technology*, 37(3), 387-396. <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1458735>.
- Johnson, M., Kanimozhi, A.S., Malar, T. R. J. J., Shibila, T., Freitas, P. R., Tintino, S. R., Menezes, I. R. A., da Costa, J. G. M., & Coutinho, H. D. M. (2019). The antioxidative effects of bioactive products from *Sargassum polycystum* C. Agardh and *Sargassum duplicatum* J. Agardh against inflammation and other pathological issues. *Complementary Therapies in Medicine*, 46(7), 19-23. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2019.06.014>.
- Juarez-Enriquez, E., Olivas, G. I., Zamudio-Flores, P.B., Ortega-Rivas, E., Perez-Vega, S., & Sepulveda, D. R. (2019). Effect of water content on the flowability of hygroscopic powders. *Journal of Food Engineering*, 205(30), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.02.024>.
- Kalasariya, H. S., Pereira, L., & Patel, N. B. (2022). Pioneering role of marine macroalgae in cosmeceuticals. *Phycology*, 2(1), 172–203 <https://doi.org/10.3390/phycolgy2010010>.
- Kim, S. J., Lee, J. Y., Yoon, S. R., Lee, H. W., & Ha, J. H. (2019). Regression analysis for predicting the fermentation state of packaged kimchi using a colorimetric indicator. *Journal of Food Engineering*, 240(8), 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.06.031>.
- Koivikko, R., Loponen, J., Honkanen, T., & Jormalainen, V. (2005). Contents of soluble, cell-wall-bound and exuded phlorotannins in the brown alga *Fucus vesiculosus* with implications on their ecological functions. *Journal of Chemical Ecology*, 31(1), 195-212. <https://doi.org/10.1007/s10886-005-0984-2>.
- Kumar, M., Gupta, V., Kumari, P., Reddy, C. R. K., & Jha, B. (2011). Assessment of nutrient composition and antioxidant potential of *Caulerpaceae* seaweeds. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2), 270-278. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.07.007>.
- Kurnia, F. L., Hunaefi, D., Yuliana, N. D., Fuhrmann, P., Smetanska, I., & Yasuda, S. (2023). Characterization of physicochemical properties and sensory profile of red oncom in Dramaga District Bogor Regency. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary*, 6(2), 129–141. <https://doi.org/10.20956/canrea.v6i2.1013>.
- Moharram, H. A., & Youssef, M. M. (2014). Methods for determining the antioxidant activity: a review. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 11(1), 31-42.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*, 26(2), 211-219.
- Mubasheera, M. G., & Prasad, H. M. G. (2021). Medicinal use of an ancient brown seaweed *Sargassum polycystum*: a review. *Clinical Medicine and Health Research Journal*, 1(2), 29-37. <https://doi.org/10.18535/cmhrj.v1i2.15>.
- Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021). Analytical methods used in determining antioxidant



- activity: a review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 1-30. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>.
- Narsa, A. C., Salman, A. A., & Prabowo, W. C. (2022). Identifikasi metabolit sekunder dan profil farmakognosi kulit bawang merah (*Allium cepa* L) sebagai bahan baku farmasi terbaru. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 4(6), 645-653. <https://doi.org/10.25026/jsk.v4i6.1551>.
- Nissa, R. N. A. (2024). Karakterisasi Ekstrak Florotanin *Sargassum polycystum* dan Uji Aktivitasnya sebagai Kandidat Antidiabetes. [Tesis]. Universitas Pendidikan Indonesia.
- 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. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/278/1/012050>.
- Nurjanah, Abdullah, A., Darusman, H. S., Diaresty, J. V. G., & Seulalae, A. V. (2021a). The antioxidant activity of seaweed salt from *Sargassum polycystum* Sprague-Dawley male White rats. *International Journal of Research in Pharmaceutical Science*, 12(4), 2601-2609. <https://doi.org/10.26452/ijrps.v12i4.4912>.
- Nurjanah, Abdullah, A., Hidayat, T., Seulalae, A. V., & Rahmawati, K. (2022d). Pemanfaatan Rumput Laut sebagai Bahan Baku Kosmetik. Unsyiah Press.
- Nurjanah, Abdullah, A., Jacob, A. M., Prameswari, D. K., & Seulalae, A. V. (2022a, 6-7 September). Effect of the ratio *Limnocharis* sp. and *Sargassum* sp. on the characteristics of seaweed salt, in The 5th EMBRIO International Symposium; Sustainable Development of Fisheries and Marine Resource Amidst Covid-19 Era and Beyond, EIS. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1033/1/012049>.
- Nurjanah, Abdullah, A., & Nufus, C. (2018). Karakteristik sediaan garam *Ulva lactuca* dari Perairan Sekotong Nusa Tenggara Barat bagi pasien hipertensi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(1), 109-117. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v21i1.21455>.
- Nurjanah, Abdullah, A., Rahmadhani, A., & Seulalae, A. V. (2022b). Antioxidant activity and combination characteristics of filtrates and *Sargassum polycystum* seaweed salt residue. *Kuwait Journal of Science*, 49(3), 1-14. <https://doi.org/10.48129/kjs.11807>.
- Nurjanah, Jacob, A. M., Amanda, N. D., & Seulalae, A. V. (2022c, September 6-7). Characteristics of seaweed salt residue *Sargassum polycystum* and coffee dregs as raw materials for body scrubs, in The 5th EMBRIO International Symposium: Sustainable Development of Fisheries and Marine Resource Amidst Covid-19 Era and Beyond, EIS. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1033/1/012049>.
- Nurjanah, Jacob, A. M., Bestari, E., & Seulalae, A. V. (2020b). Karakteristik bubuk rumput laut *Gracilaria verrucosa* dan *Turbinaria conoides* sebagai bahan baku body lotion. *Jurnal Akuatek*, 1(2), 73-83.
- Nurjanah, Jacob, A. M., Ramlan, & Abdullah, A. (2020a). Penambahan genjer (*Limnocharis flava*) pada pembuatan garam rumput laut hijau untuk penderita hipertensi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(3), 459-469. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i3.32462>.
- Nurjanah, Nurilmala, M., Abdullah, A., Seulalae, A. V., & Fauzan, R. (2021b). Characteristics of *Eucheuma denticulatum* and *Turbinaria conoides* porridge as body lotion materials. *International Journal of Agricultural Technology*, 17(4), 1521-1536.
- Nurjanah, Nurilmala, M., Alfarizi, S., Rochima, E., Wahyuni, D. S., & Seulalae, A. V. (2024). Characterization of seaweed healthy salt from Indonesian *Ulva lactuca* and *Chaetomorpha* sp. flour, in The 6th EMBRIO International Symposium: "Ocean for Prosperity: Sustainably Use of the Ocean Resources for Economic Growth, Improvement

- of Livelihoods, and Preserve its Ocean Ecosystem Health” (EIS 2023), Bogor, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411209002>.
- Nurjanah, N., Jacob, A. M., Abdullah, A., Priyanto, J. A., Nurdin, N. M., & Seulalae, A. V. (2023b). Study of *Actinotrichia fragilis* Indonesian red seaweed as raw material for healthy salt. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 18(1), 1-8. <http://dx.doi.org/10.15578/squalen.753>.
- Nurjanah, Ramlan, Jacob, A. M., & Seulalae, A. V. (2023a). Komposisi kimia tepung dan aktivitas antioksidan ekstrak *Ulva lactuca* dan genjer (*Limncharis flava*) sebagai bahan baku pembuatan garam rumput laut. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 18(1), 1-12. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v18i1.931>.
- Nurjanah, Ramli, R. L., Jacob, A. M., & Seulalae, A. V. (2021c). Karakteristik fisikokimia dan antioksidan krim lulur kombinasi bubuk rumput laut merah (*Eucheuma cottonii*) dan cokelat (*Sargassum* sp.) *Jurnal Standardisasi*, 23(3), 227-240. <http://dx.doi.org/10.31153/js.v23i3.895>.
- Nurpalah, R., & Rosita, N. (2014). Gambaran kadar natrium (Na) pada pasien hipertensi dengan rentang usia 31-55 tahun. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada*, 11(1), 168-173. <https://doi.org/10.36465/jkbth.v11i1.57>.
- Othman, R., Bakar, A. E. A., Fadzillah, N. A., & Amin, N. A. M. (2019). Carotenoid pigments of red, green and brown macroalgae species as potential active pharmaceutical ingredients. *Journal of Pharmacy and Nutrition Sciences*, 9(1), 14-19. <https://doi.org/10.29169/1927-5951.2019.09.01.3>.
- Penalver, R., Lorenzo, J. M., Ros, G., Amarowicz, R., Pteiro, M., & Nieto, G. (2020). Seaweeds as a functional ingredient for a healthy diet. *Marine Drugs*, 18(6), 1-27. <https://doi.org/10.3390/md18060301>.
- Polii, R., Engka, J. N. A., & Sapulete, I. M. (2016). Hubungan kadar natrium dengan tekanan darah pada remaja di Kecamatan Bolangitang Barat Kabupaten Bolaang Mongondow Utara. *Jurnal e-biomedik*, 4(2), 1-7. <https://doi.org/10.35790/ebm.v4i2.14862>.
- Qalsum, U., Diah, A. W. M., & Supriadi. (2015). Analisis kadar karbohidrat, lemak dan protein dari tepung biji mangga (*Mangifera indica* L) jenis gadung. *Jurnal Akademi Kimia*, 4(4), 168-174. <https://doi.org/10.22487/j24775185.2015.v4.i4.7867>.
- Rahmayani, U., Pringgenies, D., & Djunaedi, A. (2013). Uji aktivitas antioksidan ekstrak kasar keong bakau (*Telescopium telescopium*) dengan pelarut yang berbeda terhadap metode DPPH (diphenylpicrylhydrazyl). *Journal of Marine Research*, 2(4), 36-45. <https://doi.org/10.14710/jmr.v2i4.3682>.
- Redjeki, S., Muchtadi, D. F. A., & Putra, M. R. A. (2020). Garam sehat rendah natrium menggunakan metode basah. *Jurnal Teknik Kimia*, 4(2), 63-67. [http://dx.doi.org/10.33005/jurnal\\_tekkim.v14i2.2040](http://dx.doi.org/10.33005/jurnal_tekkim.v14i2.2040).
- Refnaldi, I. A. A., Efendi, D. H., & Sukanta. (2017). Perbandingan aktivitas antioksidan alami rutin terhadap antioksidan butyl hidroksi anisol (BHA) dengan metode peredaman 1,1-Diphenil-2-Picrylhidrazyl (DPPH). *Prosiding Seminar*, 3(2), 316-320. <http://dx.doi.org/10.29313/v0i0.7930>.
- Ribeiro, S. M. R., Barbosa, L. C. A., Queiroz, J. H., Knodler, M., & Schieber, A. (2008). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. *Food Chemistry*, 110(3), 620-626. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.067>.
- Rios-Mera, J. D., Selani, M. M., Patinho, I., Saldana, E., & Contreras-Castillo, C. S. (2021). Modification of NaCl structure as a sodium reduction strategy in meat products: an overview. *Meat Science*, 174, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108417>.
- Rodrigues, D., Freitas, A. C., Pereira, L., Rocha-santos, T. A., Vasconcelos, M., Roriz, M., Rodriguez-alcala, L., Gomes, A. M., & Duarte, A. (2015). Chemical



- composition of red, brownn, and green macroalga from buarcos bay in central west Coast of Portugal. *Food Chemistry*, 183, 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.057>.
- Safia W, Budiyanti M, & Musrif, M. (2020). Kandungan nutrisi dan senyawa bioaktif rumput laut (*Euchema cottonii*) yang dibudidayakan dengan teknik rakit gantung pada kedalaman berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(2), 261-271. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i2.29460>.
- Sari, H. A., & Widjanarko, S. B. (2015). Karakteristik kimia bakso sapi (kajian proporsi tepung tapioka: tepung porang dan penambahan. *Jurnal pangan dan Agroindustri*, 3(3), 784-792.
- Savitri, I., Suhendra, L., & Wartini, N. M. (2017). Pengaruh jenis pelarut pada metode maserasi terhadap karakteristik ekstrak *Sargassum polycystum*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 5(3), 93-101.
- Seulalae, A. V., Prangdimurti, E., Adawiyah, D. R., & Nurjanah. (2023). Evaluasi tingkat keasinan relatif dan profil sensori garam rumput laut menggunakan metode magnitude estimation dan rate-all-that-apply (RATA). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 26(1), 54-66. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v26i1.44466>.
- Simbolon N. P. E., Legowo, A. M., & Setiani, B. E. (2019). Estimation of shelf life pasta spice for dekke mas na niura with the accelerated shelf life test (ASLT) method arrhenius equation. *Journal of Applied Food Technology*, 6(2), 22-27. <https://doi.org/10.17728/jaft.5170>.
- Sine, Y., Soetarto, E. S. (2018). Perubahan kadar vitamin dan mineral pada fermentasi tempe gude (*Cajanus cajan* L.). *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 1(1), 1-3.
- Stangeland, T., Remberg, S. F., & Lye, K. A. (2009). Total antioxidant activity in 35 Ugandan fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 113(1), 85-91. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.026>.
- Strazzullo, P., & Leclercq, C. (2014). Nutrient information. *Advances in Nutrition*, 5, 188-190. <https://doi.org/10.3945/an.113.005215>.
- Susanti, N. N., Sukmawardani, Y., & Musfiroh, I. (2016). Analisis kalium dan kalsium pada ikan kembung dan ikan gabus. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 3(1), 26-30. <https://doi.org/10.24198/ijpst.v3i1.7913>.
- Syad, A. N., Shunmugiah, K. P., & Kasi, P. D. (2013). Seaweed as nutritional supplements: analysis of nutritional profile, physicochemical properties and proximate composition of *G. acerosa* and *S. wightii*. *Biomedicine & Preventive Nutrition*, 3(2), 139-144. <https://doi.org/10.1016/J.BIONUT.2012.12.002>.
- Syahputra, D. M., Nazaruddin, & Cicilia, S. (2021). The effects of carrageenan addition on the quality of broiler chicken meatballs. *International Journal of Advance Tropical Food (IJATF)*, 3(2), 67-76. <https://doi.org/10.26877/ijatf.v3i2.9610>.
- Sumaiyah, Masfria, & Dalimunthe, A. (2018). Determination of total phenolic content, total flavonoid content, and antimutagenic activity of ethanol extract nanoparticles of *Rhaphidophora pinnata* (L.F) schott leaves. *RASAYAN Journal of Chemistry*, 11(2), 505-510. <https://doi.org/10.31788/RJC.2018.1122068>.
- Sumandiarsa, I. K., Hamida, N., Santoso, J., & Tarman, K. (2022). Antioxidant activities from different parts of *Sargassum polycystum* thalli through ultrasound assisted extraction (UAE) method. *Omni-Akuatika*, 18(2), 79-89. <https://doi.org/10.20884/1.oa.2022.18.2.907>.
- Tabotubun, A. M. (2018). Komposisi kimia rumput laut *Caulerpa lentilifera* dari Perairan Kei Maluku dengan metode pengeringan berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(1), 13-23. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v21i1.21257>.
- Teheni, M. T., & Syamsidar, H. S. (2013). Penentuan kadar dan distribusi spasial logam berat kadmium (Cd) pada rumput laut *Eucheuma cottonii* asal perairan Kab. Takalar dengan metode spektrofotometer serapan atom (SSA).

- Al-Kimia*, 1(1), 30-41. <https://doi.org/10.24252/al-kimia.v1i1.1575>.
- Teshome, K. (2019). Effect of tea processing methods on biochemical composition and sensory quality of black tea (*Camelliansis* (L.) O. Kuntze): a review. *Journal of Horticulture and Forestry*, 11(6), 84– 95. <https://doi.org/10.5897/JHF2019.0588>.
- Tuina, F., Naiu, S., & Yusuf N. S. (2013). Penentuan lama pengeringan dan laju perubahan mutu nikel (*Awaous melanocephalus*) kering. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 1(2), 96-102. <https://doi.org/10.37905/v1i2.1227>.
- Tulungnen, R. S., Sapulete, I. M., & Pangemanan, D. H. C. (2016). Hubungan kadar kalium dengan tekanan darah pada remaja di Kecamatan Bolangitang Barat Kabupaten Bolaang Mongondow Utara. *Jurnal Kedokteran Klinik*, 1(2), 37-45.
- Vaudin, A., Wambogo, E., Moshfegh, A. J., & Sahyoun, N. R. (2022). Sodium and potassium intake, the sodium to potassium ratio, and associated characteristics in older adults, NHANES 2011-2016, *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 22(1), 64-77. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2021.06.012>. Epub 2021 Jul 21.
- Venughopal, J. P. (2010). Omega-3 polyunsaturated acids and cardiovascular disease: notable ethnic differences or unfulfilled promise. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, 8(10), 2095-2104. <https://doi.org/10.1111/j.1538-7836.2010.03956.x>.
- Viola, A. N., Udedi, S. C., Ezeonu, F. C., Orji, F. A., Ezeanyanaso, C. S., Brai, B. I. C., Shode, F.O., & Elemo, G. N. (2017). An analysis of food value and some selected secondary metabolites of *Emilia coccinea* (Asteraceae) leaf. *Journal of Complementary and Alternative Medical Research*, 2(2), 1-11. <https://doi.org/10.9734/JOCAMR/2017/29763>.
- Vongsak, B., Sithisarn, P., Mangmool, S., Thongpraditchote, S., Wongkrajang, & Gritsanapan, W. (2013). Maximizing total phenolics, total flavonoids content and antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaf extract by the appropriate extraction method. *Industrial Crops and Products*, 44, 566-571. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.09.021>.
- Widowati, H., Sulistiani, W. S., & Sutanto, A. (2017). Penaruh proses pengolahan terhadap kadar logam berat dan kadar gizi pada kacang panjang. *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi Universitas Muhammadiyah Metro)*, 8(2), 171-175. <https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v8i2.1075>.
- Widyartini, D. S., Insan, A. I., & Sulistyani. (2012). Keanekaragaman morfologi rumput laut *Sargassum* dari Pantai Permisian Cilacap dan potensi sumberdaya alginatnya untuk industri. *Prosiding Seminar Nasional*, 3(1), 61-66.
- [WHO] World Health Organization. (2012a). Guideline: potassium intake and for adults and children. World Health Organization.
- [WHO] World Health Organization. (2012b). Guideline: sodium and potassium intake and for adults and children. World Health Organization.
- Zambrano, M. V., Dutta, B., Mercer, D. G., & MacLean, H. L. (2019). Assessment of moisture content measurement methods of dried food products in small-scale operations in developing countries: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 484-496. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.006>.
- Zheng H, Zhao Y, & Guo L. (2022). A bioactive substance derived from brown seaweeds: phlorotannins. *Marine Drugs*, 20, 1-30. <https://doi.org/10.3390/md20120742>.