

KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN SENSORI GARAM RUMPUT LAUT *Caulerpa* sp. DENGAN FORTIFIKASI KAYU MANIS DAN CENGKEH

Muhammad Iqbal^{1,2*}, Asadatun Abdullah¹, Nurjanah¹, Ramlan^{1,3}

¹Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University
Jalan Agatis, Lingkar Kampus IPB Dramaga, Bogor, Indonesia 16680

²Program Studi Pengolahan dan Penyimpanan Hasil Perikanan, Politeknik Kepulauan Simeulue
Desa Sinabang, Kecamatan Simeulue Timur, Kabupaten Simeulue, Aceh, Indonesia, 24782

³Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknik dan Teknologi, IPB University
Jalan Kamper Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

Dikirim: 17 Desember 2025/Disetujui: 13 Juli 2026

*Korespondensi: bal_iqbal@apps.ipb.ac.id

Cara sitasi (APA Style 7th): Iqbal, M., Abdullah, A., Nurjanah, & Ramlan. (2026). Karakteristik fisikokimia dan sensori garam rumput laut *Caulerpa* sp. dengan fortifikasi kayu manis dan cengkeh. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 29(7), 690-711. <http://dx.doi.org/10.17844/56yfmv22>

Abstrak

Caulerpa sp. merupakan rumput laut hijau yang banyak ditemukan di perairan Indonesia dan memiliki potensi besar sebagai bahan pangan fungsional. Pemanfaatannya sebagai bahan baku garam rumput laut masih terbatas, salah satunya karena aroma amis yang menurunkan kualitas sensori. Penelitian ini bertujuan menentukan formula terbaik garam rumput laut *Caulerpa* sp. dengan fortifikasi kayu manis dan cengkeh berdasarkan karakteristik fisikokimia dan profil sensori. Tepung *Caulerpa* sp. diolah menjadi garam rumput laut dengan fortifikasi cengkeh dan kayu manis menggunakan empat perlakuan konsentrasi antara lain kontrol (0%), perlakuan 1 (kayu manis 1%; cengkeh 0,2%), perlakuan 2 (kayu manis 1,5%; cengkeh 0,5%), dan perlakuan 3 (kayu manis 1,5%; cengkeh 0,5%). Garam rumput laut dianalisis logam berat, mineral, NaCl, antioksidan, profil sensori RATA, dan hedonik. Data diolah menggunakan SPSS 27 rancangan acak lengkap dan XLSTAT 2025. Perlakuan terbaik fortifikasi kayu manis dan cengkeh dalam pembuatan garam rumput laut *Caulerpa* sp. adalah P2 (kayu manis 1,5% dan cengkeh 0,5%) dengan hasil antara lain rendemen 37,23±0,00%, mineral natrium 252,44±0,23%; kalium 308,35±0,63%, rasio Na/K 0,81±0,00 sesuai dengan standar WHO (2012) dengan rasio Na/K mendekati 1; kadar NaCl 62,03±1,20%; kadar logam berat merkuri 0,028 mg/kg, timbel <0,01 mg/kg, arsen <0,005 mg/kg, dan kadmium <0,005 mg/kg di bawah ambang batas maksimum; aktivitas antioksidan DPPH (IC₅₀) 49,94±0,50 µg/mL (kuat); dan hedonik 4,64±1,15 (agak suka). Hasil penelitian ini membuktikan bahwa fortifikasi kayu manis dan cengkeh mampu meningkatkan kualitas fisikokimia, berpotensi memperbaiki aroma dan sensori garam rumput laut *Caulerpa* sp.

Kata kunci: DPPH, garam fungsional, logam berat, mineral, rasio Na/K

Physicochemical and Sensory Characteristics of *Caulerpa* sp. Seaweed Salt Fortified with Cinnamon and Cloves

Abstract

Caulerpa sp. is a green seaweed commonly found in Indonesian waters and has great potential as a functional food ingredient. However, its use as a raw material for seaweed salt remains limited, partly due to its fishy aroma, which reduces sensory quality. This study aimed to determine the best formula for *Caulerpa* sp. seaweed salt fortified with cinnamon and cloves based

on its physicochemical characteristics and sensory profile. *Caulerpa* sp. flour was processed into seaweed salt fortified with cinnamon and cloves using four treatments: control (0%), treatment 1 (1% cinnamon, 0.2% clove), treatment 2 (1.5% cinnamon, 0.5% clove), and treatment 3 (2% cinnamon, 0.7% clove). Seaweed salt was analyzed for heavy metals, minerals, NaCl, antioxidants, RATA sensory profile, and hedonic properties. Data were analyzed using SPSS 27 with a completely randomized design and the XLSTAT 2025 software. The best treatment was P2 (1.5% cinnamon and 0.5% cloves), with a yield of $37.23 \pm 0.00\%$, sodium $252.44 \pm 0.23\%$, potassium $308.35 \pm 0.63\%$, Na/K ratio of 0.81 ± 0.00 , meeting the WHO (2012) recommendation of a ratio close to 1, NaCl content of $62.03 \pm 1.20\%$, mercury 0.028 mg/kg , lead $<0.01 \text{ mg/kg}$, arsenic $<0.005 \text{ mg/kg}$, cadmium $<0.005 \text{ mg/kg}$, DPPH antioxidant activity (IC_{50}) of $49.94 \pm 0.50 \text{ } \mu\text{g/mL}$ (very strong), and a hedonic score of 4.64 ± 1.15 (rather like). These results demonstrate that cinnamon and clove fortification can improve the physicochemical quality and potentially enhance the aroma and sensory properties of *Caulerpa* sp. seaweed salt.

Keywords: DPPH, functional salts, heavy metals, minerals, Na/K ratio

PENDAHULUAN

Sumber daya laut Indonesia sangat beragam dan memiliki potensi besar dalam pemanfaatannya untuk kepentingan kesehatan dan industri pangan. Rumput laut telah lama dikonsumsi sebagai makanan di beberapa negara Asia yaitu Jepang, Filipina, dan Korea, karena memiliki kandungan nutrisinya yang tinggi dan mineral penting yakni kalsium, magnesium, natrium, serta kalium, yang berkontribusi pada kesehatan manusia (Nagappan & Vairappan, 2014). Rumput laut hijau di Indonesia terdapat 203 spesies, yang terdiri dari 7 ordo, 19 famili, dan 48 genus. Salah satu genusnya yakni *Caulerpa* terdiri dari 25 spesies (Pangestuti, 2025). Rumput laut *Caulerpa* sp. banyak ditemukan pada perairan tropis, termasuk Pulau Simeulue, Aceh. *Caulerpa* sp. di perairan Pulau Simeulue dikenal dengan sebutan “natu” yang tumbuh melimpah secara alami di sepanjang pinggir pantai dan belum dilakukan pemanfaatan secara optimal. Masyarakat Simeulue biasanya mengonsumsi *Caulerpa* sp. sebagai bahan lalapan yang dimakan bersama dengan nasi. Sebelum dijadikan bahan lalapan terlebih dahulu dicuci kemudian direbus untuk menghilangkan rasa asin pada *Caulerpa* sp. (Nagappan & Vairappan, 2014).

Rumput laut *Caulerpa* sp. merupakan jenis rumput laut hijau yang jumlahnya melimpah dan tumbuh secara alami di pesisir pantai. Potensi rumput laut *Caulerpa* sp. perlu dimanfaatkan lebih lanjut agar lebih optimal. Rumput laut *Caulerpa* sp. memiliki

sifat antioksidan (Hidayat *et al.*, 2020) dan antiinflamasi (Tanna & Mishra, 2018). Aktivitas antioksidan ini sangat penting untuk melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh radikal bebas, dapat menimbulkan penyakit degeneratif dan penyakit kardiovaskular. Rumput laut hijau *Caulerpa* sp. sangat potensial sebagai sumber serat dari aspek pangan dan aspek non pangan seperti pembuatan kosmetik dan sebagai sumber garam (Diachanty *et al.*, 2017; Nufus *et al.*, 2017; Nurjanah *et al.*, 2018). Rumput laut hijau *Caulerpa* sp memiliki potensi sebagai garam fungsional karena kadar NaCl memenuhi batas maksimum 60% sesuai standar garam diet SNI 8208:2016 yaitu 55,35-59,36% (BSN, 2016), yang dapat mencegah resiko penyakit hipertensi (Nufus *et al.*, 2019; Nurjanah *et al.*, 2020; Nurjanah *et al.*, 2021; Nurjanah *et al.*, 2022; Seulalae *et al.*, 2025).

Penggunaan rumput laut jenis *Caulerpa* sp. dalam pembuatan garam menghasilkan aroma amis, yang dapat menurunkan kualitas sensori produk (Nomleni *et al.*, 2022). Rumput laut kaya akan asam lemah tak jenuh dalam membran selnya. Kerusakan sel menyebabkan asam teroksidasi menjadi aldehida dan keton tak jenuh. Beberapa senyawa, seperti 1-octen-3-ol dan (E,Z)-2,6-nonadienal, memiliki bau tajam, tengik, dan sering diasosiasikan dengan aroma laut atau *fishy* yang kuat (Gong *et al.*, 2024). Kurniawan *et al.* (2019) menyatakan bahwa arang aktif dapat digunakan untuk mengurangi aroma amis dari garam yang diekstraksi dari rumput laut *Ulva lactuca*.



Metode ekstraksi tertentu tetap menghasilkan bau amis pada garam rumput laut, yang dapat mengurangi kualitas sensorinya (Nomleni *et al.*, 2022). Penambahan bahan alami seperti kayu manis dapat membantu mengurangi bau amis dari produk berbahan dasar *Caulerpa* sp. Sarvika *et al.* (2024) menemukan bahwa menambahkan bubuk kayu manis ke minuman fungsional anggur laut (*Caulerpa racemosa*) dapat membantu menutupi aroma yang tidak disukai konsumen. Bubuk kayu manis juga dapat meningkatkan rasa dan aroma, menambah *aftertaste* yang menyegarkan dengan rasa pedas, manis, dan panas. Penambahan sari kayu manis pada minuman instan anggur laut (*Caulerpa* sp.) dapat meningkatkan sifat organoleptiknya, termasuk rasa dan aroma, sehingga panelis lebih menyukainya (Heatubun, 2022).

Kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) dan cengkeh (*Syzygium aromaticum*) adalah rempah-rempah yang dikenal memiliki kemampuan untuk mengurangi bau amis dari sejumlah produk makanan, termasuk garam yang dibuat dari rumput laut. Kayu manis mengandung senyawa utama seperti minyak atsiri, eugenol, safrole, sinamaldehida, tanin, kalsium oksalat, damar, dan zat penyamak. Sifat kimianya meliputi rasa pedas, sedikit manis, hangat, dan wangi. Minyak atsiri *Cinnamomum* oil dan *oleoresin* ditemukan pada kulit batang dan daun tanaman kayu manis, sedikit ditemukan pada kayu. Asam sinamat dan sinamaldehida memberikan aroma kayu manis. Sinamaldehida merupakan komponen utama minyak atsiri kayu manis yang memiliki sifat antimikroba yang dapat mencegah bakteri penyebab bau amis berkembang biak. Kayu manis juga mengandung banyak senyawa fenolik, yang bertindak sebagai antioksidan dan membantu menetralkan senyawa yang menyebabkan bau tidak sedap (Maslahah & Nurhayati, 2023). Cengkeh mengandung eugenol sebagai komponen utama minyak atsiri, yang memberikan aroma khas dan memiliki sifat antiseptik. Eugenol menghentikan pertumbuhan bakteri dan mikroorganisme penyebab bau amis. Selain itu, senyawa yang ditemukan di cengkeh termasuk eugenil asetat, kariofilen, α -kopaen, dan α -humulen, yang

masing-masing memiliki sifat antimikroba dan kemampuan untuk menghilangkan bau tidak sedap (Mahendradatta & Adiansyah, 2008). Kedua rempah ini juga memiliki cita rasa dan aroma yang familiar bagi konsumen Indonesia, sehingga diharapkan dapat meningkatkan penerimaan sensoris terhadap garam rumput laut *Caulerpa* sp., penggunaan rempah-rempah lokal ini tidak hanya memperkaya cita rasa produk, tetapi juga mendukung pengembangan pangan fungsional berbasis kearifan lokal yang sesuai dengan preferensi dan kebiasaan konsumsi masyarakat Indonesia.

Pembuatan garam rumput laut *Caulerpa* sp. dengan penambahan kayu manis dan cengkeh untuk memperbaiki aroma bau amis masih sangat terbatas, sebagaimana diketahui kedua bahan tersebut mengandung minyak atsiri yang dapat digunakan sebagai bahan tambahan alami untuk mengurangi atau menghilangkan bau amis pada garam rumput laut, berkat sifatnya yang aromatik, dan mampu menutupi aroma tidak diinginkan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tersebut untuk mendapatkan garam sehat yang dapat dikonsumsi oleh masyarakat dan memberikan efek kesehatan, lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan proses produksi, menemukan komposisi mineral yang tepat, dan mengevaluasi sifat antioksidan produk garam berbasis rumput laut *Caulerpa* sp. untuk memastikan bahwa masyarakat memperoleh produk yang aman dan bermanfaat bagi kesehatan. Penelitian ini bertujuan menentukan formula terbaik garam rumput laut *Caulerpa* sp. dengan fortifikasi kayu manis dan cengkeh berdasarkan karakteristik fisikokimia dan profil sensori.

BAHAN DAN METODE

Preparasi Bahan Baku dan Pembuatan Tepung *Caulerpa* sp.

Preparasi bahan baku modifikasi dari Ramlan *et al.* (2024). Rumput laut *Caulerpa* sp. diperoleh dari perairan Desa Padang Unoi, Kecamatan Salang, Kabupaten Simeulue. Tahap awal preparasi dilakukan dengan membersihkan rumput laut kering dari kotoran serta kontaminan berupa benda asing yang menempel pada permukaannya. Rumput

laut dikeringkan menggunakan angin selama 4 hari, dan dikeringkan kembali menggunakan *dehydrator* suhu 60°C selama 14 jam hingga mencapai kondisi kering sempurna. Serbuk kering digiling menggunakan *grinder* untuk memperoleh tepung rumput laut dengan tekstur yang lebih halus dan homogen. Tepung hasil penghalusan disaring menggunakan alat penyaring dengan ukuran 60 *mesh* sehingga didapatkan tepung rumput laut murni tanpa menyisakan batang rumput laut kering yang sulit dihancurkan.

Pembuatan Garam Rumput Laut

Pembuatan garam rumput laut modifikasi dari Nurjanah *et al.* (2020a) dan Ramlan (2024) yang diawali dengan persiapan tepung rumput laut 50 g ditambahkan akuades 500 mL (perbandingan 1:10), dipanaskan menggunakan *waterbath* suhu 40°C selama 10 menit. Campuran bahan disaring menggunakan kain nilon 500 *mesh* hingga didapatkan filtrat dan residu. Filtrat disaring kembali untuk kedua kalinya menggunakan kertas saring Whatman No. 42 dengan ukuran pori 2,5 µm sehingga diperoleh filtrat rumput laut yang lebih murni. Hasil penyaringan berupa filtrat 300 mL dan difortifikasi dengan 5% NaCl dan KCl perbandingan 1:1 yakni 7,5 g NaCl dan 7,5 g KCl, kemudian diaduk hingga NaCl dan KCl terlarut, selanjutnya diberikan perlakuan cengkeh 0,2; 0,5; dan 0,7%), dan kayu manis kayu manis (1, 1,5 dan 2%), kemudian diaduk hingga tercampur rata. Campuran dikeringkan menggunakan oven suhu 60°C selama 48 jam, sehingga diperoleh

garam rumput laut. Formulasi garam antarperlakuan dengan bahan penambahan kayu manis, cengkeh, NaCl dan KCl disajikan pada *Table 1*.

Rendemen

Analisis rendemen garam rumput laut yang mengacu pada Nurjanah *et al.* (2020a), Nurjanah *et al.* (2023), dan Ramlan *et al.* (2024) untuk melihat bobot garam yang dihasilkan serta pengaruh dari setiap perlakuan yang diberikan. Rendemen merupakan persentase perbandingan garam rumput laut dengan jumlah bahan baku yang digunakan untuk mengetahui persentase garam yang dihasilkan. Perhitungan rendemen dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat yang dihasilkan (g)}}{\text{Berat awal sampel (g)}} \times 100\%$$

Analisis Logam Berat

Analisis logam berat pada tepung dan garam rumput laut *Caulerpa* sp. mengacu pada AOAC (2019) yang terdiri dari timbel (Pb), merkuri (Hg), arsenik (As), dan kadmium (Cd). Tepung rumput laut *Caulerpa* sp. ditimbang 0,5 g, dilarutkan dalam larutan HNO₃ dan HCl dengan perbandingan 5:2. Campuran dipanaskan di atas *hot plate* hingga larut. Pindahkan larutan sampel ke dalam labu takar 25 mL, tambahkan air demin sampai tanda batas, kemudian dianalisis menggunakan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS) dengan panjang gelombang masing-masing logam berat sebagai berikut: Pb 283.3 nm, Hg 253,6 nm,

Table 1 Salt formulations enriched with cinnamon and cloves

Tabel 1 Formulasi garam dengan bahan penambahan kayu manis dan cengkeh

Ingredients	Treatment (%)			
	Control	P1	P2	P3
<i>Caulerpa</i> salt	95.0	93.8	93.0	92.3
Cinnamon	-	1.0	1.5	2.0
Cloves	-	0.2	0.5	0.7
NaCl	2.5	2.5	2.5	2.5
KCl	2.5	2.5	2.5	2.5
Total	100.0	100.0	100.0	100.0



As 193,7 nm dan Cd 228,8 nm, dengan batas deteksi Pb 0,01 mg/kg; Hg 0,002 mg/kg; As 0,005 mg/kg dan Cd 0,005 mg/kg.

Analisis Komposisi Mineral

Analisis komposisi mineral pada tepung maupun garam rumput laut *Caulerpa* sp. mengacu pada AOAC (2019). Analisis mineral tepung rumput laut *Caulerpa* sp. terdiri dari kalsium (Ca), natrium (Na), magnesium (Mg), kalium (K) dan besi (Fe), sedangkan garam rumput laut *Caulerpa* sp. terdiri dari natrium dan kalium. Analisis komposisi mineral diawali dengan proses pengabuan basah. 10 g sampel diletakkan dalam labu erlenmeyer dan ditambahkan 5 mL HNO₃. Labu dipanaskan di atas *hot plate* suhu 120° C selama 4 jam, ditambahkan 0,4 mL H₂SO₄ dan 2-3 tetes campuran HCl dan HNO₃ dengan perbandingan 2:1, selanjutnya dipanaskan kembali di atas *hot plate*. Pemanasan kedua berlangsung hingga warna berubah dari cokelat menjadi kuning tua dan kuning muda. Sampel didinginkan, kemudian ditambahkan 2 mL air suling (akuades) dan 0,6 mL HCl. Larutan abu basah diukur ke dalam labu 100 mL dengan air demineralisasi. Hasil pengabuan basah yang diperoleh dianalisis menggunakan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS) pada panjang gelombang 420 nm.

Analisis Kadar Natrium Klorida (NaCl)

Analisis kadar NaCl mengacu pada BSN (2024) menggunakan metode Mohr, yang diawali dengan pengabuan sampel. Cawan pengabuan dibersihkan dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam, didinginkan di dalam desikator selama 15 menit, kemudian ditimbang. Sampel 5 g dimasukkan ke dalam cawan, dipijarkan diatas nyala api bunsen hingga tidak berasap, selanjutnya penanuran secara bertahap suhu 600°C selama 1 jam hingga diperoleh abu berwarna putih keabuan. Cawan didinginkan dalam desikator, selanjutnya pencucian abu dengan akuades sesedikit mungkin, dipindahkan ke dalam erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan 1 mL larutan potasium kromat (K₂CrO₄) 5% dan dititrasi dengan

larutan perak nitrat (AgNO₃) 0,1 M. Titik akhir titrasi tercapai apabila timbul warna oranye atau jingga yang pertama. Kadar NaCl dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Kadar NaCl(\%)} = \frac{T \times M \times \text{BE NaCl (58.4)}}{W} \times 100\%$$

Keterangan:

T = Volume AgNO₃ (mL)

M = Molaritas perak nitrat (M)

W = Berat sampel (mg)

Aktivitas Antioksidan Garam Rumput Laut

Uji aktivitas antioksidan menggunakan metode radikal 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) modifikasi dari Ribeiro *et al.* (2008) dengan konsentrasi 1 mM. Garam rumput laut dilarutkan dalam etanol dibuat dengan konsentrasi 25, 50, 75, 100 dan 125 ppm. Asam askorbat digunakan sebagai kontrol positif dibuat dengan konsentrasi 1, 2, 3 dan 4 ppm. Setiap konsentrasi diisi pada tabung reaksi sebanyak 4,5 mL ekstrak dan ditambahkan DPPH sebanyak 0,5 mL, selanjutnya dihomogenisasi menggunakan *vortex*. Sampel diinkubasi pada suhu ruang selama 30 menit dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 517 nm dengan spektrofotometer. Absorbansi dari larutan blanko diukur untuk perhitungan persen inhibisi. Blanko dibuat dengan menambahkan 4,5 mL pelarut etanol dengan 0,5 mL larutan DPPH. Kemampuan menangkap radikal bebas (inhibisi) dihitung dengan rumus berikut:

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

Keterangan:

A = absorbansi blanko

B = absorbansi sampel

Persen inhibisi yang didapat serta konsentrasi sampel digunakan untuk menghasilkan nilai IC₅₀ dalam bentuk regresi linier. Nilai IC₅₀ menyatakan besarnya konsentrasi larutan sampel yang dibutuhkan untuk mereduksi radikal bebas DPPH sebesar 50%. Nilai IC₅₀ dapat dihitung dengan persamaan: $y = ax + b$

Keterangan:

y = persen inhibisi

x = konsentrasi sampel (ppm)

a = *slope*

b = *intercept*

Analisis Hedonik dan Profil Sensori Metode *Rate-All-That-Apply* (RATA)

Analisis hedonik dan profil sensori RATA garam rumput laut *Caulerpa* sp. dengan penambahan kayu manis dan cengkeh modifikasi dari Adawiyah *et al.* (2020). Analisis *rate-all-that-apply* (RATA) yang dibagi menjadi empat tahap yaitu *focus group discussion* (FGD) atau diskusi kelompok terpumpun, pemilihan panelis, persiapan dan penyajian sampel serta analisis data.

Focus froup discussion (FGD)

Focus group discussion (FGD) bertujuan untuk mengidentifikasi istilah-

istilah padanan terbaik untuk menjelaskan atribut sensori garam rumput laut kepada panelis (konsumen) yang tidak terlatih, yang kemudian digunakan sebagai daftar atribut pengujian pada kuesioner RATA. FGD dilakukan terhadap delapan mahasiswa Teknologi Hasil Perairan, Institut Pertanian Bogor yang mewakili konsumen dan memiliki pemahaman yang baik tentang atribut sensori secara umum. Atribut dalam tahap FGD ini dapat dilihat pada *Table 2*.

Pemilihan panelis

Panelis pada penelitian ini merupakan mahasiswa dan staf Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Penyebaran kuesioner dilakukan dengan berbagai cara, antara lain secara online melalui *google form* dan email, serta dengan mengunjungi langsung calon panelis untuk mengisi kertas kuesioner. Uji sensori pada

Table 2 Sensory attributes of seaweed salt during FGD processing

Tabel 2 Daftar sensori tahap FGD garam rumput laut

Attributes	Description
Mineral	A smell like rust/copper coins
Eggy/sulfur	A smell like sulphur/boiled eggs
Green/herbal	Aroma like dried leaves/herbs
Floral	A floral scent
Metallic	A metallic smell
Fishy	A smell like ammonia or fish, characteristic of seaweed
Seaweed	The scent of seaweed
Wood	Wood-like aroma
Sweet	A sweet aroma like sugar
Spice	Spice aroma
Sour	Sour smell
Burnt	A smell like burning material
Salty	Salty taste
Sour	Sour taste
Bitter	Bitter taste
Umami	Savoury taste
Astringent	Impression of shoes
Spice	Spice flavour
Menthol	Provides a cooling sensation similar to mint or peppermint

(Drake & Drake, 2010; Wen *et al.*, 2020)



produk garam rumput laut ini melibatkan 25 panelis, berusia antara 18 hingga 45 tahun.

Persiapan dan penyajian sampel

Analisis profil sensori menggunakan sampel garam rumput laut dengan penambahan kayu manis dan cengkeh yang terdiri dari perlakuan kontrol, perlakuan 1 (*Caulerpa* 98,8%, kayu manis 1%, dan cengkeh 0,2%), perlakuan 2 (*Caulerpa* 98%, kayu manis 1,5%, dan cengkeh 0,5%), dan perlakuan 3 (*Caulerpa* 97,3%, kayu manis 2%, dan cengkeh 0,7%). Setiap sampel disajikan 10 g, dilarutkan dalam 1 liter air, dan disimpan pada suhu kamar selama 18 jam. Setiap sampel garam rumput laut disajikan 20 mL dan diberi kode sebelum disajikan satu per satu kepada panelis. Setiap panelis diminta meminum air sebelum dan sesudah mencicipi sampel garam rumput laut. Panelis meminum air putih dengan tujuan untuk menetralkan mulutnya sehingga hasil pengujian produk garam rumput laut menjadi lebih valid. Panelis mencicipi setiap sampel dan memberikan penilaian tanpa membandingkan satu sama lain.

Pengujian pertama yang dilakukan adalah penilaian hedonik. Panelis diminta untuk mencicipi sampel dan menilainya dengan skala kesukaan yang terdiri dari enam poin yaitu (1=sangat tidak suka, 2=tidak suka, 3=agak tidak suka, 4=agak suka, 5=suka dan 6=sangat suka). Pengujian kedua yaitu uji RATA. Setiap panelis diinstruksikan untuk mencicipi kembali sampel dan menjawab pertanyaan RATA dengan daftar beberapa atribut sensori yang menggambarkan profil sensori setiap sampel. Panelis diminta untuk mengevaluasi dan mengidentifikasi atribut-atribut dalam sampel, kemudian menilai intensitas yang dirasakan dari atribut-atribut tertentu pada skala lima poin (1=sangat lemah, 2=agak lemah, 3=sedang, 4=agak tinggi, dan 5=sangat tinggi). Apabila atribut tertentu tidak mampu dirasakan pada sampel, maka atribut tersebut dikosongkan.

Analisis Data

Rancangan percobaan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan

faktor perlakuan perbedaan bahan tambahan yaitu kayu manis dan cengkeh yang terdiri dari 3 kali ulangan. Data hasil analisis akan diolah dengan menggunakan *microsoft excell* dan SPSS versi 27. Data yang diperoleh diuji normalitas dan homogenitas sebelum dilakukan dengan *analysis of variance* (ANOVA) pada selang kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$). Analisis sensori RATA dilakukan secara terpisah pada masing-masing kelompok panelis untuk membandingkan tanggapan mereka terhadap sediaan garam rumput laut. Berbagai jenis analisis yang dilakukan yaitu *principal component analysis* (PCA), uji Non-parametric Friedman's dan *preference mapping* dilakukan menggunakan perangkat lunak XLSTAT 2025. Perlakuan yang berpengaruh terhadap respons ($p<0,05$), selanjutnya diuji lanjut *Duncan* untuk melihat perbedaan nyata antara perlakuan yang diberikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Kimia Tepung Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Analisis komposisi kimia pada bahan baku tepung rumput laut *Caulerpa* sp. merupakan tahap awal dalam mengidentifikasi kandungan nutrisinya, baik makro maupun mikro. Informasi mengenai komponen kimia tersebut penting untuk mengetahui potensi pemanfaatan tepung rumput laut sebagai bahan pangan fungsional, salah satunya dalam pembuatan garam rumput laut. Komposisi kimia yang berupa proksimat (kadar air, protein, lemak, abu, dan karbohidrat) yang terdapat pada tepung rumput laut *Caulerpa* sp. dapat dilihat pada *Table 3*.

Berdasarkan hasil pada *Table 3* setiap spesies *Caulerpa* memiliki karakteristik kimia berbeda-beda. Penelitian ini menunjukkan bahwa kadar tepung *Caulerpa* sp. yang tertinggi adalah karbohidrat yaitu 39,59%. Hasil karbohidrat ini lebih rendah dibandingkan dengan *C. taxifolia* penelitian Jumsurizal *et al.* (2021) yang mencapai 52,99%. Kadar karbohidrat lebih rendah kemungkinan disebabkan oleh tingginya kandungan komponen lain (kadar air, protein, lemak dan abu), hal ini karena kadar karbohidrat dihitung *by-difference*, sehingga peningkatan salah satu komponen tersebut

Table 3 Chemical composition of seaweed flour from *Caulerpa* sp., *C. taxifolia*, and *C. racemosa*Tabel 3 Komposisi kimia tepung rumput laut *Caulerpa* sp., *C. taxifolia*, dan *C. racemosa*

Chemical composition	<i>Caulerpa</i> sp.	<i>C. taxifolia</i> *	<i>C. racemosa</i> *
Moisture	7.62±0.36	14.35±0.11	13.39±0.10
Protein	14.34±0.17	11.02±0.33	10.41±0.08
Fat	0.54±0.11	1.92±0.06	1.58±0.04
Ash	38.43±0.10	19.74±0.20	38.94±0.31
Carbohydrate ¹	39.05±0.75	52.99±0.70	35.69±0.45

¹by-difference, * Jumsurizal *et al.* (2021)

akan menyebabkan nilai karbohidrat yang diperoleh. Karbohidrat pada rumput laut didominasi oleh polisakarida kompleks dan serat pangan larut yang tidak dapat dicerna oleh enzim manusia, sehingga berperan penting sebagai prebiotik dengan merangsang pertumbuhan bakteri menguntungkan di usus dan menghasilkan asam lemak rantai pendek yang bermanfaat bagi kesehatan metabolik (Praveen *et al.*, 2019; Charoensiddhi *et al.*, 2020). Serat larut seperti alginat, fukoidan, dan ulvan memiliki kemampuan membentuk gel yang memperlambat penyerapan glukosa di usus halus, berkontribusi pada pengendalian kadar glukosa darah postprandial dan peningkatan sensitivitas insulin (Anggriany *et al.*, 2024; Gopal *et al.*, 2025).

Komponen tertinggi setelah karbohidrat adalah kadar abu yaitu 38,36%, lebih rendah dibandingkan dengan *C. racemosa* pada Jumsurizal *et al.* (2021) mencapai 38,94%. Kadar abu pada rumput laut dapat dipengaruhi oleh habitat dan kandungan mineral (Gaillande *et al.*, 2017), metode pengolahan juga dapat memengaruhi kadar abu pada rumput laut (Tapotubun, 2018). Kadar protein, air, dan lemak secara berurutan yaitu 14,22; 7,37; dan 0,46%. Kadar air berperan sebagai indikator utama dalam penentuan sifat fisik dan stabilitas penyimpanan bahan pangan (Suparmi *et al.*, 2021). Batas maksimum kadar air pada rumput laut kering menurut SNI 2354-2-2015 adalah 30% (BSN, 2015a).

Komposisi kimia dan senyawa bioaktif yang terdapat pada *Caulerpa* sp. memiliki banyak manfaat baik untuk kesehatan (antioksidan, anti aging, antiinflamasi, dan

antibakteri) maupun untuk pangan fungsional serta untuk industri kosmetik. Nurjanah *et al.* (2018) melaporkan bahwa *Caulerpa* sp. bukan hanya memiliki sumber energi (karbohidrat), tetapi juga memiliki protein meski dalam kadar yang lebih rendah, serta mineral esensial melalui kandungan abunya. Rendahnya kadar lemak pada spesies ini menjadikannya pilihan yang sehat dari segi profil makronutrien. Kombinasi ini sangat menjanjikan untuk pengembangan *Caulerpa* sp. sebagai bahan pangan fungsional atau suplemen laut karena kandungan gizi yang seimbang, juga memiliki potensi bioaktif, seperti antioksidan. *C. racemosa* menunjukkan kandungan antioksidan yang cukup tinggi (Sanjaya, 2017; Syahrul *et al.*, 2020).

Kadar Logam Berat Tepung Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Data pada Table 4 merangkum konsentrasi logam serta batas toleransi berdasarkan standar BSN (2015b) dan BSN (2018), maupun ketentuan BPOM (2022), untuk menilai kesesuaiannya dengan persyaratan mutu dan keamanan pangan. Kadar logam berat pada tepung rumput laut *Caulerpa* sp. dilihat pada Table 4.

Logam berat timbel (Pb) tepung rumput laut *Caulerpa* sp. pada penelitian ini memperoleh nilai tertinggi yaitu 0,817 mg/kg, melampaui batas aman BSN (2015b) dan BSN (2018) 0,3 mg/kg serta regulasi BPOM (2022) 0,20 mg/kg. Kondisi cuaca selama proses pengambilan sampel ditandai oleh hujan dan angin yang cukup kencang. Kondisi tersebut diduga mempengaruhi karakteristik sampel yang diperoleh. Peningkatan konsentrasi



Table 4 Heavy metal content of *Caulerpa* sp. seaweed flour and maximum limits
Tabel 4 Kandungan logam berat tepung rumput laut *Caulerpa* sp. dan batasan maksimum

Types of heavy metals (mg/kg)	<i>Caulerpa</i> sp.	BSN (2015b)	BSN (2018)	BPOM (2022)
Moisture	0.22±0.02	Max. 0.5	Max. 0.5	0.03
Protein	0.81±0.01	Max. 0.3	Max. 0.3	0.20
Ash	<0.005	Max. 1.0	Max. 0.1	1.00
Carbohydrate ¹	<0.00006	Max. 0.1	Max. 1.0	0.05

timbel (Pb) di perairan diduga berkaitan dengan tingginya curah hujan dan kuatnya arus yang dipengaruhi oleh angin pada saat pengambilan sampel. Timbel dapat masuk ke lingkungan perairan melalui proses pengkristalan di atmosfer yang terbawa turun bersama air hujan (Ramlan *et al.*, 2024). Proses ini menyebabkan timbel terdispersi dan terlarut di perairan, mengendap di dasar, dan terakumulasi pada organisme akuatik yang hidup di lingkungan perairan tersebut (Astuti *et al.*, 2016; Azizah *et al.*, 2018). Timbel yang terbawa ke perairan melalui air hujan akan mengendap di dalam sedimen dan diserap oleh rumput laut yang tumbuh di dasar perairan. Penyerapan logam berat timbel oleh rumput laut terjadi melalui dinding sel pada struktur *thallus*-nya (Azizah *et al.*, 2018; Nurjanah *et al.*, 2023). Berbagai upaya telah dikembangkan untuk menurunkan risiko keracunan timbel, antara lain terapi kelasi menggunakan agen pengikat seperti *ethylenediaminetetraacetate* (EDTA), *triethylenetetramine* dan *deferoxamine*, serta pemanfaatan teh yang mengandung tanin atau senyawa antidotum yang berfungsi sebagai penawar racun (Anggraini *et al.*, 2014.).

Nilai logam berat merkuri (Hg) 0,24 mg/kg, arsen (As) <0,005 mg/kg, dan kadmium (Cd) <0.00006 mg/kg. Logam berat Hg, As, dan Cd yang dihasilkan pada penelitian ini aman dan memenuhi persyaratan batas maksimum dikonsumsi rumput laut kering yang diatur oleh BSN (2015b), BSN (2018), dan BPOM (2022). Polisakarida pada dinding sel rumput laut memiliki gugus sulfat yang berfungsi dalam proses penyerapan, pengikatan, dan penyimpanan logam berat (Dewinta *et al.*, 2024).

Kandungan Mineral Garam Rumput Laut *Caulerpa* sp

Komposisi mineral, khususnya natrium dan kalium yang diperoleh dari garam rumput laut *Caulerpa* sp. dengan tambahan kayu manis dan cengkeh, disajikan pada Table 5. Hasil yang diperoleh memberikan informasi mengenai pengaruh penambahan bumbu terhadap kandungan mineral dan efisiensi produksi garam rumput laut, yang menjadi parameter penting dalam menilai kualitas dan nilai gizi produk akhir. Penambahan kayu manis dan cengkeh dengan konsentrasi yang berbeda pada proses pembuatan garam rumput laut *caulerpa* sp. menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap mineral natrium (Na) dan kalium (K) serta rasio Na/K pada garam rumput laut.

Caulerpa sp. berdasarkan hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa kandungan natrium (Na) pada garam rumput laut *Caulerpa* sp. pada setiap perlakuan memiliki perbedaan yang signifikan. Berbeda dengan nilai natrium yang mengalami peningkatan dari perlakuan kontrol sebesar 208,16 mg/g, perlakuan 1 yaitu 222,45 mg/g, perlakuan 2 yaitu 237,31 mg/g, dan perlakuan 3 yaitu 252,44 mg/g. Kandungan kalium (K) pada garam rumput laut *Caulerpa* sp. tertinggi diperoleh pada perlakuan 3 yakni 308,35 mg/g, sedangkan kalium terendah pada perlakuan kontrol yaitu 267,74 mg/g. Nufus *et al.* (2019) melaporkan bahwa ekstrak garam rumput laut *C. lentillifera* memiliki kandungan natrium tertinggi yakni 184,45 mg/g dan kandungan kalium tertinggi yakni 20,84 mg/g.

Nilai natrium (Na) dan kalium (K) pada garam rumput laut menunjukkan fluktuasi yang diduga terjadi karena distribusi natrium selama proses pencampuran atau pengolahan

Table 5 Mineral composition of *Caulerpa* sp. seaweed salt
Tabel 5 Komposisi mineral garam rumput laut *Caulerpa* sp.

Treatment	Mineral (mg/g)		
	Na	K	Na/K ratio
Control (0%)	208.16±0.47 ^a	267.74±0.48 ^a	0.78±0.00 ^a
P1 (KM 1%, C 0.2%)	222.45±0.40 ^b	273.47±0.57 ^b	0.81±0.00 ^b
P2 (KM 1.5%, C 0.5%)	237.31±0.59 ^c	291.83±0.70 ^c	0.81±0.00 ^b
P3(KM 2%, C 0.7%)	252.44±0.23 ^d	308.35±0.63 ^d	0.82±0.00 ^c

Different superscripts indicate significant differences ($p < 0.05$).

KM (cinnamon), C (clove).

tidak merata. Kondisi ini dapat dipengaruhi oleh karakteristik fisik dan kimia tepung rumput laut *Caulerpa* sp. maupun tepung kayu manis dan tepung cengkeh, seperti ukuran partikel, kemampuan menyerap, dan interaksinya dengan air. Natrium dan kalium memiliki fungsi fisiologis yang sangat penting, termasuk mengatur keseimbangan cairan tubuh, menjaga potensial membran sel, serta mendukung proses kontraksi otot. Kedua mineral ini juga sering dikaitkan dengan berbagai kondisi kesehatan, seperti tekanan darah, penyakit kardiovaskular (CVD), osteoporosis, kanker lambung, asma, batu ginjal, aritmia jantung, intoleransi glukosa, dan kelemahan otot (Whelton & He, 2014).

Rasionatriumterhadapkaliummemiliki hubungan positif dengan peningkatan tekanan darah sistolik serta risiko hipertensi. Pola makan rendah natrium dan tinggi kalium terbukti dapat menurunkan tekanan darah pada orang dewasa yang mengonsumsi obat antihipertensi (Zhang *et al.*, 2013). Rasio ideal natrium dan kalium (Na/K) adalah mendekati 1,0 (World Health Organization (WHO), 2012; Vaudin *et al.*, 2021). Berdasarkan hasil penelitian pada garam rumput laut *caulerpa* sp. dengan penambahan kayu manis dan cengkeh memperoleh nilai rasio Na//K dari 0,78 sampai 0,82. Hasil tersebut masih berada pada batas aman yang disarankan WHO yaitu mendekati 1,0. Nufus *et al.* (2019) melaporkan bahwa salah satu syarat garam fungsional yang memiliki aktivitas antihipertensi adalah memiliki kandungan kalium lebih tinggi dibandingkan kandungan natrium.

Rendemen Garam Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Rendemen merupakan salah satu parameter penting yang digunakan untuk mengevaluasi efisiensi proses produksi garam fungsional dari rumput laut. Nilai rendemen menunjukkan persentase produk akhir yang berhasil diperoleh dibandingkan dengan bahan baku yang digunakan selama proses pengolahan. Rendemen garam yang diperoleh dari garam rumput laut *Caulerpa* sp. dengan tambahan kayu manis dan cengkeh, disajikan pada Table 6.

Rendemen garam rumput laut *Caulerpa* sp. pada perlakuan kontrol (0%) memiliki perbedaan nyata dengan perlakuan 1, 2, dan perlakuan 3. Hasil rendemen perlakuan 1 dan 3 tidak berbeda nyata dan keduanya berbeda nyata dengan perlakuan 2. Hasil rendemen tertinggi diperoleh pada perlakuan 2 dengan rata-rata sebesar 37,23%, diikuti oleh perlakuan 1 yakni 36,27%, perlakuan 3 yakni 36,05%, dan yang terendah adalah kontrol yakni 30,11%. Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian Nufus *et al.* (2019) yang memperoleh rendemen garam rumput laut *C. lentillifera* antara 22,33-24,78%. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini juga berbeda dengan laporan Nomleni *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa rendemen ekstrak garam *C. lentillifera* berada pada kisaran 1,41–2,97%, dengan nilai tertinggi dihasilkan melalui metode ekstraksi menggunakan agitasi.

Perbedaan hasil tersebut diduga berkaitan dengan variasi metode ekstraksi, kondisi operasional selama proses ekstraksi,



Table 6 Yield, NaCl, and antioxidant activity of *Caulerpa* sp. seaweed
Tabel 6 Rendemen, NaCl, dan aktivitas antioksidan garam rumput laut *Caulerpa* sp.

Treatment	Yield (%)	NaCl content (%)	IC ₅₀ (µg/mL)
Control (0%)	30.11±0.00 ^a	56.19±0.80 ^d	94.78±1.30 ^a
P1 (KM 1%, C 0.2%)	36.27±0.00 ^b	59.13±1.00 ^c	88.60±0.80 ^b
P2 (KM 1.5%, C 0.5%)	37.23±0.00 ^c	62.03±1.20 ^b	49.94±0.50 ^c
P3(KM 2%, C 0.7%)	36.05±0.00 ^b	66.36±1.20 ^a	48.78±0.70 ^c

Different superscripts indicate significant differences ($p < 0.05$).

KM (cinnamon), C (clove).

serta perbedaan dasar perhitungan rendemen yang digunakan. Dengan demikian, besarnya rendemen yang diperoleh dari masing-masing penelitian tidak dapat dibandingkan secara langsung. Hal ini menunjukkan bahwa adanya perlakuan yang diberikan mampu meningkatkan jumlah hasil akhir dibandingkan dengan kontrol yang tidak diberi perlakuan tambahan. Kenaikan nilai rendemen pada perlakuan dibandingkan dengan kontrol menunjukkan bahwa proses perlakuan berpengaruh terhadap efisiensi pengeringan atau proses pengolahan bahan. Semakin tinggi nilai rendemen, maka semakin banyak bahan yang masih tersisa setelah proses pengolahan, yang mengindikasikan efisiensi proses yang lebih baik dan minim kehilangan massa selama perlakuan. Peningkatan rendemen pada perlakuan 1 hingga 3 dapat disebabkan oleh perlakuan yang mampu mempertahankan kandungan zat padat atau mengurangi kehilangan air secara berlebihan.

Kadar NaCl Garam Rumput Laut

Natrium klorida (NaCl) yang dikenal sebagai garam dapur yang merupakan kebutuhan yang sangat penting sebagai bumbu dan pengawet makanan. Pengujian NaCl yang dilakukan bertujuan untuk menentukan kadar natrium klorida pada produk garam rumput laut. Kadar NaCl dari garam rumput laut *Caulerpa* sp. dengan penambahan kayu manis dan cengkeh disajikan pada *Table 6*.

Penambahan tepung kayu manis dan tepung cengkeh dengan perlakuan yang berbeda pada proses pembuatan garam rumput laut *Caulerpa* sp. mampu memberikan

pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap kadar NaCl. Kadar NaCl pada garam rumput laut *Caulerpa* sp. mengalami peningkatan dengan meningkatnya konsentrasi penambahan kayu manis dan cengkeh pada proses pembuatan garam rumput laut. Dhaheri *et al.* (2023) menyatakan komposisi nutrisi menunjukkan bahwa rempah seperti kayu manis dan cengkeh memiliki kandungan mineral termasuk natrium, jika menambahkan sejumlah rempah kering ke produk, total NaCl bisa meningkat karena kontribusi rempah itu sendiri. Nilai kadar NaCl tertinggi diperoleh pada perlakuan 3 yaitu 66,36%, sedangkan kadar terendah diperoleh pada perlakuan kontrol yaitu 56,19%. Hasil yang diperoleh sesuai dengan Nufus *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa garam rumput *C. lentillifera* dari Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu memperoleh kadar NaCl berkisar 55,35-61,85%. Nomleni *et al.* (2022) juga melaporkan bahwa kandungan natrium-klorida (NaCl) tertinggi pada garam rumput laut *C. lentillifera* diperoleh pada perlakuan agitasi pada suhu 70°C (AA1) yakni 49,73 mg/kg. Kadar NaCl pada garam rumput laut *Caulerpa* sp. dengan perlakuan penambahan tepung kayu manis dan cengkeh pada perlakuan 2 dan perlakuan 3 lebih tinggi dibandingkan dengan peraturan yang telah ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (SNI-8208:2016) yakni kadar NaCl untuk garam diet maksimum 60% (BSN, 2016), namun kadar NaCl pada perlakuan 2 dan perlakuan 3 masih berada di bawah persyaratan dari garam konsumsi beryodium SNI 3556:2024 yakni kadar NaCl minimum 94-99,7% (BSN, 2024).

Aktivitas Antioksidan Garam Rumput Laut dengan Metode DPPH

Pengujian aktivitas antioksidan pada setiap variasi konsentrasi kayu manis (KM) dan cengkeh (C) dilakukan metode DPPH untuk memperoleh nilai IC_{50} sebagai parameter kemampuan sampel dalam radikal bebas. Nilai IC_{50} yang lebih rendah menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih kuat. *Table 6* menampilkan hasil pengukuran aktivitas antioksidan mulai dari perlakuan kontrol (K) hingga kombinasi kayu manis dan cengkeh pada berbagai tingkat konsentrasi. Data tersebut menunjukkan adanya perbedaan nyata antarperlakuan, sehingga memungkinkan untuk mengevaluasi peningkatan konsentrasi rempah terhadap potensi antioksidan sampel.

Penambahan kayu manis dan cengkeh dengan perlakuan yang berbeda pada proses pembuatan garam rumput laut *Caulerpa* sp. mampu memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap total aktivitas antioksidan (IC_{50}) garam rumput laut *Caulerpa* sp. Nilai IC_{50} pada kontrol tercatat sebesar $94,78 \pm 1,3$ $\mu\text{g/mL}$, yang menandakan bahwa aktivitas antioksidan sampel tanpa perlakuan berada pada kategori kuat. Penerapan perlakuan P1 menurunkan nilai IC_{50} menjadi $88,60 \pm 0,8$ $\mu\text{g/mL}$ (kuat), sehingga aktivitas antioksidannya meningkat dibandingkan dengan kontrol. Aktivitas tertinggi diperoleh pada perlakuan P2 dan P3, masing-masing dengan nilai $49,94 \pm 0,5$ $\mu\text{g/mL}$ dan $48,78 \pm 0,7$ $\mu\text{g/mL}$, yang keduanya termasuk dalam kategori aktivitas antioksidan sangat kuat. Molyneux (2004) melaporkan bahwa rentang $IC_{50} < 50$ $\mu\text{g/mL}$ dikategorikan sangat kuat dan 50–100 $\mu\text{g/mL}$ dikategorikan kuat. Penurunan IC_{50} yang cukup signifikan dari kontrol ke perlakuan menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi kayu manis dan cengkeh mampu meningkatkan kemampuan sampel dalam menetralkan radikal bebas.

Peningkatan aktivitas antioksidan tersebut diduga berkaitan dengan meningkatnya stabilitas serta ketersediaan senyawa bioaktif, seperti fenolik, flavonoid, dan pigmen alami yang terdapat pada rumput laut setelah perlakuan diberikan. Perlakuan

P2 dan P3 yang memiliki kadar kayu manis dan cengkeh lebih tinggi diperkirakan dapat mengoptimalkan pelepasan serta mempertahankan senyawa antioksidan dari kerusakan selama proses pengolahan. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Nurjanah *et al.* (2020b) yang melaporkan bahwa perlakuan kimia dan proses pengolahan tertentu dapat meningkatkan aktivitas antioksidan rumput laut melalui peningkatan kandungan fenolik total. Kurniasih *et al.* (2019) menyatakan bahwa nilai IC_{50} di bawah 50–60 $\mu\text{g/mL}$ tergolong sangat kuat, sehingga hasil pada perlakuan P2 dan P3 menunjukkan efektivitas antioksidan yang signifikan. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa perlakuan P2 dan P3 merupakan perlakuan paling efektif dalam meningkatkan aktivitas antioksidan bahan, dengan nilai IC_{50} kategori sangat kuat. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa kombinasi kayu manis dan cengkeh pada kisaran konsentrasi 1,5–2% efektif dalam meningkatkan kemampuan penangkapan radikal bebas serta memperbaiki kualitas antioksidan bahan hasil pengolahan.

Kadar Logam Berat Garam Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Analisis kadar logam berat garam rumput laut *Caulerpa* sp. bertujuan untuk menentukan kandungan logam berat pada garam rumput laut yang dihasilkan. Pengujian kadar logam berat dilakukan pada merkuri (Hg), timbel (Pb), arsen (As), dan kadmium (Cd). Ceamaran garam rumput laut *Caulerpa* sp. dapat dilihat pada *Table 7*.

Penambahan kayu manis dan cengkeh dengan perlakuan yang berbeda pada proses pembuatan garam rumput laut *Caulerpa* sp. mampu memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap kadar logam berat merkuri (Hg) garam rumput laut *Caulerpa* sp. dengan hasil tertinggi pada perlakuan kontrol dan terendah pada P3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kontaminasi logam berat pada garam berbahan rumput laut *Caulerpa* sp. berada pada kisaran yang sangat rendah dan masih di bawah ambang batas maksimum yang ditetapkan oleh BSN (2016), BSN (2024), dan BPOM (2022). Konsentrasi merkuri pada seluruh perlakuan (K, P1, P2,



Table 7 Heavy metal contamination of seaweed salt *Caulerpa* sp.
Tabel 7 Cemaran logam berat garam rumput laut *Caulerpa* sp.

Treatment	Mercury	Lead	Arsen	Cadmium
Control (0%)	0.029±0.00 ^c	<0.01	<0.005	<0.005
P1 (KM 1%, C 0.2%)	0.028±0.00 ^b	<0.01	<0.005	<0.005
P2 (KM 1.5%, C 0.5%)	0.028±0.00 ^{ab}	<0.01	<0.005	<0.005
P3(KM 2%, C 0.7%)	0.027±0.00 ^a	<0.01	<0.005	<0.005
Diet salt ¹	Max. 0.1	Max. 10.0	Max. 0.1	Max. 0.5
Iodised table salt ²	Max. 0.1	Max. 2.0	Max. 0.1	Max. 0.5
Processed seaweed food standards ³	0.03	0.20	1.0	0.05
Processed salt food standards ³	0.05	1.0	0.10	0.50
Processed spice and seasoning food standards ³	0.05	1.0	0.40	0.50

¹BSN (2016); ²BSN (2024); ³BPOM (2022)

dan P3) tercatat antara 0,027–0,029 mg/kg, atau sekitar seperempat dari batas maksimum 0,1 mg/kg. Kadar logam berat yang lainnya, timbel <0,01 mg/kg, arsen <0,005 mg/kg, dan kadmium (Cd) <0,005 mg/kg, memiliki hasil yang rendah dibandingkan batas maksimum yang ditetapkan pada BSN (2016), BSN (2024), dan BPOM (2022). Rendahnya konsentrasi logam berat pada garam *Caulerpa* sp. ini mengindikasikan bahwa proses penggaraman, penambahan cengkeh maupun kayu manis (KM), serta variasi perlakuan lainnya tidak memberikan peningkatan risiko kontaminasi logam berat secara signifikan.

Proses produksi garam berbasis rumput laut yang umumnya dilakukan melalui tahap pengeringan dan evaporasi air laut maupun larutan ekstrak, tidak menjamin hilangnya logam berat yang telah terakumulasi dalam biomassa. Garam yang dihasilkan dari rumput laut yang terpapar polutan berpotensi mengandung logam berat apabila bahan baku berasal dari perairan tercemar. Logam berat merupakan salah satu bahaya utama pada produk turunan rumput laut, sehingga diperlukan pemantauan dan pengaturan yang ketat (Nurjanah *et al.*, 2024). Risiko toksikologis pada manusia ditentukan oleh jenis logam, tingkat kontaminasi, frekuensi konsumsi, serta paparan kronis kadmium dan merkuri yang dapat menimbulkan gangguan fungsi ginjal dan sistem saraf. Analisis kandungan logam berat pada bahan

baku rumput laut maupun produk akhir, dan pemilihan lokasi budidaya yang bebas dari sumber pencemar penting untuk diperhatikan. Upaya yang perlu dilakukan mencakup penerapan praktik sanitasi yang baik, mulai dari penentuan lokasi penangkapan atau budidaya hingga proses pengolahan serta pengujian laboratorium secara berkala terhadap kandungan logam berat (Sarangi *et al.*, 2025).

Hedonik Garam Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Hasil uji hedonik yang digunakan untuk menilai tingkat kesukaan panelis terhadap garam rumput laut secara keseluruhan, baik dari aroma maupun rasa menunjukkan bahwa penambahan tepung kayu manis dan cengkeh pada berbagai konsentrasi memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) berdasarkan analisis menggunakan uji Friedman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa garam rumput laut tanpa penambahan kayu manis dan cengkeh (P0) memiliki tingkat kesukaan yang rendah yaitu 3,56 (netral) dan berbeda signifikan dengan perlakuan lainnya (P1, P2, dan P3). Garam rumput laut P2 memiliki nilai kesukaan yang tertinggi yakni 4,64±1,15^b (agak suka) diikuti P3 4,60±0,70^b (agak suka) dan P1 4,20±0,96^b (agak suka), dan P0 3,56±1,00^a (agak tidak suka). Hasil pengujian hedonik secara keseluruhan menunjukkan tingkat

penerimaan panelis terhadap masing-masing perlakuan. Perlakuan dengan skor hedonik tertinggi menunjukkan bahwa kombinasi atribut sensorinya lebih disukai oleh panelis. Uji hedonik mencerminkan respons kesukaan panelis terhadap keseluruhan karakteristik sensori produk. Nilai penerimaan keseluruhan memperkuat bahwa garam rumput laut *Caulerpa* sp. memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai produk pangan fungsional yang dapat diterima oleh konsumen. Sejalan dengan penelitian Pamungkas *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa penambahan rumput laut pada produk makanan harus mempertimbangkan sifat sensori yang menentukan penerimaan konsumen.

Profil Sensori RATA Garam Rumput Laut *Caulerpa* sp.

Penilaian intensitas pada setiap atribut yang dipilih memungkinkan metode *rate-all-that-apply* (RATA) menghasilkan informasi sensori yang lebih komprehensif dibandingkan metode *check-all-that-apply* (CATA). Metode RATA merupakan salah satu metode *sensory profiling* kuantitatif yang digunakan untuk mengevaluasi persepsi konsumen terhadap karakteristik suatu produk. Metode ini dikembangkan dari CATA, yang hanya bersifat kualitatif karena terbatas pada identifikasi atribut tanpa memberikan informasi mengenai tingkat intensitas masing-masing atribut. Dengan adanya penilaian intensitas pada setiap atribut yang dipilih, metode RATA mampu menghasilkan informasi sensori yang lebih komprehensif dibandingkan metode CATA (Fibrianto & Dwihindarti, 2016). Metode CATA meminta responden untuk memilih atribut sensori dari daftar yang telah disediakan menggunakan respons biner, yaitu menunjukkan apakah atribut tersebut sesuai atau tidak sesuai dengan sampel yang dinilai. Pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi atribut sensori yang dianggap relevan oleh konsumen, tanpa mengukur tingkat intensitas dari masing-masing atribut (Traill *et al.*, 2019). Dibandingkan dengan metode sensori lainnya, metode RATA memiliki keunggulan karena memberikan kesempatan

kepada panelis untuk menilai keberadaan atribut sensori sekaligus menentukan tingkat intensitasnya pada produk yang dievaluasi (Ares *et al.*, 2014). Hasil analisis profil sensori menggunakan metode RATA pada produk garam rumput laut *Caulerpa* sp. dengan penambahan tepung kayu manis dan cengkeh pada perlakuan (P0, P1, P2, dan P3) disajikan dalam bentuk diagram *spider web* pada Figure 1.

Hasil analisis profil sensori RATA terhadap garam rumput laut *Caulerpa* sp. dengan penambahan kayu manis dan cengkeh pada perlakuan (P0; P1; P2 dan P3) menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$) berdasarkan uji non-parametrik *Friedman* pada 12 atribut aroma dan 7 atribut rasa. P0 tanpa penambahan kayu manis dan cengkeh menunjukkan intensitas paling dominan pada atribut asin, mineral dan *umami*. Temuan ini sesuai dengan karakteristik alami dari *Caulerpa* sp. yang memiliki kandungan mineral tinggi dan senyawa nitrogen volatil yang bisa memberikan rasa *umami*. Milinović *et al.* (2021) melaporkan bahwa rumput laut hijau menghasilkan sensasi gurih alami akibat keberadaan asam amino bebas yaitu glutamat. Hasil yang diperoleh pada perlakuan P1, P2, dan P3 menunjukkan perbedaan intensitas pada sejumlah atribut sensori termasuk rasa pada mineral, *astringent* dan aroma pada *green/herbal*. Intensitas atribut *fishy* yang paling tinggi (4) pada P0, kemudian mengalami penurunan pada P1, dan semakin rendah (2) pada P2 serta P3. Penurunan atribut *fishy* menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan mampu mengurangi aroma amis sehingga menghasilkan profil sensori yang lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa tahapan formulasi maupun proses pengolahan berpotensi memengaruhi volatilitas senyawa aromatik yang berasal dari pigmen dan metabolit sekunder rumput laut. Hasil yang diperoleh sejalan dengan penelitian Wu *et al.* (2022) yang menjelaskan bahwa pengeringan dan perlakuan panas pada rumput laut dapat meningkatkan aroma *fishy* akibat degradasi lipid dan pembentukan *trimetilamina* (TMA).

Atribut rasa P0 menunjukkan intensitas *sour* dan *astringen* yang relatif lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

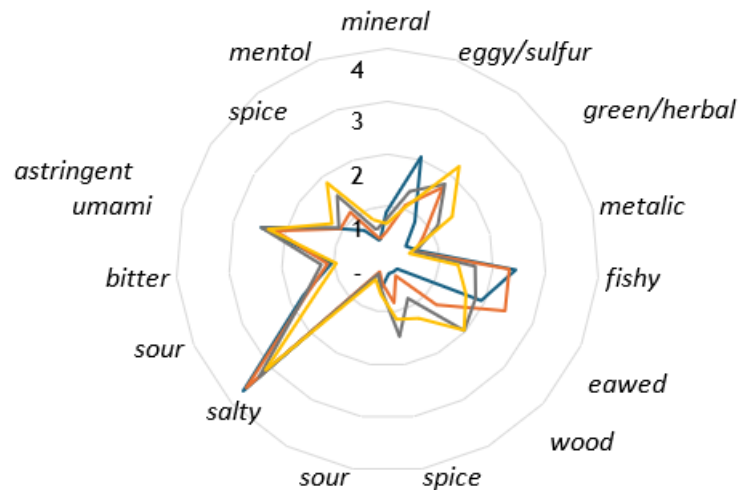


Figure 1 Rate-all-that-apply (RATA) sensory profile of *Caulerpa* sp. seaweed salt with the addition of cinnamon and cloves (—=0%; —=1% cinnamon and 0.2% cloves; —=1.5% cinnamon and 0.5% cloves; —=2% cinnamon and 0.7% cloves).

Gambar 1 Hasil profil sensori *rate-all-that-apply* (RATA) garam rumput laut *Caulerpa* sp. dengan penambahan kayu manis dan cengkeh (—=0%; —=kayu manis 1% cengkeh 0,2%; —=kayu manis 1,5% cengkeh 0,5%; —=kayu manis 2% cengkeh 0,7%).

Intensitas astringen diduga berkaitan dengan keberadaan senyawa fenolik yang diketahui dapat berinteraksi dengan protein saliva sehingga menimbulkan sensasi sepat (astringen). Sementara itu, persepsi rasa *sour* lebih dipengaruhi oleh konsentrasi asam dan nilai pH dibandingkan kandungan senyawa fenolik. Oleh karena itu, peningkatan intensitas atribut *sour* pada P0 kemungkinan tidak hanya dipengaruhi oleh perubahan kandungan fenolik, tetapi juga oleh perubahan komponen kimia lain, seperti asam organik, selama proses pengolahan. Temuan ini sejalan dengan Sinurat & Suryaningrum (2019) yang menyatakan bahwa pengolahan rumput laut dapat memodifikasi komposisi senyawa fenolik dan karakteristik sensorinya. Perlakuan P3 menunjukkan profil sensori yang lebih seimbang, ditandai oleh intensitas sedang (3) pada atribut asin, umami, dan mineral. Hasil ini mengindikasikan bahwa formulasi pada perlakuan tersebut mampu menghasilkan karakteristik sensori yang lebih stabil serta tidak menimbulkan peningkatan intensitas yang ekstrem pada atribut tertentu. Sinurat *et al.* (2023) melaporkan bahwa keseimbangan antara komponen mineral, glutamat alami, serta senyawa volatil pada

rumpun laut mampu membentuk profil sensori yang lebih harmonis, terutama apabila proses pengolahannya dilakukan secara optimal sehingga tidak menimbulkan degradasi terhadap komponen bioaktif.

Grafik biplot *principal component analysis* (PCA) merupakan salah satu metode visualisasi yang digunakan untuk menyajikan hasil analisis profil sensori garam rumput laut *Caulerpa* sp. yang dievaluasi menggunakan metode RATA. PCA secara umum banyak digunakan dalam analisis sensori untuk mengidentifikasi karakteristik produk, membandingkan sampel, melakukan pengelompokan, serta membedakan profil sensori berbagai produk pangan berdasarkan hasil penilaian sensori dengan pendekatan RATA (Belgis *et al.*, 2023). Hubungan atau korelasi antar 19 atribut sensori yang terdiri atas 12 atribut aroma dan 7 atribut rasa berdasarkan penilaian panelis divisualisasikan melalui grafik biplot PCA, sebagaimana ditunjukkan pada *Figure 2*.

Grafik biplot PCA menunjukkan bahwa 88,26% variasi data yang dapat dijelaskan oleh dua faktor yakni F1 (67,75%) dan F2 (20,50%). Grafik PCA yang baik yakni mampu menjelaskan setidaknya 70% dari variasi data

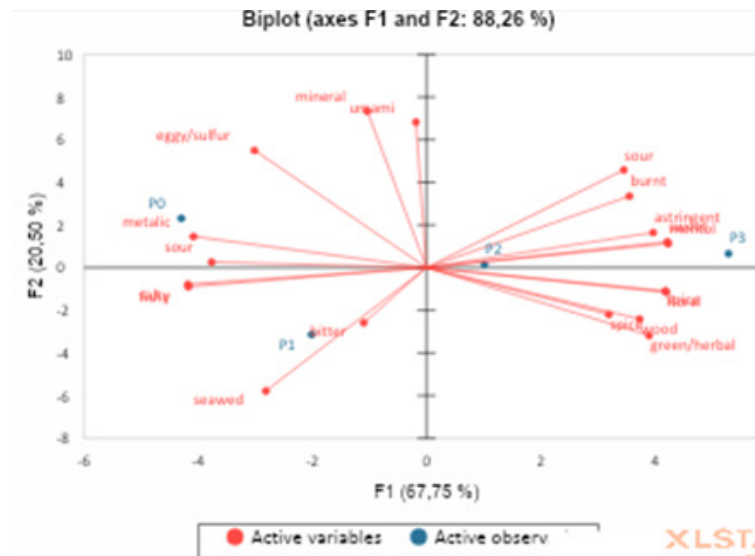


Figure 2 PCA biplot graph (88,26%) of the sensory attributes of *Caulerpa* sp. seaweed salt with the addition of cinnamon and cloves (P0=0%; P1=1% cinnamon and 0.2% cloves; P2=1.5% cinnamon and 0.5% cloves; P3=2% cinnamon and 0.7% cloves).

Gambar 2 Grafik biplot PCA (88,26%) atribut sensori pada garam rumput laut *Caulerpa* sp. dengan penambahan kayu manis dan cengkeh (P0=0%; P1=kayu manis 1% cengkeh 0,2%; P2=kayu manis 1,5% cengkeh 0,5%; P3=kayu manis 2% cengkeh 0,7%).

(Jolliffe & Cadima, 2016). Berdasarkan grafik PCA, garam rumput laut dengan penambahan tepung kayu manis dan cengkeh pada perlakuan (P2 dan P3) berada pada kuadran yang sama yakni kuadran I sedangkan untuk garam rumput laut P0 terletak pada kuadran II dan garam rumput laut P1 terletak pada kuadran III. Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing sampel memiliki profil sensori yang cukup berbeda-beda.

Distribusi serta hubungan antaratribut dalam suatu sampel, baik yang menunjukkan korelasi positif maupun negatif, umumnya divisualisasikan melalui pola sebaran titik pada grafik *principal component analysis* (PCA). Korelasi positif terjadi apabila peningkatan atau penurunan pada satu atribut diikuti oleh perubahan yang searah pada atribut lainnya. Kondisi ini ditunjukkan oleh kedekatan posisi antar titik atribut, pembentukan sudut kurang dari 90° terhadap titik pusat, atau keberadaan atribut dalam kuadran yang sama. Sebaliknya, korelasi negatif ditandai oleh posisi atribut yang saling berjauhan, pembentukan sudut lebih dari 90° terhadap titik pusat, atau letak atribut yang berada pada kuadran yang berbeda (Dewi *et al.*, 2021).

Berdasarkan hasil analisis biplot, P0 berada pada sisi negatif sumbu F1 dan sedikit berada pada sisi positif sumbu F2. Posisi tersebut menunjukkan bahwa P0 memiliki korelasi positif yang lebih kuat terhadap atribut *metallic*, serta masih berada dalam area yang dipengaruhi oleh atribut *eggy/sulfur*, *mineral*, dan *umami*, meskipun hubungan dengan atribut *metallic* tampak lebih dominan dibandingkan atribut lainnya. Selain itu, posisi P0 yang relatif berdekatan dengan atribut *salty* mengindikasikan bahwa karakteristik rasa asin masih menjadi salah satu karakteristik yang cukup menonjol pada perlakuan kontrol. Sebaliknya, P0 berada pada arah yang berlawanan dengan atribut *green/herbal*, *wood*, *spice*, *sweet*, dan *typical*, yang menunjukkan bahwa atribut-atribut tersebut belum berkembang secara optimal pada perlakuan ini. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa perlakuan P0 masih didominasi oleh karakteristik alami bahan baku, yang ditandai dengan aroma *mineral*, *sulfur*, dan sedikit *metallic*. Perlakuan P1 berada pada kuadran kiri bawah, yaitu pada sisi negatif sumbu F1 dan sumbu F2. Posisi ini menunjukkan adanya korelasi positif yang kuat dengan atribut



seaweed dan *bitter*, serta masih memiliki kedekatan dengan atribut *salty*.

Di sisi lain, P1 berada pada arah yang berlawanan dengan atribut *sweet*, *wood*, *green/herbal*, *spice*, dan *typical*, sehingga menunjukkan bahwa atribut-atribut tersebut belum berkembang secara nyata pada perlakuan ini. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa penambahan kayu manis dan cengkeh pada konsentrasi rendah mulai menggeser profil sensori dari karakteristik mineral menuju karakteristik rumput laut yang lebih menonjol. Perlakuan P2 bergeser ke sisi positif sumbu F1 dan berada relatif dekat dengan titik pusat koordinat. Posisi tersebut menunjukkan bahwa profil sensori P2 mulai dipengaruhi oleh atribut *sour*, *burnt*, dan sebagian astringen. Namun, karena letaknya masih berada di sekitar pusat biplot, pengaruh ketiga atribut tersebut belum menunjukkan dominasi yang kuat, P2 dapat diinterpretasikan sebagai fase transisi dari karakteristik sensori perlakuan awal menuju profil sensori yang lebih dipengaruhi oleh penambahan rempah pada konsentrasi yang lebih tinggi. Perlakuan P3 terletak paling jauh pada sisi positif sumbu F1, yang menunjukkan bahwa perlakuan ini memiliki karakter sensori yang paling berbeda dibandingkan perlakuan lainnya, khususnya P0 dan P1. Posisi tersebut memperlihatkan korelasi positif yang kuat dengan atribut astringen, *sour*, *burnt*, *green/herbal*, *wood*, *spice*, *sweet*, dan *typical*. P3 berada pada arah yang berlawanan dengan atribut *metallic*, *eggy/sulfur*, *mineral*, dan *seaweed*, yang menunjukkan bahwa intensitas karakteristik-karakteristik tersebut semakin menurun seiring dengan penambahan kayu manis dan cengkeh. Hasil ini mengindikasikan bahwa perlakuan P3 menghasilkan profil sensori yang paling khas dan paling berbeda dibandingkan perlakuan lainnya, dengan dominasi karakteristik rempah, herbal, dan kayu yang lebih kuat serta berkurangnya karakteristik sensori yang berasal dari bahan baku. Atribut *spice* dan *green* pada produk rumput laut umumnya dikaitkan dengan keberadaan metabolit sekunder, termasuk senyawa fenolik dan terpenoid, yang dapat terbentuk atau mengalami peningkatan konsentrasi selama proses pengolahan (Rajauria *et al.*, 2010).

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa panelis cenderung memberikan tingkat kesukaan yang lebih tinggi terhadap kombinasi atribut sensori yang menjadi karakteristik perlakuan P3, yaitu *green/herbal*, *spice*, *wood*, *sweet*, dan *typical*. Sebaliknya, atribut *metallic*, *eggy/sulfur*, dan *mineral* yang lebih dominan pada perlakuan P0 menunjukkan tingkat preferensi yang lebih rendah. Temuan ini mengindikasikan bahwa penambahan kayu manis dan cengkeh mampu membentuk profil sensori yang lebih disukai melalui peningkatan karakteristik rempah, herbal, dan rasa manis, sekaligus mengurangi dominasi karakteristik alami bahan baku yang kurang diminati oleh panelis.

Biplot PCA secara keseluruhan menunjukkan bahwa sebagian besar variasi persepsi panelis dapat dijelaskan oleh dua komponen utama, sehingga perbedaan karakteristik sensori antarperlakuan dapat divisualisasikan dengan jelas. Posisi P0, P1, P2, dan P3 yang tersebar pada kuadran yang berbeda mengindikasikan bahwa panelis mampu membedakan profil sensori masing-masing perlakuan secara konsisten. Perlakuan P3 dicirikan oleh atribut *green/herbal*, *wood*, *spice*, *sweet*, dan *typical*, sedangkan P0 lebih dikaitkan dengan atribut *metallic*, *eggy/sulfur*, *mineral*, dan *umami*. Sementara itu, P1 didominasi oleh karakteristik *seaweed* dan *bitter*, sedangkan P2 menunjukkan profil sensori transisi dengan intensitas atribut yang relatif moderat. Temuan ini menunjukkan bahwa penambahan kayu manis dan cengkeh memberikan perubahan profil sensori yang nyata dan dapat dikenali dengan baik oleh panelis, sejalan dengan (Byeon *et al.*, 2023; Kim *et al.*, 2023) pada studi sensori berbasis rumput laut dan produk fermentasi.

KESIMPULAN

Formulasi garam rumput laut *Caulerpa* sp. dengan penambahan kayu manis 2% dan cengkeh 0,7% (P3) merupakan formula terbaik berdasarkan karakteristik fisikokimia dan profil sensori. Perlakuan P3 menghasilkan rendemen tertinggi, aktivitas antioksidan yang sangat kuat, rasio Na/K yang mendekati 1 sesuai yang direkomendasikan WHO, serta menghasilkan atribut aroma dan rasa yang

lebih seimbang, mengurangi aroma *fishy* (amis), dan memperoleh tingkat penerimaan (kesukaan) konsumen tertinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI), Pusat Pembiayaan dan Asesmen Pendidikan Tinggi (PPAPT) dan Lembaga Pengelolaan Dana Pendidikan Tinggi (LPDP) atas dukungan pendanaan pendidikan yang diberikan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, D. R., Tjiptoputri, O. M., & Lince, L. (2020). Profil Sensori sediaan pemanis dengan metode *rate-all-that-apply* (RATA). *Jurnal Mutu Pangan: Indonesian Journal of Food Quality*, 7(1), 38-45. <https://doi.org/10.29244/jmpi.2020.7.1.38>.
- Anggraini, D. I., Sukirno, & Wulansari, A. D. (2014). Antidotum logam timbel (Pb) secara *in vitro* dengan seduhan air teh hijau. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 6(2), 105-108.
- Anggriany, N., Noer, E. R., Margawati, A., Pramono, A., & Anjani, G. (2024). Peran senyawa bioaktif rumput laut terhadap respon glukosa darah pada individu obesitas: literatur review. *Journal of Nutrition College*, 13(3), 23-246. <https://doi.org/10.14710/jnc.v13i3.42821>
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. (2019). Official methods of analysis of the association of AOAC international. AOAC International.
- Ares, G., Bruzzone, F., Vidal, L., Cadena, R. S., Giménez, A., Pineau, B., & Jaeger, S. R. (2014). Evaluation of a rating-based variant of check-all-that-apply questions: rate-all-that-apply (RATA). *Food quality and preference*, 36, 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.03.006>.
- 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 timbel pada air, sedimen, dan rumput laut *Sargassum* sp. di Perairan Jepara, Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(2), 155-166. <https://doi.org/10.14710/jkt.v21i2.3010>
- Belgis, M., Arifin, T. Z., Prameswari, D., Taruna, I., Choiron, M., Witono, Y., & Masahid, A. D. (2023). Sensory profile on robusta coffee by rate-all-that-apply (RATA). *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)*, 39(1), 32-42. <https://doi.org/10.22302/iccir.jur.pelitaperkebunan.v39i1.546>.
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2022). Persyaratan cemaran logam berat dalam pangan olahan. Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2015a). SNI-2354-2-2015. Penentuan kadar air produk perikanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2015b). SNI-2690:2015. Rumput laut kering. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standar Nasional Indonesia. (2016). SNI-8208:2016. Garam diet. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2018). SNI-2690:2018. Rumput laut kering. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2024). SNI-3556:2024. Garam konsumsi beriodium. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Byeon, Y. S., Heo, J., Park, K., Chin, Y. W., Hong, S. P., Lim, S. D., & Kim, S. S. (2023). Consumer preference of traditional korean soy sauce (ganjang) and its relationship with sensory attributes and physicochemical properties. *Foods*, 12(12), 2361. <https://doi.org/10.3390/foods12122361>.
- Charoensiddhi, S., Abraham, R. E., Su, P., & Zhang, W. (2020). Seaweed and seaweed-derived metabolites as prebiotics. *Advances in food and nutrition research*, 91, 97-156. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.10.001>.
- Dewi, N. M. I. K., Suparthana, I. P., & Pratiwi, I. D. P. K. (2021). Evaluasi profil sensori abon ikan jenis pelagis besar



- menggunakan metode rate-all-that-apply (RATA). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 10(3), 324-336. <https://doi.org/10.24843/itepa.2021.v10.i03.p01>
- Dewinta, A. F., Susanti, A., & Susetya, I. E. (2024). The Effect of seaweed (*Eucheuma cottonii*) extract and duration of soaking on reduction of copper (Cu) level in freshwater mussel (*Pilsbryoconcha exilis*) [Conference session]. 7th International Conference on Agriculture, Environment, and Food Security. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1302/1/012063>.
- Dhaheeri A. S. A., Alkhatib, D. H., Jaleel, A., Tariq, M. N. M., Feehan, J., Apostolopoulos, V., & Stojanovska, L. (2023). Proximate composition and mineral content of spices increasingly employed in the mediterranean diet. *Journal of Nutritional Science*, 18(12), e79. <https://doi.org/10.1017/jns.2023.52>.
- Diachanty, S., Nurjanah, & Abdullah, A. (2017). Aktivitas antioksidan berbagai jenis rumput laut coklat dari Perairan Kepulauan Seribu. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), 305-318. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.18013>
- Drake, S. L., & Drake, M. A. (2010). Comparison of salty taste and time intensity of sea and land salts from around the world. *Journal of Sensory Studies*, 26(1), 25-34. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2010.00317.x>.
- Fibrianto, K., & Dwihindarti, M. (2016). Profiling atribut jamu kunyit asam dan jamu sinom dengan metode rata (*rate-all-that-apply*) pada beberapa kota di Jawa Timur. *Jurnal Teknologi Pangan*, 10(1), 15-22. <https://doi.org/10.33005/jtp.v10i1.693>
- Gaillande, C., Payri, C., Remoissenet, G., & Zubia, M. (2017). *Caulerpa* consumption, nutritional value and farming in the Indo-Pacific region. *Journal of Applied Phycology*, 29(5), 2249-2266. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0912-6>
- Gong, J., Wang, X., Ni, H., & Wang, Y. (2024). The volatile compounds change during fermentation of *Saccharina japonica* seedling. *Foods*, 13(13), 1992. <https://doi.org/10.3390/foods13131992>.
- Gopal, R. K., Ganesh, P. S., & Pathoor, N. N. (2025). Prebiotic dietary fibre from marine seaweed: a potential treatment strategy for type 2 diabetes. *Algal Research*, 92, 104368. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2025.104368>.
- Heatubun, A. (2022). Effect of addition cinnamon (*Cinnamomum verum*) levels of moisture content, ash content, and protein content of sea grape instant drink (*Caulerpa* sp). *Journal of Tropical Upland Resources*, 4(2), 82-89. <https://doi.org/10.23960/jtur.vol4no2.2022.147>
- Hidayat, T., Nurjanah, Jacob, A. M., & Putera, B. A. (2020). Aktivitas antioksidan *Caulerpa* sp. segar dan rebus. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(3), 566-575. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i3.33869>
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical transactions of the royal society a: mathematical. Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 1-16. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>.
- Jumsurizal, A. F. I., Anggi, & Astika. (2021). Karakteristik kimia rumput laut hijau (*Caulerpa Racemosa* & *Caulerpa Taxifolia*) dari Laut Natuna, Kepulauan Riau, Indonesia. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 6(1), 19-24. <https://doi.org/10.24198/jaki.v6i1.30008>.
- Kim, D., Kwak, H., Lim, M., & Lee, Y. (2023). Comparison of check-all-that-apply (CATA), rate-all-that-apply (RATA), flash profile, free listing, and conventional descriptive analysis for the sensory profiling of sweet pumpkin porridge. *Foods*, 12(19), 3556. <https://doi.org/10.3390/foods12193556>.
- Kurniasih, E. M, Fakriah, Adriana, & Rusydi. (2019). Sosialisasi bahaya radikal bebas dan fungsi antioksidan alami bagi kesehatan. *Jurnal Vokasi*, 3(1), 1-7, <https://doi.org/10.30811/Vokasi.V3i1.960>.
- Kurniawan, R., Nurjanah, Jacob, A. M.,

- Abdullah, A., & Pertiwi, R. M. (2019). Karakteristik garam fungsional dari rumput laut hijau *Ulva lactuca*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(3), 573-580.
- Mahendradatta, & Adiansyah. (2008). The use of extract and powder of clove and cinnamon to minimize histamine content in short-bodied mackerel (*Rastrelliger neglectus*). *Jurnal Perikanan (J. Fish. Sci.)*, 10(1), 110-119. <https://doi.org/10.22146/jfs.8938>
- Mashlahah, N., & Nurhayati, H. (2023). Kandungan senyawa bioaktif dan kegunaan tanaman kayu manis (*Cinnamomum burmannii*). *Warta BSIP Perkebunan*, 1(3), 5-7.
- Milinic, J., Mata, P., Diniz, M., & Noronha, J. P. (2021). Umami taste in edible seaweeds: the current comprehension and perception. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 23(100301). <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100301>.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(2), 211-219.
- Nagappan, T., & Vairappan, C. S. (2014). Nutritional and bioactive properties of three edible species of green algae, *Caulerpa* (Caulerpaceae). *Journal of Applied Phycology*, 26(2), 1019-1027.
- Nomleni, E. R., Henggu, K. U., & Meiyasa, F. (2022). Ekstraksi garam dari rumput laut *Lentilifera* dengan kombinasi perlakuan agitasi dan non agitasi pada suhu yang berbeda. *Journal of Marine Research*, 11(4), 609-619, <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i4.35084>.
- Nufus, C., Abdullah, A., & Nurjanah. (2019). Characteristics of green seaweed salt as alternative salt for hypertensive patients [Conference session]. The 3rd EMBRIO International Workshop on Marine Biodiversity: Understanding, Utilization, Conservation 9–10 October 2018, Bogor, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/278/1/012050>
- 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/10.17844/jphpi.v20i3.19819>
- 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, Jacob, A. M., Ramlan, & Abdullah, A. (2020a). Penambahan genjer (*Limncharis 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, Abdullah, A., Darusman, H. S., Diaresty, J. V. G., & Seulalae, A. V. (2021). 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, N., Abdullah, A., & Diachanty, S. (2020b). Characteristics of *Turbinaria conoides* and *Padina minor* as raw materials for healthy seaweed salt. *Pharmacognosy Journal*, 12(3), 624-629. <https://doi.org/10.5530/pj.2020.12.93>.
- Nurjanah, Abdullah, A., Rahmadhani, A., & Seulalae, A. V. (2022). 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, 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 [Conference session]. 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. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202414701029>
- Nurjanah, Ramlan, Jacob, A. M., & Seulalae, A. V. (2023). 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>.
- Pamungkas, A., Sedayu, B. B., Hakim, A. R., Wullandari, P., Fauzi, A., & Novianto, T. D. (2023). Perkembangan penelitian aplikasi rumput laut sebagai bahan pangan di Indonesia: tinjauan literatur. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 17(3), 557-570. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v17i3.16484>.
- Pangestuti, R., Rahmadi, P., Siahaan, E. A., Nisa, K., Poeloengasih, C. D., Kurnianto, D., & Lideman. (2025). “Sea grape”-based traditional foods in Indonesia: a glimpse into the tropical coastal culinary heritage. *J. Ethn. Food*, 12(20), 1-20. <https://doi.org/10.1186/s42779-025-00281-7>.
- Praveen, M. A., Parvathy, K. R. K., Balasubramanian, P., & Jayabalan, R. (2019). An overview of extraction and purification techniques of seaweed dietary fibers for immunomodulation on gut microbiota. *Trends in Food Science & Technology*, 92, 46-64. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.011>.
- Rajauria, G., Jaiswal, A. K., Ghannam, N. A., & Gupta, S. (2010). Effect of hydrothermal processing on colour, antioxidant and free radical scavenging capacities of edible Irish brown seaweeds. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(12), 2485-2493. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02449.x>.
- Ramlan. (2024). Perbaikan karakteristik fisik, kimiaai, fungsional, dan sensori garam fungsional berbasis rumput laut cokelat *Sargassum polycystum*. [Tesis]. Institut Pertanian Bogor.
- 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/jphpi.v27i11.59103>
- 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>.
- Sanjaya, Y. A. (2017). Potensi senyawa bioaktif antioksidan dan komposisi kimia rumput laut hijau *caulerpa racemosa* segar, semi-kering, dan kering. [Disertasi]. Universitas Brawijaya.
- Sarangi, N. V., Rajkumar, R., Kumar, N. S., Arunkumar, P., Alromae, A., AlReshaidan, S. B., & Al-Fatesh, A. S. (2025). Seaweed biosorption: a green solution for heavy metal remediation in aquatic and soil environments. *Desalination and Water Treatment*, 321(101036). <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2025.101036>.
- Sarvika, D., Jamaluddin, J., & Sukainah, A. (2024). Pemanfaatan anggur laut (*Caulerpa racemosa*) sebagai minuman fungsional dengan penambahan kayu manis. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 10(2), 195-204. <https://doi.org/10.26858/jptp.v10i2.1294>.
- Seulalae, A. V., Prangdimurti, E., Adawiyah, D. R., & Nurjanah. (2025). Aktivitas penghambatan *angiotensin converting enzyme* garam rumput laut *Sargassum polycystum* dan *Ulva lactuca*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(8), 677-694. <https://doi.org/10.17844/hxf01s26>
- Sinunurat, E., & Suryaningrum, T. D. (2019). Aktivitas antioksidan dan sifat sensori the rumput laut *Sargassum* sp. berdasarkan variasi lama perendaman. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(3), 581-588. <https://doi.org/10.17844/hxf01s26>

- org/10.17844/jphpi.v22i3.29228
- Sinurat, E., Sihono, S., Fateha, F., Supriyanto, A., Suryaningrum, T. D., Nurhayati, N., & Fransiska, D. (2023). Proximate composition, sensory evaluation, physical properties, mineral content and amino acid profile of nori-like product from *Ulva lactuca* and *Gracilaria*. *Research Square*, 1-28. <https://doi.org/10.21203/RS.3.RS3451985/V1>.
- Suparmi, Dewita, Desmelati, & Hidayat, T. (2021). Study of the making of hydrolizate protein powder of rebon shrimp as a food nutrition enhancement ingredient. *Pharmacognosy Journal*, 13(5), 1180-1185. <http://dx.doi.org/10.5530/pj.2021.13.151>
- Syahrul, D., Hidayat, T., & Sukmiwati, M. (2020). Blending of *Chorella* patin and microalga fish oil as an associated *Chorella* as potential health food, *Pharmacognosy*, 12(6), 1346-1350. <https://doi.org/10.5530/pj.2020.12.185>
- Tanna, B., & Mishra, A. (2018). Metabolites unravel nutraceutical potential of edible seaweeds: an emerging source of functional food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(6), 1613-1624. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12396>
- Tapotubun, A. M. (2018). Komposisi kimia rumput laut *Caulerpa lentillifera* 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>
- Traill, R. M., Luckman, M. S., Fisk, N. A., & Peng, M. (2019). Application of the rate-all-that-apply (RATA) method to differentiate the visual appearance of milk powders using trained sensory panels. *International Dairy Journal*, 97, 230-237. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.05.013>.
- Vaudin, A., Wambogo, E., Moshfegh, A. J., & Sahyoun, N. R. (2021). 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*, 122(1), 64-77. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2021.06.012>.
- Wen, Y. X., Chen, L. Y., Li, B. S., Ruan, Z., & Pan, Q. (2020). Effect of infrared radiation-hot air (IR-HA) drying on kinetics and quality changes of star anise (*Illicium verum*). *Drying Technology*, 39(1), 90-103. <https://doi.org/10.1080/07373937>.
- Whelton, P. K., & He, J. (2014). Health effects of sodium and potassium in humans. *Current Opinion in Lipidology*, 25(1), 75-79. <https://doi.org/10.1097/MOL.0000000000000033>.
- Wu, T., Wang, M., Wang, P., Tian, H., & Zhan, P. (2022). Advances in the Formation and control methods of undesirable flavors in fish. *Foods*, 11(16), 1-20. <https://doi.org/10.3390/foods11162504>.
- Zhang, Z., Cogswell, M. E., Gillespie, C., Fang, J., Loustalot, F., Dai, S., Carriquiry, A. L., Kuklina, E. V., Hong, Y., Merritt, R., & Yang Q. (2013). Association between usual sodium and potassium intake and blood pressure and hypertension among U.S. adults: NHANES 2005-2010. *PLoS One*, 10;8(10), e75289. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075289>.