



Identifikasi kandungan anggur laut (*Caulerpa racemosa*) menggunakan spektrometer Fluoresensi Sinar-X (XRF)

Identification of sea grape (*Caulerpa racemosa*) content using X-Ray Fluorescence (XRF) spectrometer

Dewi Susilawati¹, Fendi^{1,2}✉, Rochmady^{1,2,3}, Abdul Rakhfid^{1,4}, Mosriula¹

¹ Program Studi Budidaya Perairan, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Wuna Raha, Jl. Letjend Gatot Subroto Km.7 Lasalepa, Muna, Sulawesi Tenggara 93645, Indonesia

² Pusat Studi Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Wuna Raha, Jl. Letjend Gatot Subroto Km.7 Lasalepa, Muna, Sulawesi Tenggara 93645, Indonesia

³ Coastal and Isle Research Group, Coastal and Small Island Studies Centre (CSISC), Jl. Haluoleo No.10, Anduonohu, Poasia, Kendari City, South East Sulawesi 93232, Indonesia

⁴ Dinas Kelautan dan Perikanan, Sidodadi, Kec. Batalaiworu, Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara 93614, Indonesia

Article Info:

Diterima: 27 Maret 2025

Direvisi: -

Disetujui: 25 Juli 2025

Dipublikasi: 28 Juli 2025

Keywords:

Food; Industry; Mineral; Sea grape (*Caulerpa racemosa*); Spectrometer

ABSTRAK. Rumput laut berpotensi sebagai pangan fungsional atau suplemen, karena padat nutrisi dan merupakan sumber pangan serta obat-obatan karena kaya akan mineral, vitamin, dan antioksidan. Di Indonesia, rumput laut dimanfaatkan secara luas karena sifat-sifatnya yang menguntungkan untuk berbagai industri, termasuk pertanian, peternakan, farmasi, kimia, dan obat-obatan. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan komponen spesifik dari anggur laut (*Caulerpa racemosa*), yang banyak terdapat di perairan Desa Lohia, Kecamatan Lohia, Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara. Komposisi anggur laut (*Caulerpa racemosa*) dianalisis menggunakan Spektrometer Fluoresensi Sinar-X (XRF) karena kemampuannya untuk mendeteksi hampir semua mineral dalam satu pengukuran. Temuan penelitian menunjukkan bahwa anggur laut (*Caulerpa racemosa*) di stasiun 1, 2, dan 3 mengandung Klorin (Cl), Kalsium (Ca), Kalium (K), dan Bromin (Br), beserta beberapa elemen jejak termasuk Besi (Fe), Fosfor (P), Stronsium (Sr), Silikon (Si), dan Titanium (Ti) dalam jumlah yang sedikit. Di stasiun 4, 5, dan 6, anggur laut (*Caulerpa racemosa*) dominan mengandung Klorin (Cl), Kalium (K), dan Magnesium (Mg), sedangkan Kalsium (Ca) dan Bromin (Br) terdapat dalam jumlah yang lebih sedikit. Meskipun anggur laut (*Caulerpa racemosa*) memiliki manfaat yang cukup besar bagi manusia, kehati-hatian tetap diperlukan dalam penggunaannya. Anggur laut (*Caulerpa racemosa*) memiliki kemampuan untuk menyerap mineral dan mengakumulasi logam berat secara biologis dari air laut, sehingga menghasilkan keberadaan elemen jejak.

Korespondensi:

Fendi

Program Studi Budidaya Perairan, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Wuna Raha, Jl. Letjend Gatot Subroto Km.7 Lasalepa, Muna, Sulawesi Tenggara 93645, Indonesia

Pusat Studi Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Wuna Raha, Jl. Letjend Gatot Subroto Km.7 Lasalepa, Muna, Sulawesi Tenggara 93645, Indonesia

✉ fenstip@gmail.com

ABSTRACT. Seaweed possesses the potential to serve as a functional food or supplement, being nutrient-dense and a source of food and medicine due to its abundance of minerals, vitamins, and antioxidants. In Indonesia, seaweed is extensively utilized due to its advantageous properties for multiple industries, including agriculture, animal husbandry, pharmaceuticals, chemicals, and medicine. This study seeks to discover a specific component of sea grape (*Caulerpa racemosa*), which is prevalent in the waters of Lohia Village, Lohia District, Muna Regency, Southeast Sulawesi. The composition of sea grape (*Caulerpa racemosa*) was analyzed utilizing an X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF) due to its capacity to detect nearly all minerals in a single measurement. The study's findings indicated that sea grapes (*Caulerpa racemosa*) at stations 1, 2, and 3 contained Chlorine (Cl), Calcium (Ca), Potassium (K), and Bromine (Br), along with several trace elements including Iron (Fe), Phosphorus (P), Strontium (Sr), Silicon (Si), and Titanium (Ti) in minor quantities. At stations 4, 5, and 6, sea grapes (*Caulerpa racemosa*) predominantly exhibited Chlorine (Cl), Potassium (K), and Magnesium (Mg), whereas Calcium (Ca) and Bromine (Br) were present in lesser quantities. Despite the considerable benefits of sea grapes (*Caulerpa racemosa*) for humans, caution is imperative in their use. Sea grapes (*Caulerpa racemosa*) possess the capacity to absorb minerals and bioaccumulate heavy metals from seawater, resulting in the presence of trace elements.

Copyright© Juli 2025, Dewi Susilawati, Fendi, Rochmady, Abdul Rakhfid, Mosriula
Under License a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

1. Pendahuluan

Pertumbuhan populasi mengharuskan identifikasi sumber protein, serat, dan mineral baru untuk menopang populasi di masa

mendatang dan mengatasi kerawanan pangan. Alga laut telah diusulkan sebagai sumber pangan yang inovatif dan berkelanjutan (Magdugo *et al.*, 2020). Rumput laut sebagai salah satu komoditas memiliki potensi sebagai pangan fungsional atau suplemen yang

kaya akan nutrisi (Sanger *et al.*, 2018), sumber pangan dan obat-obatan (Merdekawati & Susanto, 2009). Selain dianggap sebagai makanan padat nutrisi, rumput laut mengandung banyak mineral, vitamin (A, B₁, B₂, B₉, B₁₂, C, D, E, dan K), mineral penting (kalsium, zat besi, yodium, magnesium, fosfor, kalium, seng, tembaga, mangan, selenium, dan fluorida), serat makanan, protein, asam amino esensial, dan polifenol, yang memiliki sifat antioksidan dan anti-inflamasi (Lomartire *et al.*, 2021). Salah satu jenis rumput laut yakni anggur laut (*Caulerpa racemosa*) yang umumnya dikonsumsi manusia potensial sebagai sumber antioksidan. Biasanya dikonsumsi mentah dalam salad atau disiapkan melalui pemasakan (Yangthong, 2009; Yoga & Komalasari, 2022).

Anggur laut dikenal dengan sebutan Latoh (Jawa, Jepang), Bulung Boni (Bali), Lawi-Lawi (Sulawesi, Sulawesi Selatan), dan Umi Budo (Jepang) (Yudasmara, 2015; Kasmia *et al.*, 2022). Rumput laut banyak dimanfaatkan di Indonesia karena kandungannya sangat bermanfaat dibidang pertanian, peternakan, farmasi dan kedokteran, kimia, obat-obatan, dan industri lainnya. Disisi lain, masyarakat Jepang diketahui telah mengonsumsi berbagai olahan rumput laut seperti kombu, wakame, nori, mozuku, kanten dan hijiki (Dewi, 2012). Analisis kandungan mineral yang terdapat pada bahan organik dapat dilakukan dengan menggunakan Spektrometer Fluoresensi Sinar-X (XRF). Penggunaan XRF memiliki banyak keuntungan, seperti kemampuan untuk menentukan hampir semua mineral dalam satu pengukuran. Analisis XRF juga merupakan teknik yang banyak digunakan untuk kuantifikasi unsur utama dan unsur renik material (Potts & Webb, 1992). Penggunaan XRF yang telah dilaporkan diantaranya untuk menganalisis kandungan mineral daun kelor (*Moringa oleifera* Lamk.) (Manggara & Shofi, 2018), memeriksa elemen jejak pada sampel makroalga laut kering (*Fucus serratus*, *Palmaria palmata*, dan *Ulva lactuca*) (Bull *et al.*, 2017), mengukur kalsium, kalium, dan fosfor dalam rumput laut hijau, merah, dan cokelat yang dapat dimakan dari pesisir Portugis dengan menggunakan spektrum Fluoresensi Sinar-X Dispersif Energi (ED-XRF) (Milinovic *et al.*, 2022), dan menentukan langsung komposisi mineral Ca, K, dan Mg dalam makroalga laut (Brito *et al.*, 2017).

Perairan di Desa Lohia Kecamatan Lohia, merupakan salah satu lokasi yang banyak ditemukan anggur laut (*Caulerpa racemosa*). Namun penelitian mengenai identifikasi kandungan mineral yang terdapat dalam anggur laut tersebut belum banyak ditemukan khususnya penelitian mengenai pengujian kandungannya dengan menggunakan Spektrometer Fluoresensi Sinar-X (XRF). Dengan demikian, penelitian mengenai identifikasi kandungan unsur yang terdapat pada spesies anggur laut menjadi sangat penting untuk dilakukan.

2. Bahan dan Metode

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni sampai Juli 2023. Sampel penelitian diperoleh dari perairan di Desa Lohia Kecamatan Lohia Kabupaten Muna. Sedangkan analisis sampel menggunakan Spektrometer Fluoresensi Sinar-X (XRF) di Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains (LPPS) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Hasanuddin.

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain wadah plastik, oven, neraca analitik, tanur, cawan porselen, ayakan 100 mesh, mortal dan alu, gelas kimia, Spektrometer Fluoresensi Sinar-X (XRF), botol ampul, termometer, refraktometer, pH meter, *secchi disk*, dan camera. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah anggur laut (*Caulerpa racemosa*), aquades, dan methanol 96%.

2.3. Prosedur Penelitian

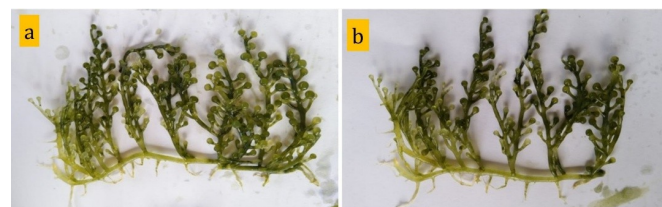
Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan, antara lain: pengambilan sampel anggur laut (*Caulerpa racemosa*), preparasi sampel, dan analisis sampel uji dengan menggunakan Spektrometer Fluoresensi Sinar-X (XRF).

2.3.1. Pengambilan Sampel

Sampel penelitian diperoleh di Perairan Desa Lohia Kecamatan Lohia Kabupaten Muna pada enam titik koordinat lokasi

(stasiun). Sampel di stasiun 1 pada Lintang (*Latitude*): -4.899246° dan Bujur (*Longitude*): 122.754195° diberi label S-I, sampel di stasiun 2 pada Lintang (*Latitude*): -4.899287° dan Bujur (*Longitude*): 122.754166° diberi label S-II, Sampel di stasiun 3 pada Lintang (*Latitude*): -4.89915° dan Bujur (*Longitude*): 122.754046° diberi label S-III, sampel di stasiun 4 pada Lintang (*Latitude*): -4.898981° dan Bujur (*Longitude*): 122.753936° diberi label S-IV, sampel di stasiun 5 pada Lintang (*Latitude*): -4.899131° dan Bujur (*Longitude*): 122.754088° diberi label S-V, dan sampel di stasiun 6 pada Lintang (*Latitude*): -4.89903° dan Bujur (*Longitude*): 122.753968° diberi label S-VI.

Pengambilan sampel anggur laut (*Caulerpa racemosa*) disetiap stasiun masing-masing sebanyak 500 gram pada saat kondisi air surut dengan kedalaman sekitar 1-5 meter. Anggur laut yang telah diambil kemudian disimpan kedalam wadah yang tertutup rapat agar menjaga kesegaran anggur laut selama perjalanan. Anggur laut disortir dan dicuci bersih di bawah air mengalir. Kemudian, anggur laut ditiriskan dan ditimbang, dan selanjutnya dikeringkan selama enam jam dalam oven pada suhu 70 °C. Adapun sampel rumput laut (*Caulerpa racemosa*) yang digunakan dalam penelitian sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Jenis ini memiliki morfologi yang bersesuaian dengan yang dilaporkan oleh Verlaque *et al.* (2003) (Verlaque *et al.*, 2003).



Gambar 1. Morfologi *Caulerpa racemosa* yang digunakan dalam penelitian: contoh untuk sampel uji berbentuk cair (a), contoh untuk sampel uji berbentuk bubuk (b).

2.3.2. Pengambilan Sampel

Anggur laut (*Caulerpa racemosa*) yang telah kering masing-masing dihaluskan/digerus dengan menggunakan mortal dan alu, lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Selanjutnya semua sampel bubuk anggur laut dimasukkan dalam porselen krusibel dan diabukan pada suhu 500 °C selama 1 jam dan dibiarkan dingin. Lebih lanjut, masing-masing bubuk sampel disimpan kedalam wadah plastik dan diberi label sesuai lokasi pengambilan sampel yaitu label S-I, S-II, dan S-III.

Sedangkan untuk mendapatkan sampel berbentuk cair, sampel anggur laut (*Caulerpa racemosa*) yang telah berbentuk bubuk didetruksi dengan diberikan aquades sebagai pengencer lalu dipanaskan di atas *hot plate*. Hasil destruksi dimasukkan kedalam labu ukur, dan didestilasi dengan penambahan methanol 96%, lalu disimpan kedalam gelas kimia. Selanjutnya sampel hasil destilasi dievaporasi agar ekstrak yang dihasilkan menjadi lebih pekat. Lebih lanjut, sampel disimpan kedalam botol ampul dan masing-masing diberikan label sesuai dengan lokasi pengambilan sampel yaitu S-IV, S-V, dan S-VI.

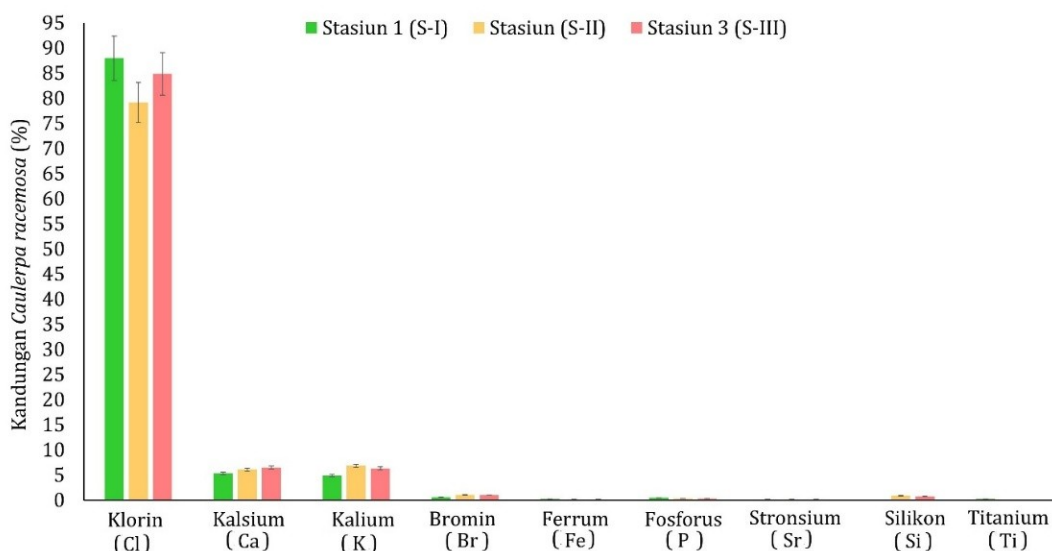
2.3.3. Karakterisasi Sampel

Komposisi kimia kandungan sampel anggur laut (*Caulerpa racemosa*) baik yang dalam bentuk bubuk (S-I, S-II, dan S-III) maupun yang berbentuk cair (S-IV, S-V, dan S-VI) dengan massa masing-masing 1000 mg dilakukan pengujian dengan menggunakan Spektrometer Fluoresensi Sinar-X (XRF).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kandungan anggur laut (*Caulerpa racemosa*)

Berdasarkan hasil analisis Spektrometer Fluoresensi Sinar-X (XRF) diperoleh komposisi kimia yang terkandung dalam anggur laut (*Caulerpa racemosa*). Hasil identifikasi kandungan anggur laut



Gambar 2. Hasil analisis XRF sampel anggur laut (*Caulerpa racemosa*) pada stasiun 1, stasiun 2, dan stasiun 3.

(*Caulerpa racemosa*) pada stasiun 1, 2, dan 3 menunjukkan mengandung Klorin (Cl), Kalsium (Ca), Kalium (K), dan Br (Bromin). Selain itu, terdapat sejumlah elemen jejak berupa unsur Fe (Ferrum/besi), P (Fosforus), Sr (Stronsium), Si (Silikon), dan Ti (Titanium) dalam jumlah yang minoritas sebagaimana ditunjukkan melalui Gambar 2.

Persentase kandungan unsur kimia yang diidentifikasi pada sampel bubuk anggur laut (*Caulerpa racemosa*) ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan anggur laut (*Caulerpa racemosa*) pada stasiun 1 (S-I), stasiun 2 (S-II), dan stasiun 3 (S-III).

Unsur	S-I (m/m %)	S-II (m/m %)	S-III (m/m %)
Klorin (Cl)	87.97	79.15	84.85
Kalsium (Ca)	5.3	6.08	6.46
Kalium (K)	4.88	6.84	6.28
Bromin (Br)	0.571	1.02	0.97
Ferrum/besi (Fe)	0.213	0.107	0.101
Fosforus (P)	0.466	0.332	0.309
Stronsium (Sr)	0.112	0.138	0.144
Silikon (Si)	0	0.86	0.74
Titanium (Ti)	0.199	0	0
LOI*	0.2844	0.1333	0.14

*Loss on ignition

Sedangkan hasil identifikasi kandungan anggur laut (*Caulerpa racemosa*) pada stasiun 4, stasiun 5, dan stasiun 6 terdapat mayoritas unsur Klorin (Cl), dan Kalium (K), Magnesium (Mg), dan minoritas mengandung unsur Kalsium (Ca), dan Bromin (Br) sebagaimana ditunjukkan melalui Gambar 3.

Persentase kandungan unsur kimia yang diidentifikasi pada sampel cair anggur laut (*Caulerpa racemosa*) ditunjukkan oleh Tabel 2.

Rumput laut merupakan sumber daya laut yang beragam dan kaya nutrisi. Rumput laut sering dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi industri, baik pangan maupun non-pangan (Litaay *et al.*, 2022). Selain itu, Rumput laut memiliki unsur gizi penting dan

beberapa bahan kimia bioaktif yang meningkatkan kesehatan manusia, sehingga meningkatkan pengakuannya untuk aplikasi industri (Kasmia *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil analisis XRF, sejumlah unsur Klorin (Cl), Kalsium (Ca), Kalium (K), dan Bromin (Br) diidentifikasi terdapat dalam rumput laut (*Caulerpa racemosa*) pada semua Stasiun, yang mana kandungan Klorin (Cl) adalah unsur yang paling mendominasi. Unsur Klorin (Cl) dan Kalsium (Ca) dalam *Caulerpa racemosa* paling banyak ditemukan di stasiun 1, 2, dan 3.

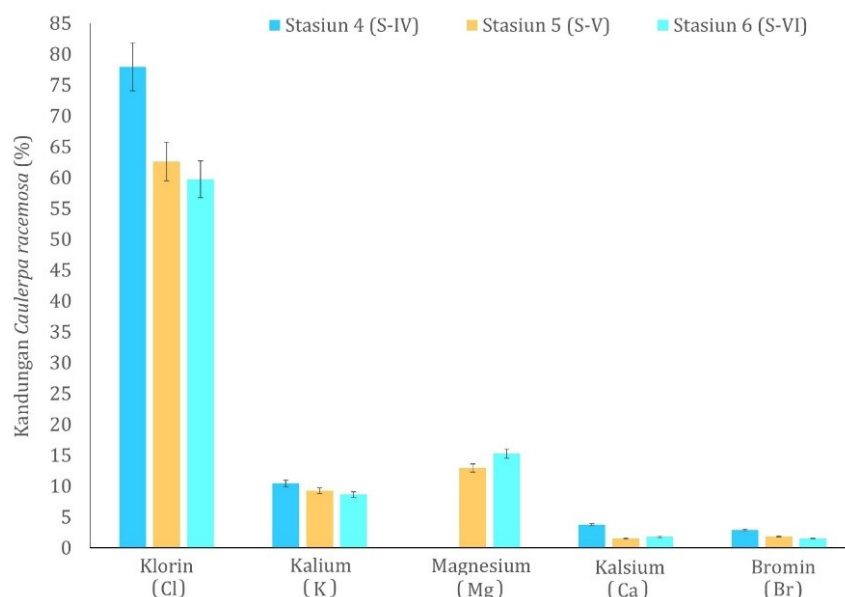
Tabel 2. Kandungan anggur laut (*Caulerpa racemosa*) pada stasiun 4 (S-VI), stasiun 5 (S-V), dan stasiun 6 (S-VI).

Unsur	S-IV (m/m %)	S-V (m/m %)	S-VI (m/m %)
Klorin (Cl)	77.96	62.62	59.72
Kalium (K)	10.45	9.28	8.66
Magnesium (Mg)	0	12.95	15.27
Kalsium (Ca)	3.78	1.54	1.78
Bromin (Br)	2.9	1.84	1.52
LOI*	0.9003	0.538	0.3617

*Los on ignition

Sedangkan unsur Kalium (K) dan Bromin (Br) dalam *Caulerpa racemosa* paling banyak ditemukan di stasiun 4, 5, dan 6. Selain itu, unsur Magnesium (Mg) dalam *Caulerpa racemosa* hanya ditemukan pada stasiun 5 dan 6. Sejumlah elemen jejak berupa Fosforus (P), Silikon (Si), Ferrum/Besi (Fe), Stronsium (Sr), Titanium (Ti) juga ditemukan dalam *Caulerpa racemosa* namun dalam jumlah yang sangat kecil (<1%).

Klorin adalah senyawa kimia yang telah lama digunakan dalam berbagai industri, terutama di sektor pulp dan kertas serta dalam pengolahan air minum. Klorin digunakan dalam sistem air pendingin di industri energi dan kelistrikan. Ini juga digunakan dalam produksi pewarna, farmasi, plastik, pelarut, dan bahan pembersih kering. Kondisi penyimpanan klorin yang tidak memadai akan mengakibatkan kebocoran gas, yang menimbulkan risiko bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Limbah industri yang



Gambar 3. Hasil analisis XRF sampel anggur laut (*Caulerpa racemosa*) pada stasiun 1, stasiun 2, dan stasiun 3.

mengandung klorin menimbulkan risiko bagi lingkungan. Oleh karena sifatnya sebagai oksidator yang kuat, klorin mudah bereaksi dengan beberapa bahan kimia. Pengikatan klorin pada molekul organik dapat menyebabkan efek karsinogenik (Hasan, 2006).

Kalsium merupakan nutrisi penting yang dibutuhkan tubuh untuk pembentukan tulang dan gigi, memfasilitasi pembekuan darah, dan mengatur fungsi saraf dan otot. Selain itu, juga berperan penting sebagai kofaktor enzim dan protein ekstraseluler. Kekurangan kalsium menyebabkan gangguan metabolisme dan masalah pertumbuhan. Namun, kelebihan kalsium dapat menyebabkan batu ginjal, kanker prostat, sembelit, dan penumpukan kalsium di pembuluh darah. Selain itu, Magnesium pada tumbuhan sangat penting untuk sintesis klorofil. Pada manusia, magnesium sangat penting dalam plasma dan cairan ekstraseluler karena membantu menjaga keseimbangan osmotik. Magnesium juga dibutuhkan dalam reaksi-reaksi tertentu yang dikatalisis oleh enzim, terutama yang melibatkan nukleotida dengan komponen aktif berupa garam magnesium. Selain itu, magnesium penting untuk integritas struktural dan fungsi fisiologis tubuh. Anoreksia, gangguan perkembangan, dan gagal jantung dapat terjadi pada orang yang kekurangan magnesium (Riska *et al.*, 2019; Kasmianti *et al.*, 2022).

Lebih lanjut, rumput laut yang mengandung kalsium apabila dikonsumsi akan berguna bagi ibu hamil, remaja, dan bagi orang lanjut usia yang memiliki risiko kekurangan (defisiensi) kalsium. Kalsium bagi tubuh juga berguna untuk menjaga kekuatan tulang dan gigi, membantu otot-otot, dan komunikasi sel. Asupan kalsium dalam produk makanan juga dapat menjadi salah satu cara dalam menanggulangi masalah stunting dan osteoporosis (Suparmi & Sahri, 2009; Madusari & Wibowo, 2018; Indriyani & Sumardilah, 2020). Kalsium yang mempunyai fungsi esensial bagi tubuh, dimana selain menjadi nutrisi bagi tulang dan gigi, juga dapat mengoptimalkan perkembangan motorik. Osteomalasia dan keropos tulang, yang dikenal sebagai osteoporosis, dapat muncul sebagai akibat dari kekurangan kalsium (Laili *et al.*, 2023).

Selanjutnya, kalium sangat berperan penting bagi orang dengan penderita diuretik, dimana rasio Na:K untuk mengontrol tekanan darah tinggi dan keluarnya cairan yang mengandung K secara berlebihan. Kalium dapat berperan meningkatkan pertumbuhan sel dan membantu menjaga tekanan darah agar normal. Selain itu, kalium juga berfungsi menjaga keseimbangan air dalam tubuh, kesehatan jantung, menurunkan tekanan darah, dan membantu pengiriman oksigen ke dalam otak (Kusumaningrum & Rahayu, 2018). Sedangkan Kalium bagi tanaman berperan mengatur tekanan osmosis dan turgor yang akan mempengaruhi pertumbuhan

dan perkembangan sel serta membuka dan menutupnya stomata. Aktivitas fotosintesis akan mengalami gangguan akibat terganggunya pemasukan CO₂ ke daun apabila terjadi gangguan pada pembukaan dan penutupan stomata (Laily *et al.*, 2019). Selain itu, Kalium berperan penting dalam fisiologi tanaman yang berhubungan aktivasi enzim, penyesuaian osmotik, pembentukan turgor, ekspansi sel, regulasi potensial listrik membran dan pH homeostasis (Ragel *et al.*, 2019). Bromin dianggap sebagai elemen jejak dengan peran vital potensial, meskipun metode tindakannya tetap tidak teridentifikasi. Meskipun aplikasi obat tertentu sebagai obat antiepilepsi telah didokumentasikan, bromin dianggap sebagai karsinogen, terutama dalam bentuk spesies bromat (Romaris-Hortas *et al.*, 2012).

Kadar fosfor dalam rumput laut berfluktuasi sesuai siklus hidupnya dan secara inheren berkaitan dengan musim. Penyerapan fosfat dari air umumnya berkurang selama pematangan dan meningkat selama fase pertumbuhan. Akibatnya, konsentrasi fosfor dalam jaringan rumput laut akan meningkat selama fase pertumbuhan. Konsentrasi fosfor dalam rumput laut juga bergantung pada ketersediaan nutrisi di dalam air (Sofiana *et al.*, 2024). Selain itu, kandungan zat besi yang terdapat dalam anggur laut juga sangat penting bagi tubuh. Hal ini akan membantu tubuh untuk menghasilkan energi yang diperlukan sebagai bahan bakar dalam melaksanakan aktivitas sehari-hari. Selain itu, akan membantu meningkatkan aliran darah yang dapat menyehatkan sistem peredaran darah (Madusari & Wibowo, 2018). Rumput laut yang mengandung zat besi dapat menambah kekurangan asupan zat besi. Hal ini dapat berperan mengatasi masalah kekurangan zat besi dan anemia yang merupakan salah satu masalah kesehatan global (Laili *et al.*, 2023). Lebih lanjut, keberadaan elemen jejak berupa Silikon (Si), Ferrum/Besi (Fe), Stronsium (Sr), Titanium (Ti) yang ditemukan dalam *Caulerpa racemosa* dalam jumlah yang sangat kecil kemungkinan disebabkan adanya akumulasi unsur-unsur tersebut pada makroalga. Hal ini didukung oleh adanya kemampuan *Caulerpa racemosa* dalam melakukan bioakumulasi logam berat di perairan laut (Raza' i *et al.*, 2021).

3.2. Analisis Parameter Kualitas Perairan

Pengukuran parameter kualitas perairan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan anggur laut yaitu suhu, salinitas, pH (derajat keasaman), dan kecerahan. Hasil pengukuran parameter kualitas perairan ditunjukkan melalui Tabel 3.

Hasil pengukuran kualitas air berupa suhu diperoleh dalam kisaran suhu 29,56 °C. kondisi ini masih dalam kondisi yang ditoleransi untuk pertumbuhan rumput laut. Suhu sangat

Tabel 3. Parameter kualitas air di perairan lokasi penelitian.

Parameter kualitas air	Pengukuran kualitas air	Kualitas air berdasarkan literatur	Sumber rujukan
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	29,56	25 $^{\circ}\text{C}$ –31 $^{\circ}\text{C}$	(M. Irfan <i>et al.</i> , 2021; Rosnawati <i>et al.</i> , 2022)
Salinitas (ppt)	33	25-35 ppt 26-33 ppm	(Rosnawati <i>et al.</i> , 2022) (M. Irfan <i>et al.</i> , 2021)
pH	6	6,0- 9 6,5-9,5	(Papalia, 2015) (Erniati <i>et al.</i> , 2023)
Kecerahan (m)	0,5-0,68	> 1 m > 3 m	(M. Irfan <i>et al.</i> , 2021) (Papalia, 2015)

berpengaruh terhadap fungsi fisiologis rumput laut dalam hal fotosintesis, respirasi, metabolisme, serta pertumbuhan dan reproduksi. Dilaporkan bahwa suhu optimal yang mendukung untuk pertumbuhan rumput laut (*Caulerpa racemosa*) pada kisaran suhu 25–31 $^{\circ}\text{C}$ (M. Irfan *et al.*, 2021; Rosnawati *et al.*, 2022). Suhu secara langsung dan tidak langsung memengaruhi fotosintesis dan reaksi enzimatik. Suhu yang tinggi akan meningkatkan laju maksimum fotosintesis. Sedangkan pengaruh suhu secara tidak langsung adalah mempengaruhi sebaran fitoplankton dengan mengubah struktur hidrologi kolom air (Erniati *et al.*, 2023).

Selain itu, perubahan salinitas yang signifikan di perairan rumput laut dapat menurunkan laju pertumbuhan dan hasil produksi. Pengukuran salinitas yang diperoleh pada penelitian dalam kisaran 33 ppt. Hasil ini menunjukkan masih dalam kisaran optimal untuk pertumbuhan rumput laut, sebagaimana yang dilaporkan bahwa pertumbuhan *Caulerpa racemosa* pada salinitas 25–35 ppt (Rosnawati *et al.*, 2022) dan 26–33 ppm (M. Irfan *et al.*, 2021). Selain itu, juga dilaporkan bahwa salinitas yang rendah (20 ppt) atau lebih tinggi dari kisaran salinitas yang sesuai dan jarak waktu tertentu dapat memperlambat pertumbuhan rumbuhan rumput laut (Erniati *et al.*, 2023).

Kehidupan dan pertumbuhan rumput laut juga dipengaruhi oleh pH atau derajat keasaman. Umumnya rumput laut dapat tumbuh pada kisaran pH 6,5–9,5. pH air laut yang diukur dalam penelitian ini adalah pH 6, yang menunjukkan bahwa pH ini masih berada dalam kisaran toleransi bagi rumput laut. Hasil ini sesuai dengan nilai parameter kualitas air yang penting untuk perikanan, yang berkisar antara 6,0–9,0 (Papalia, 2015). Pada umumnya rumput laut juga dapat tumbuh pada kisaran pH 6,5–9,5 (Erniati *et al.*, 2023), bahkan pada pH air laut 8,0–8,7 masih tergolong layak untuk perkembangan *Caulerpa racemosa* (Rosnawati *et al.*, 2022).

Lebih lanjut, kecerahan cahaya memiliki peran penting bagi pertumbuhan rumput laut karena klorofil yang dimiliki rumput laut membutuhkan cahaya untuk proses fotosintesis. Oleh karena itu, cahaya sangat penting untuk melakukan semua proses ini karena apabila tanaman ini tidak mendapatkan cahaya, mereka tidak akan menerima energi yang diperlukan untuk proses fotosintesis, yang dapat menyebabkan rumput laut tidak dapat bertahan hidup (Rosnawati *et al.*, 2022). Kecerahan air yang rendah dapat disebabkan oleh banyaknya partikel renik yang berasal dari sungai dan lokasi pemukiman (Papalia, 2015).

4. Simpulan

Anggur laut (*Caulerpa racemosa*) yang diidentifikasi dengan menggunakan Spektrometer Fluoresensi Sinar-X (XRF) menunjukkan adanya kandungan komposisi kimia berupa Klorin (Cl), Kalsium (Ca), Kalium (K), Magnesium (Mg), Bromin dan Bromin (Br), dimana kandungan unsur tersebut memiliki peranan yang sangat penting. Walaupun penggunaannya harus tetap memperhatikan ambang batas yang diperbolehkan. Selain itu, keberadaan sejumlah unsur jejak di dalam *Caulerpa racemosa* kemungkinan disebabkan adanya akumulasi unsur-unsur tersebut ke dalam makroalga yang terdapat di perairan. Hal ini didukung oleh

adanya kemampuan *Caulerpa racemosa* dalam melakukan bioakumulasi logam berat di perairan laut.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Budidaya Perairan Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Wuna yang telah memfasilitasi selama penyelesaian penelitian. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada pihak Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains (LPPS) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Hasanuddin yang telah membantu dalam proses karakterisasi sampel penelitian.

Funding sources

This works no funded.

Competing interest

The authors declare no competing interests.

Declaration of generative AI and AI-assisted

During the preparation of this work the authors not used any AI tools like ChatGPT 4 or the others in order to improve the readability and language of the manuscript.

Conflict of interest

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Compliance with ethics requirements

All procedures followed were in accordance with the ethical standards of the responsible committee on human experimentation (institutional and national) and with the Helsinki Declaration of 1975, as revised in 2008 (5).

Declaration information

Publisher's Note

Sangia Research Media and Publishing on behalf of SRM Publishing remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Supplementary files

Data sharing not applicable to this article as no datasets were generated or analyzed during the current study, and/or contains supplementary material, which is available to authorized users.

Referensi

- Brito, G. B.; Teixeira, L. S. G. & Korn, M. G. A., 2017. Direct analysis of marine macroalgae for determination of macro minerals by energy dispersive X-ray fluorescence. *Microchemical Journal*, 134: 35–40, ISSN: 0026-265X, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2017.05.001>, Available: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X17304095>>.
- Bull, A.; Brown, M. T. & Turner, A., 2017. Novel use of field-portable-XRF for the direct analysis of trace elements in marine macroalgae. *Environmental Pollution*, 220: 228–233, ISSN: 0269-7491, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.09.049>, Available: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749116313227>>.
- Dewi, R., 2012. Potensi Sumberdaya Rumput Laut. *Jurnal Harpodon Borneo*, 5(2): 125–129.
- Erniati; Erlangga; Andika, Y. & Muliani, 2023. Seaweed diversity and community structure on the west coast of Aceh, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(4): 2189–2200, ISSN: 20854722, DOI: 10.13057/biodiv/d240431.
- Hasan, A., 2006. Dampak penggunaan klorin. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 7(1), ISSN: 2548-6101.
- Indriyani, R. & Sumardilah, D. S., 2020. Efek Formula Daun Bayam dan Rumput Laut Meningkatkan Kandungan Kalsium dalam Produk Nori yang Disukai. *Jurnal Kesehatan Metro Sai Wawai*, 13(1): 1–10, ISSN: 2657-1390.
- Kasmianti, K.; Syahrul, S.; Badraeni, B. & Rahmi, M. H., 2022. Proximate and mineral compositions of the green seaweeds *Caulerpa lentilifera* and *Caulerpa racemosa* from South Sulawesi Coast, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1119(1), ISSN: 1755-1315, DOI: 10.1088/1755-1315/1119/1/012049.
- Kusumaningrum, I. & Rahayu, N. S., 2018. Formulasi Snack Bar Tinggi Kalium Dan Tinggi Serat Berbahan Dasar Rumput Laut, Pisang Kepok, Dan Mocaf Sebagai Snack Alternatif Bagi Penderita Hipertensi. *Argipa*, 3(2): 102–110.
- Laili, R. D.; Ethasari, R. K. & Saidah, Q. I., 2023. Analisis Kandungan Zat Besi dan Kalsium Pada Biskuit dengan Penambahan Tepung Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*). *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(2): 98–105, ISSN: 2620-9721.
- Laily, W. N.; Izzati, M. & Haryanti, S., 2019. Kandungan mineral dan logam berat pada garam yang diekstrak dari rumput laut *Sargassum* sp. menggunakan metode dibilas dan direndam. *Jurnal Pro-Life*, 6(3): 274–285.
- Litaay, C.; Arfah, H. & Pattipeilohy, F., 2022. Potensi Sumber Daya Hayati Rumput Laut di Pantai Pulau Ambon sebagai Bahan Makanan: The Potential of Seaweed Resources on the Coastal of Ambon Island as Food Ingredient. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(3 SE-Articles): 405–417, DOI: 10.17844/jphpi.v25i3.41647, Available: <<https://journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi/article/view/41647>>.
- Lomartire, S.; Marques, J. C. & Gonçalves, A. M. M., 2021. An Overview to the Health Benefits of Seaweeds Consumption. *Marine drugs*, 19(6), Switzerland, ISSN: 1660-3397 (Electronic), DOI: 10.3390/md19060341.
- M. Irfan; Samadan, G. M.; Malan, S. & Subur, R., 2021. The trials of seaweed *Caulerpa racemosa* cultivation using the off-bottom culture at The Kastela Waters, Ternate Island District, Ternate City. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 14(1): 80–83, ISSN: 1979-6072, DOI: 10.29239/j.agrikan.14.1.80-83.
- Madusari, B. D. & Wibowo, D. E., 2018. Potensi dan peluang Produk Halal Berbasis Rumput Laut. *Indonesia Journal of Halal*, 1(1): 53–57, ISSN: 2656-4963.
- Magdugo, R. P.; Terme, N.; Lang, M.; Pliego-Cortés, H.; Marty, C.; Hurtado, A. Q.; Bedoux, G. & Bourgougnon, N., 2020. An Analysis of the Nutritional and Health Values of *Caulerpa racemosa* (Forsskål) and *Ulva fasciata* (Delile)-Two Chlorophyta Collected from the Philippines. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 25(12), Switzerland, ISSN: 1420-3049 (Electronic), DOI: 10.3390/molecules25122901.
- Manggara, A. B. & Shofi, M., 2018. Analisis kandungan mineral daun kelor (*Moringa oleifera* Lamk.) menggunakan spektrometer XRF (X-Ray Fluorescence). *Akta Kimia Indonesia*, 3(1): 104–111, ISSN: 2549-3736.
- Merdekawati, W. & Susanto, A. B., 2009. Kandungan Dan Komposisi Pigmen Rumput Laut Serta Potensinya Untuk Kesehatan. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 4(2): 41, ISSN: 2089-5690, DOI: 10.15578/squalen.v4i2.147.
- Milinic, J.; Figueiredo, F. M. J.; Noronha, J. P. & Sardinha, J., 2022. Application of ED-XRF spectra for determination of macroelements in edible seaweeds. *Journal of Food Composition and Analysis*, 110: 104559, ISSN: 0889-1575, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104559>, Available: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088915752001776>>.
- Papalia, S., 2015. Struktur Komunitas Makro Alga Di Pesisir Pulau Haruku, Kabupaten Maluku Tengah Community Structure of Seaweed At Coastal Area of Haruku Island, Central Mollucas Province. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1): 129–142, Available: <http://itk.fkip.ipb.ac.id/ej_itkt71>.
- Potts, P. J. & Webb, P. C., 1992. X-ray fluorescence spectrometry. *Journal of Geochemical Exploration*, 44(1): 251–296, ISSN: 0375-6742, DOI: [https://doi.org/10.1016/0375-6742\(92\)90052-A](https://doi.org/10.1016/0375-6742(92)90052-A), Available: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037567429290052A>>.
- Raza' i, T. S.; Thamrin; Nofrizal; Amrifo, V.; Pardi, H.; Pangestiansyah Putra, I.; Febrianto, T. & Fadhi Ilhamdy, A., 2021. Accumulation of essential (copper, iron, zinc) and non-essential (lead, cadmium) heavy metals in *Caulerpa racemosa*, sea water, and marine sediments of Bintan Island, Indonesia. *F1000Research*, 10: 699, England, ISSN: 2046-1402 (Electronic), DOI: 10.12688/f1000research.54445.2.
- Riska, N.; Suedy, S. W. A. & Izzati, M., 2019. Kandungan Mineral dan Logam Berat pada Biosalt Rumput Laut Padina sp. *Jurnal Pro-Life*, 6(2): 171–179, ISSN: 2579-7557.
- Romaris-Hortas, V.; Bermejo-Barrera, P.; Moreda-Piñeiro, J. & Moreda-Piñeiro, A., 2012. Speciation of the bio-available iodine and bromine forms in edible seaweed by high performance liquid chromatography hyphenated with inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 745: 24–32, ISSN: 0003-2670, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2012.07.035>, Available: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267012011221>>.
- Rosnawati, R.; Cokrowati, N. & Diniarti, N., 2022. Response of Light Intensity to The Carotenoid Content of Sea Grape *Caulerpa* sp. *Jurnal Natur Indonesia*, 20(2): 41, ISSN: 1410-9379, DOI: 10.31258/jnat.20.2.41-49.
- Sanger, G.; Kaseger, B. E.; Rarung, L. K. & Damongilala, L., 2018. Potensi beberapa Jenis Rumput Laut sebagai Bahan Pangan Fungsional, Sumber Pigmen dan Antioksidan Alami. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(2 SE-Articles): 208–217, DOI: 10.17844/jphpi.v21i2.22841, Available: <<https://journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi/article/view/22841>>.
- Sofiana, M. S. J.; Mardini, D. D.; Safitri, I.; Warsidah, W. & Nurdiansyah, S. I., 2024. Kandungan nutrisi dan fitohormon rumput laut cokelat dari perairan Pulau Lemukutan Kalimantan Barat: Nutrient and phytohormone of *Sargassum polycystum* and *Padina australis* from Lemukutan Island Waters West Kalimantan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(4 SE-Articles): 327–336, DOI: 10.17844/jphpi.v27i4.46965, Available: <<https://journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi/article/view/46965>>.
- Suparmi, S. & Sahri, A., 2009. Mengenal Potensi Rumput Laut : Kajian Pemanfaatan Sumber Daya Rumput Laut dari Aspek Industri dan Kesehatan. *Majalah Ilmiah Sultan Agung*, 44(118): 95–116, ISSN: 2252-729X.
- Verlaque, M.; Durand, C.; Huisman, J. M.; Boudouresque, C.-F. & Le Parco, Y., 2003. On the identity and origin of the Mediterranean invasive *Caulerpa racemosa* (Caulerpa, Chlorophyta). *European Journal of Phycology*, 38(4): 325–339, ISSN: 0967-0262.
- Yangthong, M., 2009. Antioxidant Activities of Four Edible Seaweeds from the Southern Coast of Thailand. : 218–223, DOI: 10.1007/s11130-009-0127-y.
- Yoga, W. K. & Komalasari, H., 2022. Potensi Alga Hijau (*Caulerpa*

Racemosa) Sebagai Sumber Antioksidan Alami. *Jurnal Teknologi dan Mutu Pangan*, 1(1): 16–20, ISSN: 2962-7826.

Yudasmara, G. A., 2015. Budidaya Anggur Laut (*Caulerpa Racemosa*) melalui Media Tanam Rigid Quadrant Nets Berbahan Bambu. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 3(2), ISSN: 2303-3142, DOI: 10.23887/jst-undiksha.v3i2.4481.

Additional information

Correspondence and requests for materials should be addressed to Fendi and Rochmady.

Peer review information Akuatikisile: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil thanks the reviewer for their contribution to the peer review of this work.

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third-party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.

© The Author(s) 2025

How to cite this article:

Susilawati, D., Fendi, Rochmady, Rakhfid, A., & Mosriula, 2025. Identification of sea grape (*Caulerpa racemosa*) content using X-Ray Fluorescence (XRF) spectrometer. *Akuatikisile: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*, 9(2): 107-113. <https://doi.org/10.29239/j.akuatikisile.9.2.107-113>
