

Profil Nutrisi, Mineral dan Kandungan Logam Berat Rumput Laut Cokelat *Sargassum* sp.

Aisyah Astriani*, Nurjanah, Agoes Mardiono Jacoeb

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Jl. Raya Dramaga Kampus IPB Dramaga Bogor Jawa Barat, 16680 Indonesia
Email: astriani.aisyah@apps.ipb.ac.id

Abstract

Nutrient, Mineral and Heavy Metal Content Profile of Brown Seaweed *Sargassum* sp.

Sargassum sp. is a type of brown seaweed that is quite abundant and grows naturally in coastal waters of Indonesia which is rich in nutritional components such as protein, vitamins, minerals and others that have many benefits (in the food industry, health and beauty). The purpose of this study was to determine the amount of nutrients, minerals and heavy metals contained in *Sargassum* sp. seaweed obtained from the waters of Ekas Beach, Lombok, Indonesia. The results of proximate analysis of *Sargassum* sp. seaweed flour showed that protein was the highest result of 43.73%, with fat content with the lowest result of 0.558%. Mineral analysis results showed that potassium (K) had the highest proportion of 27.043 mg/kg and calcium (Ca) had the lowest proportion of 11.936 mg/kg. The resulting Na:K ratio in seaweed flour is 0.853, which meets the WHO standard of no more than one. The results of heavy metal analysis show that heavy metal lead (Pb) 3.596 mg/kg and cadmium (Cd) 0.297 mg/kg have exceeded the maximum limit set by the National Standardization Agency in 2015. This can be caused by the many activities of fishing boats and settlements in the sampling waters. The analysis of acid insoluble ash showed 1.858 mg/kg, which is quite high. Acid insoluble ash content refers to the residual metals or minerals that cannot be dissolved in acid solvents and ash is also a parameter that indicates the cleanliness of the process that can determine food quality.

Keywords: Brown seaweed, *Sargassum* powder, Proximate

Abstrak

Sargassum sp. merupakan salah satu jenis rumput laut berwarna coklat yang cukup melimpah dan tumbuh secara alami di perairan pantai Indonesia yang kaya akan komponen nutrisi seperti protein, vitamin, mineral dan lainnya yang memiliki banyak manfaat (dalam industri makanan, kesehatan dan kecantikan). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah nutrisi, mineral dan logam berat yang terkandung dalam rumput laut *Sargassum* sp. yang diperoleh dari perairan Pantai Ekas, Lombok, Indonesia. Hasil analisis proksimat tepung rumput laut *Sargassum* sp. menunjukkan bahwa protein merupakan hasil tertinggi yaitu 43,73%, dengan kadar lemak dengan hasil terendah yaitu 0,558%. Hasil analisis mineral menunjukkan bahwa kalium (K) memiliki proporsi tertinggi yaitu 27,043 mg/kg dan kalsium (Ca) memiliki proporsi terendah yaitu 11,936 mg/kg. Rasio Na:K yang dihasilkan pada tepung rumput laut adalah 0,853, yang memenuhi standar WHO yaitu tidak lebih dari satu. Hasil analisis logam berat menunjukkan bahwa logam berat timbal (Pb) 3,596 mg/kg dan kadmium (Cd) 0,297 mg/kg telah melebihi batas maksimum yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional pada tahun 2015. Hal ini dapat disebabkan oleh banyaknya aktivitas kapal nelayan dan pemukiman di perairan pengambilan sampel. Hasil analisis abu tidak larut asam menunjukkan angka 1,858 mg/kg, cukup tinggi. Kadar abu tidak larut asam mengacu pada sisa logam atau mineral yang tidak dapat larut dalam pelarut asam dan abu juga merupakan parameter yang mengindikasikan kebersihan proses yang dapat menentukan kualitas pangan.

Kata kunci : Rumput laut coklat, Tepung *Sargassum*, Proksimat

PENDAHULUAN

Rumput laut menurut Hrólfssdóttir *et al.* (2022) adalah organisme mirip tumbuhan yang dibagi menjadi tiga kategori utama berdasarkan pigmentasinya, yaitu rumput laut coklat (*Phaeophyceae*), rumput laut hijau (*Chlorophyceae*) dan rumput laut merah (*Rhodophyceae*). Menurut Widyartini *et al.* (2017) rumput laut *Sargassum* sp. adalah ganggang yang termasuk kedalam jenis rumput laut coklat yang umum dan secara alami banyak ditemukan di perairan pantai Indonesia. Potensi besar yang dimiliki pada rumput laut *Sargassum* sp. ini harus dimanfaatkan dan dikembangkan secara maksimal, karena hingga saat ini pemanfaatannya masih terbatas.

Circuncisão *et al.* (2018) melaporkan bahwa rumput laut saat ini disebut-sebut sebagai makanan masa depan yang berasal dari tumbuhan dan telah mendapatkan status "superfoods."

Istilah ini digunakan di pasar untuk mengakui manfaat kesehatan yang luar biasa akibat profil nutrisi yang unggul dan kekayaan fitokimia bioaktif. Rumput laut memiliki komposisi lemak yang sangat rendah, meskipun mengandung persentase asam lemak tak jenuh tunggal dan tak jenuh ganda yang tinggi, dan sangat kaya akan karbohidrat (terutama serat makanan), protein, serta mengandung semua asam amino esensial serta vitamin, termasuk vitamin A, C, E, dan vitamin B kompleks, yang biasanya tidak ditemukan pada sayuran darat. Selain itu, rumput laut juga mengandung berbagai komponen mineral yang terakumulasi dalam bentuk kadar abu. Salah satu indikator dari kandungan mineral yang terdapat di dalam rumput laut yakni dapat dilihat dari jumlah kadar abunya.

Menurut Vijay *et al.* (2017) lebih dari 30% dari berat kering berat rumput laut adalah abu yang mengandung berbagai jenis mineral, vitamin, dan zat terkait. Rumput laut umumnya digunakan untuk mengekstrak hidrokoloid seperti agar-agar, karagenan, natrium alginat dan mineral seperti iodium, kalium, natrium dan lain sebagainya. Rumput laut memiliki aplikasi lebih besar dalam farmakologi dan industri makanan. Dalam industri makanan, rumput laut digunakan sebagai penstabil, pengemulsi, pengental, pengawet dan agen pembentuk gel. Rumput laut mampu menjadi sumber bahan baku yang kaya dan beragam untuk pembuatan kosmetik, pupuk, ekstraksi bahan kimia dan lain-lain. Menurut Debbarma *et al.* (2016) jumlah nutrisi pada rumput laut mampu dipengaruhi oleh berbagai faktor, yakni spesies rumput laut, habitat, tahap kematangan, musim, suhu serta kondisi pengambilan sampel. Di sisi lain, rumput laut mampu mengakumulasi logam berat (misalnya arsenik (As), kadmium (Cd), tembaga (Cu), merkuri (Hg) dan timbal (Pb) dengan kadar yang berbeda-beda yang dapat mencapai 200-500 kali lipat dari tanaman darat. Hal ini merupakan suatu aspek penting yang harus diperhatikan ketika mempertimbangkan konsumsi rumput laut, karena dapat berpotensi menimbulkan risiko gangguan kesehatan (Cardoso *et al.*, 2014).

Logam berat dalam air dapat menjadi ancaman tidak langsung bagi kesehatan manusia dengan terakumulasi di seluruh rantai makanan. Logam berat sulit terurai dan larut dalam air yang kekurangan oksigen. Logam berat mengendap di dasar air, menumpuk di lingkungan dan sulit dihilangkan. Logam berat juga dapat terakumulasi dalam biota air, termasuk ikan, rumput laut dan sedimen (Bayu *et al.*, 2022). Kegiatan manusia, seperti pembuangan limbah rumah tangga, transportasi laut, aktivitas industri, dan pertanian, berpotensi mencemari perairan. Polusi dari aktivitas-aktivitas ini dapat menyebabkan akumulasi logam berat di dalam ekosistem perairan (Ahmad *et al.*, 2021). Namun, kadar logam berat pada sebagian besar makroalga yang dapat dimakan biasanya berada di bawah batas maksimum yang diizinkan untuk konsumsi manusia di sebagian besar negara. Selain itu, penting dicatat bahwa efek negatif dari logam berat tergantung pada keadaan fisiknya (Biancarosa *et al.*, 2017).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan data yang akurat mengenai komposisi nutrisi, kandungan mineral, serta kadar logam berat pada rumput laut cokelat jenis *Sargassum sp.* yang diambil dari perairan pantai Lombok, Indonesia. Informasi yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi sumber pengetahuan bagi peneliti, industri, dan masyarakat dalam mengevaluasi potensi manfaat nutrisi serta resiko yang mungkin ditimbulkan oleh kandungan logam berat pada rumput laut *Sargassum sp.* ini. Selain itu, hasil penelitian ini mampu dijadikan sebagai dasar untuk pengelolaan sumber daya rumput laut secara berkelanjutan, serta untuk keperluan pengolahan, komersial, kesehatan, atau perlindungan lingkungan.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Karakteristik Bahan Baku Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, Laboratorium Pusat Antar Universitas (PAU), Laboratorium Biotech center, Institut Pertanian Bogor. Bahan utama yang digunakan yaitu berupa rumput laut *Sargassum sp.* yang diperoleh dari perairan Pantai Ekas, Kecamatan Jerowaru, Kabupaten Lombok Timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat, Indonesia. Bahan lainnya yang digunakan yaitu berupa akuades, kertas saring, plastik klip, pelarut N-Heksana, H₂SO₄, NaOH, HCl, H₃BO₃,

bromine cresol green, alkohol, dan HNO₃. Alat yang digunakan yaitu terdiri dari dehidrator, *electric powder grinder*, saringan berukuran 60 mesh, cawan porselin, desikator, oven, tanur, *soxhlet*, tablet kjeldahl, erlenmeyer, labu ukur dan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

Rumput laut *Sargassum* sp. (Gambar 1A) dibersihkan dengan air laut untuk menghilangkan berbagai kotoran yang menempel, seperti pasir, batu dan tanaman yang menempel. Rumput laut kemudian dibiarkan kering sepenuhnya. Rumput laut kering sebanyak ± 1 kg digiling menjadi bubuk dengan *electric powder grinder* selama kurang lebih 30 detik dan diayak dengan ayakan 60 mesh. Tepung rumput laut *Sargassum* sp. (Gambar 1B) selanjutnya diuji berupa uji proksimat yang terdiri dari kadar air, abu (metode gravimetri), lemak (metode Soxhlet), protein (metode Kjeldahl), serat kasar dan kadar karbohidrat (metode *by difference*). Selain itu kandungan mineral (Ca, Na, Mg, K dan Fe), serta kandungan logam berat (Pb, Hg, As dan Cd) yang diujikan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rumput laut mengandung berbagai komponen nutrisi, termasuk protein, lipid, karbohidrat, dan mineral. Lebih dari 30% dari berat kering rumput laut adalah abu yang mengandung berbagai jenis mineral, vitamin, dan zat lainnya (Vijay *et al.*, 2017). Suhu, air, salinitas, cahaya, dan nutrisi merupakan faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi komposisi kimia rumput laut. Komposisi kimiawi rumput laut tidak hanya dipengaruhi oleh konsentrasi nutrisi air, tetapi juga oleh suhu dan kedalaman perairan, yang juga dipengaruhi oleh variasi musim dan lokasi geografis (Dewinta *et al.*, 2020). Komposisi kimia tepung rumput laut *Sargassum* sp. terdiri dari kadar air, abu, lemak, protein, serat kasar dan karbohidrat yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil komposisi proksimat tepung rumput laut *Sargassum* sp. pada Tabel 1, diperoleh bahwa kadar air rumput laut *Sargassum* sp. pada penelitian ini yakni 8,06%. Kadar air pada tepung rumput laut sangat rendah karena bahan baku yang digunakan berupa bahan baku

Tabel 1. Komposisi kimia tepung rumput laut *Sargassum* sp.

Komponen	Komposisi (%)
Air	8,06 ± 0,771
Abu	43,73 ± 2,531
Lemak	0,558 ± 0,011
Protein	7,485 ± 0,375
Serat kasar	5,675 ± 0,537
Karbohidrat	35,493 ± 1,587



Gambar 1. a. Rumput laut *Sargassum* sp. dan b. tepung rumput laut *sargassum* sp.

rumpun laut yang telah dikeringkan sebelum dilakukan proses penepungan. Kadar air pada tepung rumput laut *Sargassum sp.* yang dianalisis dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI 2690:2-2015) untuk rumput laut *Sargassum sp.* kering, yaitu dengan kadar air yang tidak melebihi batas maksimal 15%.

Kadar abu memiliki nilai yang paling tinggi yakni 42,73%. Hasil ini hampir serupa dengan penelitian Matanjan *et al.* (2009) memperoleh kadar abu pada tepung rumput laut *Sargassum polycystum* dari perairan Malaysia yakni 42,40%. Marín *et al.* (2009) memperoleh kadar abu pada tepung rumput laut spesies *Sargassum* dari perairan Meksiko yaitu 33,3% sedangkan penelitian Singh *et al.* (2017) menghasilkan kadar abu pada tepung rumput laut *Sargassum tenerrimum* dari perairan India yakni 30,58%. Mwalugha *et al.* (2015) melaporkan bahwa rumput laut memiliki kadar abu yang tinggi dapat disebabkan oleh polisakarida dinding sel dan proteinnya mengandung gugus karboksil, sulfat, dan fosfat anionik. Gugus-gugus ini berfungsi sebagai tempat pengikatan yang sangat baik untuk retensi logam, yang menunjukkan adanya sejumlah besar komponen mineral yang beragam. Perbedaan kadar abu dalam spesies dapat dikaitkan dengan perbedaan habitat tumbuh, yang mungkin mengandung berbagai konsentrasi senyawa anorganik dan garam di lingkungan air, serta metode mineralisasi yang berbeda pada spesies, yang dapat dipengaruhi oleh suhu dan pH. Menurut Kumar *et al.* (2015) kadar abu rumput laut memiliki kisaran 20%, lebih tinggi dari kebanyakan sayuran darat dengan nilai abu berkisar 5-10%. Umumnya, ganggang merah dan hijau memiliki kandungan abu yang lebih rendah daripada ganggang coklat.

Kadar lemak pada tepung *Sargassum sp.* memiliki jumlah yang terendah yaitu 0,558%. Menurut Winarni *et al.* (2021) rumput laut memiliki kadar lemak yang sangat sedikit, karena rumput laut menyimpan cadangan makanannya terutama berupa karbohidrat, khususnya polisakarida seperti laminaran, manitol, alginat, fucoidan, dan selulosa. Hewan menyimpan cadangan makanannya berupa lemak. Kandungan lemak rumput laut berkisar antara 1 hingga 3%, karena perbedaan cara penyimpanan cadangan makanan ini, lemak nabati memiliki persentase yang lebih rendah daripada lemak hewani. Hasil penelitian Lin *et al.* (2022) mengkonfirmasi bahwa rumput laut coklat jenis *Sargassum zhangii* sebagian besar terdiri dari karbohidrat 70,25%, protein 13,97%, dan abu 14,54% sedangkan komposisi terendah yaitu pada lemak 1,24%. Rumput laut *Sargassum zhangii* kaya akan serat pangan yang tidak larut dan mengandung kalsium, zat besi, seng, dan elemen mineral lainnya.

Protein yang terkandung pada tepung *Sargassum sp.* yakni 7,845%. Černá (2011) melaporkan bahwa kuantitas protein pada rumput laut bervariasi tergantung pada spesiesnya. Secara umum, kandungan protein menurun bergantung pada pigmentasi warna rumput laut yaitu umumnya protein yang tertinggi pada rumput laut merah diikuti dengan rumput laut hijau dan protein terendah pada rumput laut coklat. Konsentrasi polisakarida yang tinggi dapat membatasi aksesibilitas protein. Hal ini yang memungkinkan menyebabkan kadar protein tepung rumput laut *Sargassum sp.* pada penelitian ini tidak terlalu tinggi. Selain itu, komposisi serat kasar pada tepung *Sargassum sp.* yaitu 5,675%. Serat kasar menurut Dewinta *et al.* (2020) yaitu jenis karbohidrat yang tidak mampu diuraikan oleh enzim pencernaan. Polisakarida yang tinggi dapat meningkatkan kandungan serat dalam sel rumput laut.

Karbohidrat pada tepung *Sargassum sp.* memiliki komponen terbesar kedua setelah kadar abu yakni sebesar 35,493%. Hasil kadar karbohidrat pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Debbarma *et al.* (2016) terhadap *Sargassum sp.* yang berasal dari perairan India, yang menghasilkan kadar karbohidrat 30,32%. Rumput laut mengandung sejumlah besar karbohidrat sebagai polisakarida struktural, penyimpanan dan fungsional, serta total kandungan karbohidrat dapat berkisar antara 20% hingga 76% dari berat kering yang tergantung pada spesiesnya. Meskipun kandungan karbohidrat dalam rumput laut sangat tinggi, sebagian besar tersedia dalam bentuk serat makanan polisakarida, yang tidak diserap oleh tubuh manusia. Bentuk karbohidrat yang sedikit, tetapi dapat diserap, yang ada dalam rumput laut terdiri dari glukosa, manosa, dan galaktosa (Rajapakse dan Kim, 2011). Rumput laut coklat umumnya mengandung

beberapa jenis karbohidrat seperti *fucoidan*, laminaran (β -1,3-glukan), selulosa, alginat, dan manitol. Polisakarida cadangan utama pada rumput laut cokelat (*Phaeophyta*) yakni berupa laminaran (β -1,3-glukan) dan manitol (El-Said dan El-Sikaily, 2013). Struktur dan komposisi karbohidrat pada rumput laut bervariasi tergantung pada spesies, usia populasi ganggang, dan lokasi geografis (Manns *et al.*, 2014).

Rumput laut merupakan sumber mineral yang kaya dibandingkan dengan tanaman darat dan memiliki ketersediaan hayati yang lebih banyak. Rumput laut menyediakan hampir semua mineral esensial, dengan komposisi 7-38% mineral dari berat keringnya (Kumar *et al.*, 2021). Komposisi mineral yang dianalisis pada tepung rumput laut *Sargassum* sp. yaitu terdiri dari natrium, magnesium, kalsium, kalium, besi dan fosfor yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil analisis mineral didapatkan nilai tertinggi yaitu pada mineral kalium (K) sebesar 27,043 mg/kg. Komponen mineral yang tertinggi setelah kalium yaitu mineral natrium (Na) 23,069 mg/kg, diikuti oleh mineral besi (Fe), magnesium (Mg) dan kalsium (Ca) masing-masing senilai 18,133 mg/kg; 15,156 mg/kg; 11,936 mg/kg. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, yang dilakukan Nurjanah *et al.* (2022) diperoleh kandungan mineral pada tepung rumput laut *Sargassum* sp. yaitu kalium (K) 22,20 mg/g; natrium (Na) 1,65 mg/g; 0,60 mg/g; magnesium (Mg) 11,66 mg/g dan kalsium (Ca) 29,31 mg/g.

Kumar *et al.* (2021) menyatakan bahwa rumput laut cokelat (*Sargassum* sp., *Laminaria* sp., serta *Undaria* sp.) mengandung jumlah mineral yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis rumput laut merah (*Porphyra* sp. dan *Euclima* sp.). Kandungan mineral yang tinggi pada rumput laut menurut Morais *et al.* (2020) dapat disebabkan oleh kemampuannya untuk menyerap zat-zat anorganik dari lingkungan. Menurut Murugaiyan & Narasimman (2012) rumput laut mengandung mineral yang tinggi dapat disebabkan oleh polisakarida dan protein dinding sel mereka yang mengandung gugus karboksil, sulfat dan fosfat anionik yang merupakan tempat pengikatan yang sangat baik untuk retensi logam. Kandungan mineral pada rumput laut cukup tinggi yaitu berkisar antara (8-40%) dari berat kering yang terdiri dari mineral esensial dan elemen penting yang dibutuhkan untuk nutrisi manusia. Dalam beberapa kasus, kandungan mineral rumput laut tercatat lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman darat dan produk hewani.

Menurut Choudhary *et al.* (2021) sebagian besar mineral yang dibutuhkan untuk kesehatan manusia misalnya kalium, natrium, fosfor, kalsium, yodium, magnesium, zat besi, dan seng terdapat dalam jumlah yang cukup dalam rumput laut, sehingga berpotensi untuk digunakan secara luas sebagai suplemen yang bermanfaat bagi kesehatan. Menurut Riska *et al.* (2019) mineral kalsium kekurangan mineral kalsium (Ca). Mineral magnesium (Mg) sangat penting dalam fungsi dan struktur tubuh. Kekurangan mineral magnesium (Mg) pada manusia dapat menyebabkan berkurangnya (Ca) dan fosfor (P) merupakan mineral yang mampu berfungsi untuk perkembangan gigi dan tulang. Gangguan pertumbuhan dan metabolisme yang tidak normal adalah akibat dari nafsu makan, gagal jantung dan gangguan pertumbuhan. Mineral besi (Fe) sangat penting untuk banyak

Tabel 2. Komposisi mineral tepung rumput laut *Sargassum* sp.

Nama elemen	Total mineral (mg/kg)
Kalsium (Ca)	11,936 ± 0,168
Natrium (Na)	23,069 ± 0,074
Magnesium (Mg)	15,156 ± 0,127
Kalium (K)	27,043 ± 0,086
Besi (Fe)	18,133 ± 0,124
Rasio Na:K	0,853 ± 0,000

proses biokimia dalam tubuh manusia, termasuk produksi sel darah merah, yang membawa oksigen ke seluruh jaringan tubuh. Menurut Nurjanah *et al.* (2023) mineral natrium (Na) dapat membantu menjaga keseimbangan asam basa, osmotik, dan cairan di dalam tubuh, serta meningkatkan pertumbuhan sel yang sehat dan transmisi impuls saraf.

Penelitian ini menghasilkan rasio Na:K 0,853. Peng *et al.* (2012) memperoleh nilai rasio Na:K pada tepung rumput laut *Sargassum naozhouense* yaitu 0,77. Rasio Na:K yang relatif lebih rendah, yang menarik dari sudut pandang nutrisi, karena rasio Na:K yang tinggi sangat erat kaitannya dengan kejadian hipertensi. Menurut Hedayati *et al.* (2012) natrium dan kalium adalah pasangan mineral yang bekerja sama untuk menjaga keseimbangan cairan elektrolit dan asam basa yang mempengaruhi regulasi tekanan darah pada manusia. Nurjanah *et al.* (2022) melaporkan bahwa kenaikan tekanan darah dikaitkan dengan peningkatan rasio Na: K, yang juga dikaitkan dengan asupan natrium yang tinggi dan asupan kalium yang rendah. Rasio Na: K maksimum yang direkomendasikan oleh *World Health Organization* (WHO) adalah mendekati satu.

Rumput laut menurut Tega *et al.* (2019) yakni mempunyai kemampuan untuk menyerap logam berat dari air laut. Kemampuan intrinsik ini memungkinkan organisme ini mengakumulasi sejumlah besar logam berat dari waktu ke waktu. Logam berat merupakan polutan lingkungan yang utama, dan toksisitasnya menjadi perhatian yang semakin meningkat karena alasan ekologi, evolusi, nutrisi, dan lingkungan. Logam berat yang paling umum ditemukan dalam air adalah kadmium, arsenik, tembaga, kromium, timbal, seng dan nikel, yang seluruhnya berbahaya bagi kesehatan manusia jika dikonsumsi dalam makanan. Jumlah kandungan logam berat pada rumput laut *Sargassum sp.* yang terdiri dari lima parameter yaitu Pb (timbal), Hg (merkuri), As (arsenik), dan Cd (kadmium) dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil analisis logam berat pada tepung rumput laut *Sargassum sp.* diperoleh komponen logam berat tertinggi yaitu pada timbal (Pb) senilai 3,596 mg/kg dan hasil ini telah melebihi batas yang dianjurkan oleh Badan Standar Nasional Indonesia atau BSN (2015) yaitu tidak melebihi 0,3 mg/kg. Menurut Tresnati *et al.* (2021) dinding sel makroalga yang kaya akan polisakarida dan memiliki gugus asam karboksilat yang fungsional dapat berperan aktif dalam pengikatan logam. Menurut Dewinta *et al.* (2024) rumput laut dapat menyerap logam berat karena polisakarida dinding selnya mengandung gugus sulfat yang dapat menahan dan mengakumulasi logam berat. Senyawa *phytochelatin* yang ditemukan dalam rumput laut berfungsi untuk mengakumulasi dan menghilangkan logam berat.

Menurut Komariyah *et al.* (2019) bahan bakar minyak akibat aktivitas kapal-kapal nelayan yang berada di wilayah perairan pengambilan sampel rumput laut mampu mengakibatkan kadar logam timbal (Pb) di perairan menjadi tinggi. Penyebab lainnya adalah banyaknya lahan pertanian dan banyaknya pemukiman penduduk yang menghasilkan limbah dari penduduk, seperti air bekas memasak, air bekas cucian, aneka minyak, air bekas mandi, dan lain-lainnya, serta kegiatan perikanan dan peternakan. Menurut Nurjanah *et al.* (2023) tingginya kadar logam berat Pb pada rumput laut *Ulva lactuca* diduga dipengaruhi oleh curah hujan yang tinggi selama pengambilan sampel. Curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan kadar logam berat Pb di dalam air. Menurut Malau *et al.* (2018) akumulasi logam berat timbal (Pb) pada rumput laut dapat

Tabel 3. Kandungan logam berat tepung rumput laut *sargassum sp.*

Logam berat	Jumlah logam berat (mg/kg)	*Batasan logam berat
Pb (timbal)	3,596 ± 0,665	Maks. 0,3 mg/kg
Hg (merkuri)	Td	Maks. 0,5 mg/kg
As (arsenik)	0,027 ± 0,001	Maks. 1,0 mg/kg
Cd (kadmium)	0,297 ± 0,011	Maks. 0,1 mg/kg

Keterangan: Td (Tidak terdeteksi); *Sumber: BSN 2015.

disebabkan oleh pengkristalan timbal (Pb) di udara dengan bantuan air hujan, yang kemudian diserap oleh dinding sel rumput laut.

Menurut Aras (2020) toksisitas Pb menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk gangguan biosintesis heme, gangguan reproduksi, gangguan sistem saraf, dan penghambatan pertumbuhan. Timbal (Pb) adalah salah satu diantara logam berat banyak mencemari perairan laut karena merupakan hasil sampingan dari penguraian bahan bakar kapal. Ketika tubuh manusia terpapar timbal, sel darah merah akan mengangkutnya ke jaringan lunak (ginjal dan hati) sebelum mendistribusikannya kembali ke tulang, gigi serta rambut, umumnya dalam bentuk garam fosfat. Mekanisme toksisitas timbal adalah dengan menghambat biosintesis heme dan berikatan dengan gugus sulfhidril dalam protein.

Hasil analisis logam berat pada tepung rumput laut *Sargassum* sp. berupa merkuri (Hg) tidak terdeteksi sedangkan logam berat arsenik (As) diperoleh senilai 0,027 mg/kg dan telah memenuhi standar yang ditentukan oleh Badan Standar Nasional Indonesia yaitu tidak lebih dari 1,0 mg/kg. Namun, untuk logam berat berupa kadmium (Cd) pada tepung rumput laut *Sargassum* sp. ini telah melebihi ambang batas yang dianjurkan oleh Badan Standar Nasional Indonesia yaitu senilai 0,297 mg/kg dan yang seharusnya nilai logam berat kadmium (Cd) ini maksimal 0,1 mg/kg.

Rokhmatin dan Purnomo (2022) melaporkan bahwa kepadatan daerah pemukiman mampu menghasilkan limbah cair domestik. Kualitas suatu perairan dapat dipengaruhi oleh akumulasi limbah cair di pemukiman. Konsentrasi logam berat di perairan akan meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah limbah yang mengandung logam berat. Jumlah logam berat Cd dalam air juga sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Menurut Ardiyansyah *et al.* (2019) kandungan logam berat dalam air dapat berubah kapan saja dan tergantung pada lingkungan dan iklim. Berdasarkan Raza'i *et al.* (2022) logam berat timbal (Pb) serta kadmium (Cd) ini dikategorikan sebagai agen karsinogenik bagi manusia oleh Badan Internasional Penelitian Kanker. Paparan Cd dan Pb dapat menyebabkan kanker atau infeksi pada organ-organ tubuh manusia seperti saluran kemih, saluran reproduksi, sistem saraf pusat, sistem pernapasan, menyebabkan gangguan ginjal, dan meningkatkan tekanan darah.

Menurut Diharmi *et al.* (2020) kadar abu yang tidak larut asam adalah salah satu kriteria yang digunakan untuk menilai kebersihan proses pengolahan. Jumlah kadar abu tidak larut asam pada tepung rumput laut *Sargassum* sp. yaitu cukup tinggi sebesar 1,858 mg/kg. Namun pada penelitian Saraswati *et al.* (2020) bahwa kadar abu tidak larut asam pada rumput laut *Sargassum cristaeifolium* yang didapatkan pada perairan Pantai Ujung Genteng, Sukabumi diperoleh hasil yang lebih tinggi yaitu 2,58%. Hasil penelitian Dangar *et al.* (2021) memperoleh jumlah kadar abu yang tidak larut asam pada rumput laut *Sargassum tenerimum* berasal dari perairan pantai di India yaitu 3,63%. Menurut Darmawan *et al.* (2013) melaporkan bahwa abu tidak larut asam adalah bahan yang tidak larut dalam lingkungan asam (larutan klorida). Kadar abu tidak larut asam mengindikasikan adanya kontaminasi residu suatu produk dengan mineral atau logam yang tidak dapat larut dalam asam, seperti silika (Si), yang secara alamiah terdapat dalam bentuk kuarsa, batu, dan pasir. Faktor-faktor yang dapat memengaruhi jumlah kandungan abu tidak larut asam adalah proses penanganan bahan baku. Proses penyortiran baik dalam proses penanganan bahan baku maupun dalam proses pengolahan merupakan langkah penting untuk menghindari tingginya nilai kadar abu tidak larut asam. Menurut Malik *et al.* (2024) jumlah abu dalam bahan baku dan kebersihan proses, mampu menentukan kualitas pangan yang juga berkaitan erat dengan abu tidak larut asam. Semakin rendah jumlah abu yang tidak larut dalam asam, maka semakin baik kualitas atau mutunya.

KESIMPULAN

Rumput laut *Sargassum* sp. yang diambil dari perairan Pantai Ekas, Lombok, Indonesia memiliki kadar proksimat berupa abu yang tertinggi yakni 43,73% sedangkan kadar lemak memiliki jumlah yang terendah yakni 0,558%. Mineral kalium (K) memiliki proporsi tertinggi yakni 27,043 mg/kg dan

mineral yang terendah yaitu pada kalsium (Ca) 11,936 mg/kg, untuk rasio Na:K yang dihasilkan pada tepung rumput laut *Sargassum* sp. adalah 0,853 yang telah memenuhi standar WHO yaitu tidak lebih dari satu. Kandungan logam berat timbal (Pb) serta Kadmium (Cd) berturut-turut 3,596 mg/kg dan 0,297 mg/kg, dan telah melebihi batas maksimum yang ditentukan oleh Badan Standardisasi Nasional Tahun 2015. Kadar abu tidak larut asam berjumlah 1,858 mg/kg yang tergolong cukup tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Direktorat Riset dan Inovasi (DRI IPB University), Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi (Ditjen Dikti) serta Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbud Ristek) atas dukungan pembiayaan kegiatan riset ini melalui bantuan pendanaan Program Penelitian Tesis Magister dengan nomor kontrak: 22292/IT3.D10/PT.01.03/P/B/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Aras, N. R. M. (2020). Determination of Fe, Cu, Pb and Cd in seaweed (*Eucheuma cottonii*) and the seawater in Pico Village-Bantaeng District using inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES). *Proceeding International Conference on Science and Technology for Sustainable Industry*, 43, p.50.
- Ardiyansyah, O., Sudarno, & Rosmanida. (2019). Bioaccumulation of Cadmium (Cd) Heavy Metal on Seaweed (*Gracilaria* sp.) in Traditional Fishpond of Jabon Subdistrict, Sidoarjo District. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 236, p.012059. doi:10.1088/1755-1315/236/1/012059
- Ahmad, A., Rahman, & Hidayat. (2021). Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen dan Air di Sungai Jeneberang Kota Makassar. *Window of Public Health Journal*, 2(5), 844–851. doi:10.33096/woph.v2i5.282
- Bayu, A. S., Suciyo, & Andriyono, S. (2022). Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Cd dan As) pada Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) (Studi Kasus: Perairan Laut Wongsorejo, Banyuwangi). *Jurnal Ilmiah Perikanan*, 13(2), 168–176.
- Biancarosa, I., Belghit, I., Bruckner, C. G., Liland, N. S., Waagbø, R., Amlund, H., Heesch, S., & Lock, E. (2017). Chemical characterization of 21 species of marine macroalgae common in Norwegian waters: benefits of and limitations to their potential use in food and feed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(5), 2035–2042. doi:10.1002/jsfa.8798
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). (2015). *Rumput Laut Kering SNI 2690:2015*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Cardoso, S. M., G Carvalho, L., J Silva, P., S Rodrigues, M., R Pereira, O., & Pereira, L. (2014). Bioproducts from seaweeds: a review with special focus on the Iberian Peninsula. *Current Organic Chemistry*, 18(7), 896–917.
- Černá, M. (2011). *Seaweed Proteins and Amino Acids as Nutraceuticals* (pp. 297–312). doi:10.1016/B978-0-12-387669-0.00024-7
- Choudhary, B., Chauhan, O.P., & Mishra, A. (2021). Edible Seaweeds: A Potential Novel Source of Bioactive Metabolites and Nutraceuticals With Human Health Benefits. *Frontiers in Marine Science*, 8. doi:10.3389/fmars.2021.740054
- Circuncisão, A.R., Catarino, M.D., Cardoso, S.M., & Silva, A.M.S. (2018). Minerals from Macroalgae Origin: Health Benefits and Risks for Consumers. *Marine Drugs*, 16(11), p.400. doi:10.3390/md16110400
- Dangar, K., Varsani, V., & Vyas, S. (2021). Characterization of sodium alginate extracted from brown seaweeds growing on Veraval coast, Gujarat. *Plant Science Today*, 8(1), 45–48. doi:10.14719/pst.2021.8.1.932
- Darmawan, M., Utomo, B.S.B., & Mulia, R.A.Y. (2013). The quality of alkali treated cottonii (ATC) made from *Eucheuma cottonii* collected from different regions in Indonesia. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 8(3), 117–127.

- Debbarma, J., Madhusudana Rao, B., Murthy, L. N., Mathew, S., Venkateshwarlu, G., & Ravishankar, C.N. (2016). Nutritional profiling of the edible seaweeds *Gracilaria edulis*, *Ulva lactuca* and *Sargassum* sp. *Indian Journal of Fisheries*, 63(3). doi:10.21077/ijf.2016.63.3.60073-11
- Dewinta, A.F., Susanti, A., & Susetya, I.E. (2024). The Effect of seaweed (*Euचेuma cottonii*) extract and duration of soaking on reduction of Copper (Cu) level in Freshwater Mussel (*Pilsbryconcha exilis*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1302(1), p.012063. doi:10.1088/1755-1315/1302/1/012063
- Dewinta, A.F., Susetya, I.E., & Suriani, M. (2020). Nutritional profile of *Sargassum* sp. from Pane Island, Tapanuli Tengah as a component of functional food. *Journal of Physics: Conference Series*, 1542(1), p.012040. doi:10.1088/1742-6596/1542/1/012040
- Diharmi, A., Rusnawati, & Irasari, N. (2020). Characteristic of carrageenan *Euचेuma cottonii* collected from the coast of Tanjung Medang Village and Jaga Island, Riau. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 404(1), p.012049. doi:10.1088/1755-1315/404/1/012049
- El-Said, G.F., & El-Sikaily, A. (2013). Chemical composition of some seaweed from Mediterranean Sea coast, Egypt. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(7), 6089–6099. doi:10.1007/s10661-012-3009-y
- Hedayati, S.S., Minhajuddin, A.T., Ijaz, A., Moe, O.W., Elsayed, E.F., Reilly, R.F., & Huang, C.L. (2012). Association of Urinary Sodium/Potassium Ratio with Blood Pressure. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 7(2), 315–322. doi:10.2215/CJN.02060311
- Hrólfssdóttir, A.P., Arason, S., Sveinsdóttir, H. I., & Guðjónsdóttir, M. (2022). Added Value of *Ascophyllum nodosum* Side Stream Utilization during Seaweed Meal Processing. *Marine Drugs*, 20(6), p.340. doi:10.3390/md20060340
- Komariyah, N.L., Pursetyo, K. T., & Sudjarwo, S.A. (2019). Analysis of Lead (Pb) Value Comparison on Seaweed (*Euचेuma cottonii*) in Bluto and Saronggi Sumenep Marine, Madura, East Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 236(1), p.012065. doi:10.1088/1755-1315/236/1/012065
- Kumar, S., Sahoo, D., & Levine, I. (2015). Assessment of nutritional value in a brown seaweed *Sargassum wightii* and their seasonal variations. *Algal Research*, 9, 117–125. doi:10.1016/j.algal.2015.02.024
- Kumar, Y., Tarafdar, A., & Badgujar, P.C. (2021). Seaweed as a Source of Natural Antioxidants: Therapeutic Activity and Food Applications. *Journal of Food Quality*, 2021, 1–17. doi:10.1155/2021/5753391
- Lin, P., Chen, S., & Zhong, S. (2022). Nutritional and Chemical Composition of *Sargassum zhangii* and the Physical and Chemical Characterization, Binding Bile Acid, and Cholesterol-Lowering Activity in HepG2 Cells of Its Fucoindans. *Foods*, 11(12), p.1771. doi:10.3390/foods11121771
- Malau, R., Azizah, R., Susanto, A., Santosa, G. W., & Irwani, I. (2018). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen, Dan Rumput Laut *Sargassum* sp. Di Perairan Teluk Awur, Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(2), p.155. doi:10.14710/jkt.v21i2.3010
- Malik, Z.K., Puspasari, E., & Nurlaela, R.S. (2024). Karakteristik Kimia dan Sensori Stik Bawang dengan Penambahan Tepung Biji Alpukat (*Persea americana* Mill). *Karimah Tauhid*, 3(5), 5600-5619.
- Manns, D., Deutsche, A.L., Saake, B., & Meyer, A.S. (2014). Methodology for quantitative determination of the carbohydrate composition of brown seaweeds (Laminariaceae). *RSC Adv.*, 4(49), 25736–25746. doi:10.1039/C4RA03537B
- Marín, A., Casas-Valdez, M., Carrillo, S., Hernández, H., Monroy, A., Sanginés, L., & Pérez-Gil, F. (2009). The marine algae *Sargassum* spp. (Sargassaceae) as feed for sheep in tropical and subtropical regions. *Revista de Biología Tropical*, 57(4), 1271–1281.
- Matanjan, P., Mohamed, S., Mustapha, N. M., & Muhammad, K. (2009). Nutrient content of tropical edible seaweeds, *Euचेuma cottonii*, *Caulerpa lentillifera* and *Sargassum polycystum*. *Journal of Applied Phycology*, 21(1), 75–80. doi:10.1007/s10811-008-9326-4
- Morais, T., Inácio, A., Coutinho, T., Ministro, M., Cotas, J., Pereira, L., & Bahcevandzjev, K. (2020). Seaweed Potential in the Animal Feed: A Review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(8), p.559. doi:10.3390/jmse8080559
- Murugaiyan, K., & Narasimman, S. (2012). Elemental composition of *Sargassum longifolium* and *Turbinaria conoides* from Pamban Coast, Tamilnadu. *International Journal of Research in Biological Sciences*, 2(4), 137–140.

- Mwalugha, H.M., Wakibia, J.G., Kenji, G.M., & Mwasaru, M.A. (2015). Chemical Composition of Common Seaweeds from the Kenya Coast. *Journal of Food Research*, 4(6), p.28. doi:10.5539/jfr.v4n6p28
- Nurjanah, Abdullah, A., Jacobeb, A.M., Prameswari, D. K., & Seulalae, A.V. (2022). Effect of the ratio *Limncharis* sp. and *Sargassum* sp. on the characteristics of seaweed salt. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1033(1), p.012050. doi:10.1088/1755-1315/1033/1/012050
- Nurjanah, N., Ramlan, R., Jacobeb, 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), 63-74. doi:10.15578/jpbkp.v18i1.931
- Peng, Y., Xie, E., Zheng, K., Fredimoses, M., Yang, X., Zhou, X., Wang, Y., Yang, B., Lin, X., Liu, J., & Liu, Y. (2012). Nutritional and Chemical Composition and Antiviral Activity of Cultivated Seaweed *Sargassum naozhouense* Tseng et Lu. *Marine Drugs*, 11(1), 20–32. doi:10.3390/md11010020
- Rajapakse, N., & Kim, S.K. (2011). Nutritional and Digestive Health Benefits of Seaweed. *Advances in food and nutrition research*, 64, 17-28. doi:10.1016/B978-0-12-387669-0.00002-8
- Raza'i, T. S., Amrifo, V., Pardi, H., Putra, I. P., Febrianto, T., & Ilhamdy, A. F. (2022). 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, p.699. doi:10.12688/f1000research.54445.1
- 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.
- Rokhmatin, D., & Purnomo, T. (2022). Analisis Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Rumput Laut *Gracilaria* sp. yang Dibudidayakan di Kampung Rumput Laut Kecamatan Jabon Sidoarjo. *Sains Dan Matematika*, 7(1), 8–12.
- Saraswati, Giantina, G., Giriwono, P.E., Faridah, D.N., Iskandriati, D., & Andarwulan, N. (2020). Water and Lipid-Soluble Component Profile of *Sargassum cristaefolium* from Different Coastal Areas in Indonesia with Potential for Developing Functional Ingredient. *Journal of Oleo Science*, 69(11), 1517–1528. doi:10.5650/jos.ess20079
- Singh, C.B., Xavier, K.A.M., Deshmukhe, G., Gudipati, V., Shitole, S.S., & Balange, A.K. (2017). Fortification of Extruded Product with Brown Seaweed (*Sargassum tenerimum*) and Its Process Optimization by Response Surface Methodology. *Waste and Biomass Valorization*, 9(5), 755–764. doi:10.1007/s12649-017-9831-2
- Tega, Y.R., Herawati, E.Y., & Kilawati, Y. (2019). Heavy Metal (Pb) and Its Bioaccumulation in Red Algae (*Gracilaria* sp.) At Kupang Village, Jabon Sub-District, Sidoarjo District. *The Journal of Experimental Life Sciences*, 9(2), 139–146. doi:10.21776/ub.jels.2019.009.02.13
- Tresnati, J., Yasir, I., Zainuddin, Syafiuddin, Aprianto, R., & Tuwo, A. (2021). Metal bioaccumulation potential of the seaweed *Kappaphycus alvarezii*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 763(1), p.012059. doi:10.1088/1755-1315/763/1/012059
- Vijay, K., Balasundari, S., Jeyashakila, R., Velayathum, P., Masilan, K., & Reshma, R. (2017). Proximate and mineral composition of brown seaweed from Gulf of Mannar. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(5), 106–112.
- Widyartini, D.S., Widodo, P., & Susanto, A.B. (2017). Thallus variation of *Sargassum polycystum* from Central Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 18(3), 1004–1011. doi:10.13057/biodiv/d180319
- Winarni, S., Zainuri, M., Endrawati, H., Arifan, F., Setyawan, A., & Wangi, A.P. (2021). Analysis proximate of *sargassum* seaweed sp. *Journal of Physics: Conference Series*, 1943(1), p.012173. doi:10.1088/1742-6596/1943/1/012173