

Diversity of *Sargassum spp* on Lendang Luar Beach, West Nusa Tenggara

Mursal Ghazali^{1*}, Putu Bella Aprillia Saraswati¹, Sukiman¹

¹Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History

Received : November 28th, 2024

Revised : December 20th, 2024

Accepted : December 18th, 2024

*Corresponding Author:

Mursal Ghazali,

Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;

Email:

mursalghazali@unram.ac.id

Abstract: *Sargassum* is the most diverse genus in the brown algae Fucales and represents key ecologically important processes in marine ecosystems. There are 150 species found in tropical, subtropical and boreal waters. This study aims to know the biodiversity of the *Sargassum* genus in Lendang Luar Beach, West Nusa Tenggara. The study results will give knowledge about the different species of *Sargassum* based on their different morphologies and anatomical structures. The research method is divided into three work stages, which are collected on the location site, observing forms and observing anatomy. It collects algae by random sampling and serving cauloid, filoid, Vesicle (float) and receptacle (organs of breeding). Anatomical observation of the cortex and pith parts of stalk and thallus of *Sargassum*. According to the observation, four species of *Sargassum* were found at Rendang Luar Beach, North Lombok, West Nusa Tenggara: *Sargassum crassifolium*, *Sargassum cristaefolium*, *Sargassum echinocarpum*, and *Sargassum polycistum*. Such a result is that the variation in morphology is supported by the variation in anatomy.

Keywords: Anatomy, biodiversity; morphology, *sargassum*.

Pendahuluan

Phaeophyta atau dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai alga coklat merupakan tumbuhan laut yang tumbuh di perairan dangkal hingga daerah epipelagik pada kedalaman tertentu (Kasim, 2016). Alga coklat berdasarkan sel-sel penyusunnya terdiri dari alga multiseluler. Secara umum alga coklat memiliki karakteristik yang hampir menyerupai tumbuhan Tingkat tinggi (Pakidi & Suwoyo, 2017). Beberapa alga coklat memiliki habitus yang mirip dengan akar, batang serta daun. Bahkan diantara struktur menyerupai daun terdapat struktur yang menyerupai buah. Berdasarkan karakter morfologi, alga coklat merupakan salah satu makroalga yang memiliki habitus sempurna apabila dibandingkan dengan makroalga dari jenis lain. Meskipun demikian terdapat beberapa alga coklat yang memiliki habitus masih sederhana. Pigmen utama yang terdapat pada alga coklat antara lain adalah fikosantin klorofil, karoten, dan xantofil (Paransa et al., 2014).

Untuk memenuhi kebutuhan nutrisi, alga coklat menggunakan klorofil untuk proses fotosintesis. Beberapa contoh genus anggota Phaeophyta, diantaranya *Laminaria*, *Fucus*, *Turbinaria*, *Sargassum*, *Ectocarpus*, *Makrocyttis*, dll.

Sargassum C. Agardh (1820) memiliki lebih dari 350 spesies yang telah tervalidasi di seluruh dunia, dan sangat beragam di laut tropis dan subtropis (Guiry & Guiry 2018). Ciri khas talus *Sargassum* adalah talus yang bercabang-cabang membentuk banyak sumbu utama. *Sargassum* memiliki vesikula, dan folioid yang membantu menjaga struktur ganggang tegak saat terendam air laut (Pansing et al., 2017).

Sargassum memiliki kemampuan adaptasi yang tidak terlalu baik terhadap adanya perubahan parameter lingkungan. Perubahan nilai parameter lingkungan seperti substrat, gerakan air, suhu, salinitas, cahaya, pH, nutrisi dapat menyebabkan degradasi, kerusakan bahkan kepunahan (Marianingsih et al., 2013). Beberapa penelitian telah melaporkan keberadaan *Sargassum* di Pulau Lombok. Hasil penelitian

Prasedya et al., (2016) mendapatkan tiga spesies sargassum yang tumbuh diperairan pantai senggigi. Tiga spesies tersebut adalah *S. crassifolium*, *S. polycystum*, dan *S. aquifolium* yang ditemukan di sepanjang pantai Senggigi (Lombok Barat). Bahkan Ghazali (2023) melaporkan 4 spesies Sargassum yang tersebar di 15 lokasi yang ada di Pulau Lombok. Kondisi perairan di Pulau Lombok pada umumnya memiliki paparan terumbu karang yang luas, memperkuat informasi tentang keberagaman Sargassum, salah satunya adalah Pantai Lendang Luar.

Paparan terumbu karang yang luas di perairan Pantai Lendang luar menjadi habitat yang sangat baik bagi pertumbuhan Sargassum. Oleh sebab itu, dilokasi ini ditemukan beberapa jenis Sargassum dengan variasi morfologi yang tinggi. Pada beberapa kasus terjadi kesulitan dalam mengidentifikasi jenis sargassum yang ditemukan termasuk yang ada di Pantai Lendang Luar. Oleh karena itu, tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi spesies sargassum yang tumbuh di perairan Lendang Luar sehingga dapat diketahui keanekaragamannya. Hasil penelitian yang dicapai diharapkan dapat dijadikan sebagai basis data untuk mengembangkan produk berbasis bahan alam laut.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan selama empat bulan mulai dari bulan November 2023 sampai dengan bulan Februari 2024. Rentang waktu pelaksanaan penelitian meliputi survei lokasi penelitian, pengambilan sampel, identifikasi serta analisis data. Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Lombok Utara yaitu di Pantai Lendang Luar (-8.464534, 116.035494 sampai -8.458289, 116.035741). Koleksi sampel dilakukan pada lokasi penelitian khususnya pada ekosistem yang ditumbuhi oleh sargassum. Analisa data dilakukan di Laboratorium Imunobiologi Fakultas MIPA.

Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan pada saat koleksi sampel antara lain adalah plastik klip, kantong plastik, kamera digital, penggaris, serta milimeter blok. Sementara itu, peralatan yang

digunakan di laboratorium meliputi: nampan, petri disc, kertas label, mikroskop binokuler, cutter, kaca benda, kaca penutup, pipet dan alat tulis. Selain peralatan, penelitian ini juga menggunakan bahan seperti alcohol absolut, pewarna CBB, serta Sargassum spp yang dikoleksi dari Pantai Lendang Laur.

Sampling

Metode sampling yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode jelajah dimana sampel yang dikoleksi didapatkan dengan menjelajahi Lokasi penelitian. Semua individu *Sargassum spp* yang terlihat berbeda secara morfologinya dalam populasi dikoleksi sebagai sampel penelitian. Teknik pengambilan sampel yaitu teknik jelajah. Pengambilan sampel dilakukan di sepanjang Pantai Lendang Luar pada kedalaman 0-2 meter. Sampel diambil dengan tangan pada saat air surut dan disimpan di dalam kantong elastik besar.

Analisis morfologi

Metode analisis morfologi mengacu pada Ghazali, (2023) digunakan untuk mempelajari bentuk dan struktur fisik organisme. Sampel didokumentasikan, diamati dan diukur menggunakan penggaris dengan cermat untuk memperhatikan karakteristik morfologi umum seperti bentuk filoid, bentuk cauloid, bentuk visicle, dan struktur talus lainnya.

Anatomi Sargassum

Metode pembuatan preparat anatomi mengacu pada Triastinurmiatiningsih et al., (2011) yang telah dimodifikasi. Bagian makroalga yang akan dianalisis dipilih dengan hati-hati guna mempertahankan integritas struktur anatominya. Digunakan zat pengawet alkohol 96% untuk mempertahankan struktur sel, memudahkan warna dan mencegah kerusakan selama proses pewarnaan. Bagian sampel yang akan dianalisis dipotong tipis, direndam dalam larutan pewarna safranin, dan dibiarkan selama 1 menit. Irisan tipis selanjutnya dibilas dengan air bersih dan ditempatkan pada objek gelas benda untuk selanjutnya diamati dibawah mikroskop.

Analisis data

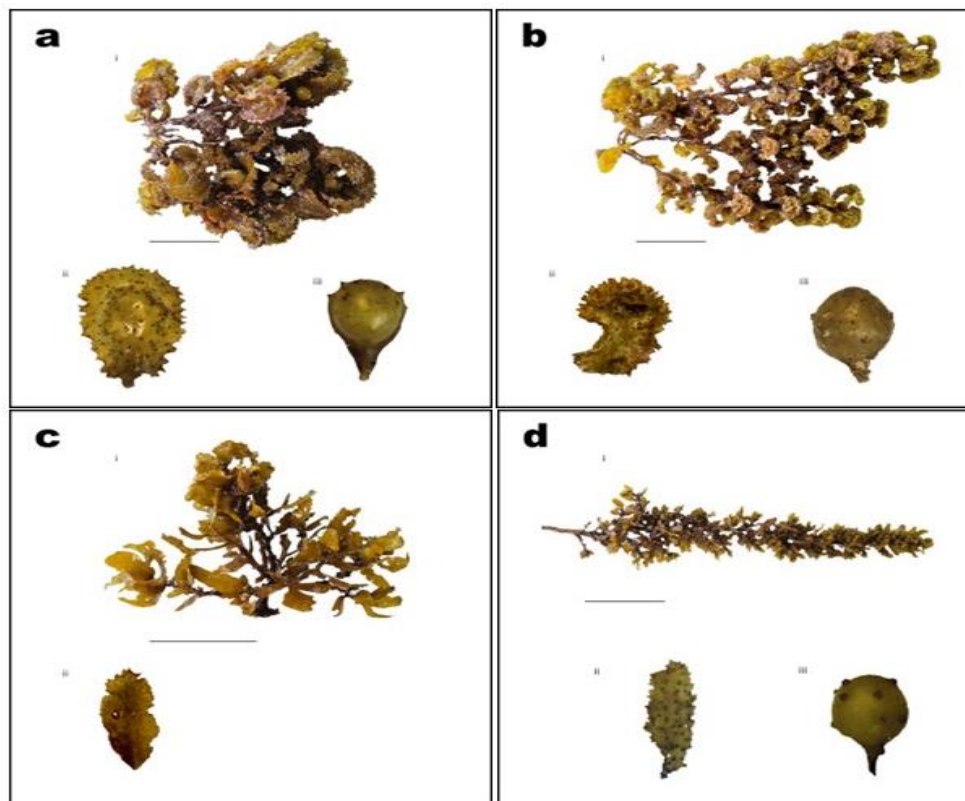
Data hasil pengamatan ditampilkan dalam bentuk gambar dan tabel, kemudian dianalisis secara deskriptif.

Hasil dan Pembahasan

Hasil identifikasi sampel yang dikoleksi dari Lokasi penelitian didapatkan spesies sebanyak empat spesies. Empat spesies tersebut terdiri dari *S. crassifolium*, *S. cristaefolium*, *S. echinocarpum*, dan *S. polycistum* (Gambar 1). Karakter morfologi yang paling menonjol dari empat spesies tersebut adalah holdfast, talus utama, folioed dan vesikel atau kantung udara yang dimiliki. Secara umum, holdfast yang dimiliki oleh sargassum memiliki bentuk seperti cakram, tetapi dalam penelitian ini ditemukan satu spesies memiliki tambahan jenis holdfast berbentuk rizoid pada *S. polycistum*. Rhizoid pada Sargassum memiliki peranan yang sangat penting dalam menambatkan talus pada berbadai

substrat yang terdapat di dasar laut, memastikan stabilitas pada lingkungan yang dinamis dan mengoptimalkan akses ke arah sinar matahari (Canul-Ku *et al.*, 2023).

Struktur kompleks rizoid, yang terdiri dari akar halus bercabang, memungkinkan perlekatan yang aman bahkan di lingkungan laut yang dinamis dengan tekanan air dan gelombang yang kuat (Alleyne, 2022). Mekanisme perlekatan ini tidak hanya mencegah pelepasan tetapi juga menstabilkan Sargassum di habitatnya (Achmadi & Arisandi, 2021), mengoptimalkan akses ke sinar matahari untuk fotosintesis (Paredes-Camacho *et al.*, 2023). Selain itu, rizoid membantu talus terhadap tekanan lingkungan, kelangsungan hidup dan keberhasilan ekologis spesies Sargassum (Xu *et al.*, 2016).



Gambar 1. Morfologi 4 spesies sargassum yang ditemukan di Pantai Lendang Luar. **a.** *S. crassifolium*, **b.** *S. cristaefolium*, **c.** *S. echinocarpum*, **d.** *S. polycistum*. Keterangan i. talus; ii. filoid dan iii. visicle Scale bar: 3 cm.

Filoid pada sargassum juga memiliki variasi bentuk dan ukuran. Folioed *Sargassum spp.* umumnya berbentuk oval dan lonjong. Bagian pinggir folioed pada umumnya memiliki gerigi dan tidak beraturan. Filoid oval dan berduplikasi merupakan ciri dari *Sargassum crassifolium* dan *Sargassum cristaefolium*,

sedangkan filoid yang berbentuk lonjong merupakan ciri dari *Sargassum crassifolium* dan *Sargassum cristaefolium*. Berdasarkan hasil pengamatan variasi morfologi filoid menunjukkan bahwa tidak terlalu banyak variasi bentuk filoid pada *Sargassum spp.*

Variasi bentuk dan ukuran folioid pada sargassum sangat dipengaruhi oleh usia folioid, spesies, kondisi lingkungan dan diferensiasi genetik. Setiap spesies sargassum memiliki perbedaan bentuk dan ukuran folioid pada 3 spesies sargassum di Gorontalo (Tuiyo, 2013) dan 4 spesies sargassum yang tersebar di Pulau Lombok (Ghazali, 2023). Selain antar spesies, perbedaan bentuk dan ukuran juga terjadi pada

satu spesies yang sama tetapi memiliki perbedaan usia dan tempat tumbuh. *Sargassum polyceratium* memiliki perbedaan intraspesifik folioid yang sangat luas. Widyartini *et al* (2017) menemukan hasil yang tidak jauh berbeda, dimana *Sargassum polycystum* menunjukkan bentuk dan ukuran folioid yang bervariasi di antara individu yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti salinitas, pH, dan nutrisi.

Tabel 1. Karakteristik kualitatif *Sargassum spp* Pantai Lendang Luar. *Scras* (*S. crassifolium*), *Scris* (*S. cristaefolium*), *Sech* (*S. echinocarpum*) dan *Spol* (*S. polycistum*)

Karakter	Spesies			
	<i>Scras</i>	<i>Scris</i>	<i>Sech</i>	<i>Spol</i>
Holdfast	<i>Cakram</i>	<i>Cakram</i>	<i>Cakram</i>	<i>Cakram dan Rizoid</i>
Talus utama	Silindris	Silindris	Silindri	Silindris
Spina pada talus				ada
Warna talus	coklat, coklat muda	coklat, coklat muda	coklat, coklat muda	coklat
Bentuk filoid	Oval	oval/lonjong	Lonjong	linear/lonjong
Pinggiran filoid	bergerigi	bergerigi	bergerigi	bergerigi
Bintik hitam pada folioid				ada
Ujung Filoid	bulat dan duplikasi hingga setengah folioid	bulat/lonjong dengan duplikasi bagian ujung	runcing	rincing
Vesicle	silindris, bersayap	lonjong		silider
Ujung vesicle	bulat	runcing		runcing

Karakter lain yang dijadikan parameter adalah vesicle. *Sargassum spp.* Umumnya memiliki vesicle berbentuk silinder dan lonjong. Memiliki variasi ketebalan dinding mulai dengan dinding tebal hingga tipis. Vesicle berbentuk silinder terdapat pada spesies *Sargassum crassifolium* dan *Sargassum polycistum*, sedangkan bentuk vesicle lonjong terdapat pada *Sargassum cristaefolium*. Salah satu dari 4 spesies yang ditemukan memiliki vesicle pada bagian tangkainya. Berdasarkan hasil pengamatan variasi morfologi vesicle dipengaruhi oleh letak habitat dari beberapa jenis *Sargassum* yang telah ditemukan. *Sargassum spp.* dengan bentuk vesicle bulat berukuran kecil umumnya tumbuh di perairan yang tidak terlalu dalam, sedangkan individu yang tumbuh pada perairan yang lebih dalam cenderung memiliki vesicle berbentuk oval atau lonjong dengan ukuran yang lebih besar. Perbedaan karakteristik dapat terjadi akibat perbedaan tempat tumbuh (Kim *et al.*, 2022).

Tabel 2 memperlihatkan adanya perbedaan data kuantitatif pada setiap sampel yang telah

diamati. Jenis *Sargassum crassifolium* menunjukkan filoid yang relatif panjang dibandingkan jenis *Sargassum spp.* lainnya dengan panjang mencapai 3 cm. Lebar filoid yang signifikan, yakni 2,1 cm, memberikan kesan bahwa struktur ini mungkin memiliki luas permukaan yang cukup besar dibandingkan jenis *Sargassum spp.* lainnya. Ketebalan filoid sekitar 1 cm, menciptakan struktur yang kokoh diantara struktur fleksibel yang dimiliki jenis *Sargassum crassifolium*, *Sargassum cristaefolium*, *Sargassum echinocarpum*, *Sargassum polycistum*. Diameter vesicle pada sampel ini adalah 1 cm, menunjukkan adanya vesikula udara atau organ penyimpanan gas yang lebih luas dibandingkan 3 jenis *Sargassum spp.* lainnya. Variasi morfologi yang dimiliki oleh sargassum dapat digunakan sebagai karakter untuk melihat kekerabatan atau kedekatan *Sargassum* Ghazali, (2023) membuat grafik kedekatan spesies sargassum dari berbagai Lokasi yang ada di pulau Lombok berdasarkan variasi morfologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesies

yang berasal dari Lokasi yang berbeda memiliki Tingkat kedekatan yang berbeda.

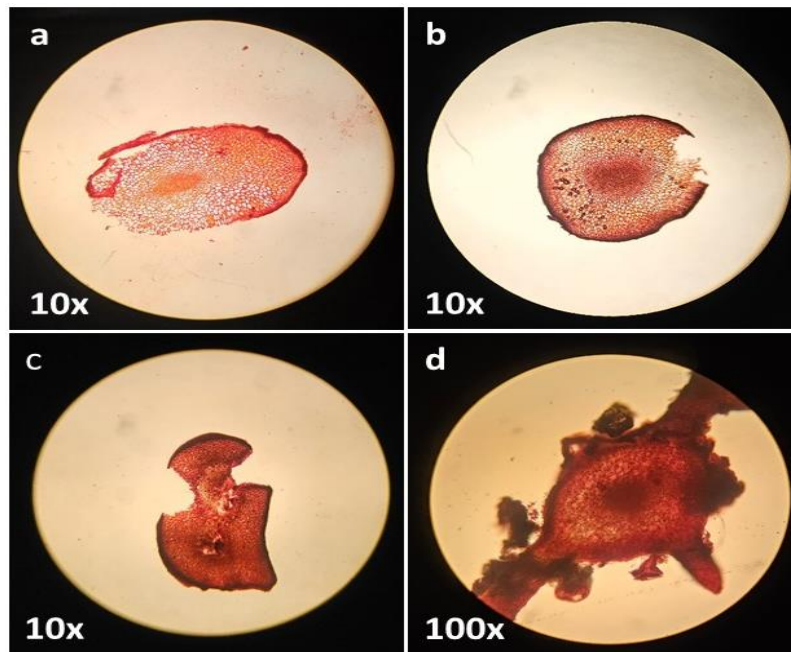
Tabel 2. Variasi hasil pengamatan kuantitatif *Sargassum spp* perairan Pantai Lendang Luar

Karakter	<i>Scras</i>	<i>Scris</i>	<i>Sech</i>	<i>Spol</i>
Holdfast (cm)	1,0 - 2,5	0,8 - 2,7	0,8 - 2,6	0,9 - 2,3
Talus Utama (mm)	2,3 - 4,5	2,3 - 4,7	2,4 - 4,5	2,3 - 4,2
Cabang (mm)	1,8 - 4,1	2,1 - 4,6	2,1 - 4,3	2,1 - 4,0
Panjang filoid (cm)	1,8 - 4,5	1,7 - 4,0	1,7 - 6,5	1,6 - 7,2
Lebar filoid (cm)	0,4 - 1,7	0,3 - 1,7	0,4 - 1,7	0,3 - 1,3
Ketebalan filoid (mm)	1,0 - 3,2	1,5 - 2,7	1,0 - 1,5	1,3 - 1,5
Diameter vesicle (mm)	2,4 -10,3	0,7 - 8,9	-	1,3 - 4,5

Parameter anatomi

Data anatomi didapatkan dengan membuat preparate dengan sayatan melintang pada beberapa organ baik filoid, vesicle maupun

receptacle. Pembuatan preparate dilakukan untuk mengetahui adanya perbedaan struktur anatomi dari masing-masing spesies *Sargassum spp*.



Gambar 2. Anatomi talus utama *Sargassum spp* perairan Pantai Lendang Luar. **a.** *S. crassifolium*, **b.** *S. cristaefolium*, **c.** *S. echinocarpum*, **d.** *S. polycistum*.

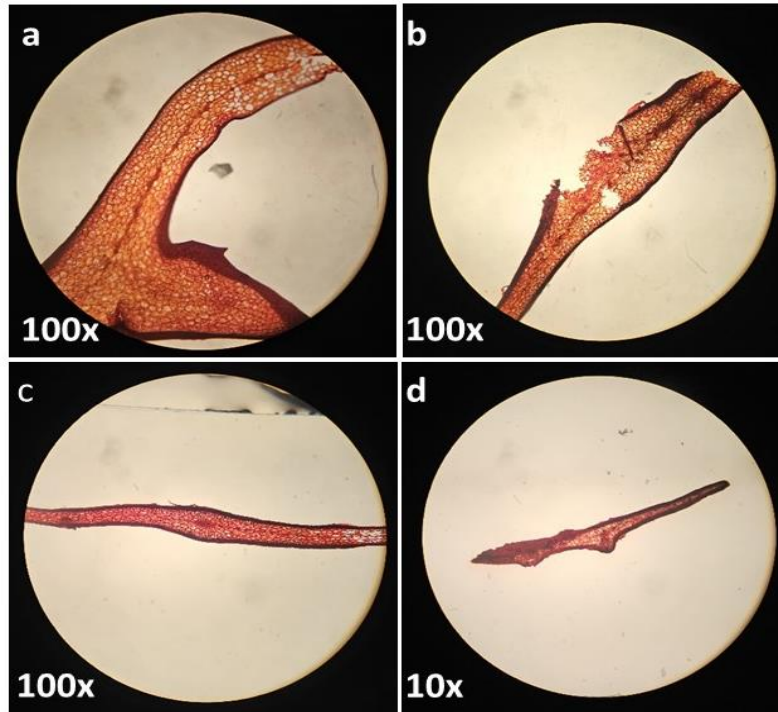
Gambar 2. menunjukkan perbandingan anatomi talus utama *Sargassum spp* yang tumbuh di Perairan Pantai Lendang Luar Kabupaten Lombok Utara. Pada semua spesies *sargassum spp*. jumlah sel pada antomi talus utama lebih banyak pada bagian pinggir dibandingkan pada bagian Tengah. Sel pada bagian pinggir memiliki ukuran yang lebih kecil dengan susunan yang rapat, sementara sel pada bagian tengah memiliki ukuran lebih besar dengan susunan yang lebih renggang. Secara umum ukuran sel pada setiap spesies berbeda-

beda. *S. crassifolium* merupakan spesies yang memiliki ukuran sel paling besar diikuti *S. cristaefolium*, *S. echinocarpum*. Sementara itu, *S. polycystum* merupakan spesies sargassum yang memiliki ukuran sel paling kecil. Hasil yang sama ditunjukkan oleh penampang melintang folioid 4 spesies tersebut (Gambar 3).

Spesies *S. crassifolium* memiliki jumlah sel pada bagian tepi dibandingkan pada bagian tengah (Triastinurmiatiningsih *et al.*, 2011). Hasil yang sama juga didapatkan oleh Widyartini, (2012), dimana sel-sel epidermis

sargassum memiliki jumlah dan kerapatan yang lebih besar dibandingkan pada bagian tengah. Demikian juga halnya dengan sel-sel yang menyusun folioid. Selain, posisi sel. Ukuran dan ketebalan bagian sel sangat dipengaruhi oleh lokasi tempat tumbuhnya. Variasi anatomi memiliki korelasi yang sangat erat dengan variasi

morfologi. Variasi morfologi terjadi akibat adanya adaptasi terhadap parameter lingkungan. Sementara itu, variasi anatomi yang terjadi antar spesies merupakan karakteristik yang dapat digunakan untuk membedakan satu spesies dengan spesies lain dalam satu genus.



Gambar 3. Anatomi folioid spesies *Sargassum spp* Pantai Lendang Luar. **a.** *S. crassifolium*, **b.** *S. cristaefolium*, **c.** *S. echinocarpum*, **d.** *S. polycistum*.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini antara lain: jumlah spesies yang didapatkan sebanyak 4 spesies sargassum yaitu *S. crassifolium*, *S. cristaefolium*, *S. echinocarpum*, dan *S. polycistum*. Setiap spesies memiliki ukuran berbeda pada alat pelek, talus utama serta organ lain. Setiap spesies memiliki karakteristik sendiri berdasarkan data morfologi dan anatomi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sangat mendalam kepada semua elemen yang telah mendukung terlaksananya penelitian sampai terbit naskah publikasi ini. Tidak lupa juga disampaikan terima kasih kepada

LPPM Universitas Mataram yang telah mendanai penelitian ini melalui Sumber Dana PNPB.

Referensi

- Achmadi, R., & Arisandi, A. (2021). Perbedaan Distribusi Alga Coklat (*Sargassum sp.*) di Perairan Pantai Srau dan Pidakan Kabupaten Pacitan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 2(1), 25–31. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v2i1.9766>
- Alleyne, K. (2022). How is Pelagic Sargassum-Associated Biodiversity Assessed? Insights from the Literature. *Gulf and Caribbean Research*, 33, GCFI14–GCFI23. <https://doi.org/10.18785/gcr.3301.08>
- Canul-Ku, L. A., Sanginés-García, J. R., Urquizo, E. A., Canul-Solís, J. R.,

- Valdivieso-Pérez, I. A., Vargas-Bello-Pérez, E., Molina-Botero, I., Arango, J., & Piñeiro-Vázquez, Á. T. (2023). Effect of Pelagic Sargassum on In Vitro Dry Matter and Organic Matter Degradation, Gas Production, and Protozoa Population. *Animals*, 13(11), 1858. <https://doi.org/10.3390/ani13111858>
- Ghazali, M. (2023). Diversity and distribution of Sargassum spp on Lombok Island. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(2), 322–329. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i2.6183>
- Kasim, M. (2016). *Makro Alga*. Penebar Swadaya.
- Kim, S., Choi, S. K., Van, S., Kim, S. T., Kang, Y. H., & Park, S. R. (2022). Geographic Differentiation of Morphological Characteristics in the Brown Seaweed *Sargassum thunbergii* along the Korean Coast: A Response to Local Environmental Conditions. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(4), 549. <https://doi.org/10.3390/jmse10040549>
- Pakidi, C. S., & Suwoyo, H. S. (2017). Potensi dan Pemanfaatan Bahan Aktif Alga Cokelat *Sargassum sp. Octopus* *Jurnal Ilmu Perikanan*, 6(1), 551–562.
- Pansing, J., Gerung, G., Sondak, C., Wagey, B., Ompi, M., & Kondoy, K. (2017). Morfologi Sargassum sp di kepulauan Raja Ampat, Papua Barat. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 5(1), 13. <https://doi.org/10.35800/jplt.5.1.2017.14990>
- Paransa, D. S. J., Kemer, K., Rumengan, A. P., & Mantiri, D. M. H. (2014). Analisis Jenis Pigmen Dan Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Pigmen Xantofil Pada Alga Coklat *Sargassum polycystum* (C.Agardh). *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*, 1(1).
- Paredes-Camacho, R. M., González-Morales, S., González-Fuentes, J. A., Rodríguez-Jasso, R. M., Benavides-Mendoza, A., Charles-Rodríguez, A. V., & Robledo-Olivo, A. (2023). Characterization of Sargassum spp. From the Mexican Caribbean and Its Valorization through Fermentation Process. *Processes*, 11(3), 685. <https://doi.org/10.3390/pr11030685>
- Prasedya, E. S., Miyake, M., Kobayashi, D., & Hazama, A. (2016). Carrageenan delays cell cycle progression in human cancer cells in vitro demonstrated by FUCCI imaging. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16(1), 270. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1199-5>
- Triastinurmiatiningsih, Ismanto, & Ertina. (2011). Variasi Morfologi Dan Anatomi *Sargassum spp. Ekologia*, 11(2), 1–10.
- Tuiyo, R. (2013). Identifikasi Alga Coklat (*Sargassum sp*) di Provinsi Gorontalo. *Nike: Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 1(3), 193–195.
- Widyartini, D. S. (2012). Keanekaragaman Morfologi Rumput Laut Sargassum Dari Pantai Permisian Cilacap dan Potensi Sumberdaya Alginatnya Untuk Industri. *Prosiding Seminar Nasional. Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan II, Purwokerto*.
- Xu, M., Sakamoto, S., & Komatsu, T. (2016). Attachment strength of the subtidal seaweed *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh varies among development stages and depths. *Journal of Applied Phycology*, 28(6), 3679–3687. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0869-5>