

The Effect of Depth on Carrageenan Content in *Kappaphycus alvarezii* Culture in the Waters of Teluk Gerupuk

Kuratul Aini^{1*}, Nunik Cokrowati¹, Rangga Idris Affandi¹

¹Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History

Received : May 05th, 2025

Revised : May 15th, 2025

Accepted : May 20th, 2025

*Corresponding Author:

Kuratul Aini*, Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Email:

Kuratuluzumaki@gmail.com

Abstract: *Kappaphycus alvarezii* is a red seaweed commonly found in the Indo-Pacific region. Seaweed plays an important role in daily life due to its high nutritional value and its content of hydrocolloid compounds such as carrageenan, agar, and alginate. Carrageenan is categorized into three types: iota, kappa, and lambda. It is widely applied in various sectors including food, pharmaceuticals, and cosmetics. This study aimed to identify the optimal cultivation depth to maximize the carrageenan content in *Kappaphycus alvarezii*. The research employed an experimental method using different depth treatments over a cultivation period of 45 days. A completely randomized design (CRD) was applied, consisting of four treatments with three replications, resulting in a total of 12 experimental units. The treatments were as follows: P1 (0 cm depth), P2 (25 cm), P3 (50 cm), and P4 (75 cm). The research procedure included the construction of floating rafts, seedling preparation, tying of seedlings, planting, sampling, and harvesting. The best results were observed in treatment P1 (0 cm depth), which yielded the highest carrageenan content at 40%, the greatest absolute weight at 350 grams, and the highest specific growth rate at 5.90% per day.

Keywords: Carrageenan, Depth, *Kappaphycus alvarezii*.

Pendahuluan

Rumput laut merupakan komoditas ekspor yang berharga bagi Indonesia karena penerapannya yang luas dalam kehidupan sehari-hari dan industri sehingga memperluas pasarnya (Yolanda & Agustono, 2020). Indonesia memiliki banyak daerah yang terkenal dengan produksi rumput lautnya, termasuk Nusa Tenggara Barat (NTB), khususnya Pulau Lombok (Cokrowati *et al.*, 2019).

Kappaphycus alvarezii termasuk rumput laut merah yang banyak ditemukan di kawasan Indo-Pasifik. Rumput laut sangat penting dalam kehidupan sehari-hari karena nilai gizinya yang tinggi dan mengandung senyawa hidrokoloid seperti karaginan, agar, dan alginat. Karaginan dikategorikan menjadi tiga jenis: iota, kappa, dan lambda. Iota menghasilkan jeli yang lembut dan fleksibel, kappa menghasilkan jeli

yang padat, dan lambda tetap dalam bentuk cair tanpa pembentukan gel (Desiana & Hendrawati, 2015).

Karaginan dapat diterapkan di berbagai sektor termasuk makanan, farmasi, dan kosmetik. Dalam industri makanan, ia berfungsi sebagai bahan pengental dan pembentuk gel, meningkatkan tekstur produk seperti susu, yogurt, keju, permen, es krim, dan coklat. Selain itu, karaginan digunakan dalam obat-obatan untuk melakukan tes obat anti-inflamasi (Kumayanjati & Dwimayasanti, 2018).

Karaginan banyak dimanfaatkan dalam industri makanan untuk mempercantik tampilan produk seperti bir, kopi, salad, sosis, susu kental manis, es krim, coklat, dan jelly. Dalam industri farmasi, digunakan pada produksi obat-obatan, sirup, pasta gigi, tablet, sampo, dan banyak lagi. Industri kosmetik menggunakan karaginan sebagai bahan pembentuk gel atau

pengikat. Selain itu, dalam industri non-makanan, karaginan digunakan dalam tekstil, cat air, kertas, pelapis keramik, dan aplikasi lainnya (Syahrul, 2021).

Variasi kadar karaginan pada rumput laut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti ekologi perairan, praktik setelah panen, teknik produksi, dan pertumbuhan rumput laut. Kandungan karaginan pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii* sangat dipengaruhi parameter ekologi laut, seperti arus, kedalaman air, dan paparan sinar matahari. Laju pertumbuhan spesies rumput laut ini merupakan salah satu variabel kunci yang memengaruhi kualitas karagannya (Rizqi *et al.*, 2018).

Kadar karaginan tertinggi ditemukan pada kedalaman 50 cm (Rizqi *et al.*, 2018). Kedalaman 25 cm, penyinaran sinar matahari cukup optimal untuk pembentukan *thallus*, berbeda nyata dengan kondisi kedalaman 15 cm yang intensitas sinar matahari merusak pigmen fotosintesis sehingga menghambat pembentukan karaginan pada saat fotosintesis. Rumput laut pada kedalaman 25 cm mengalokasikan lebih banyak energi sinar matahari untuk proses pertumbuhannya. Penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi kedalaman optimal untuk memaksimalkan kandungan karaginan pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii*.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian berlangsung selama 45 hari pada bulan Juli 2024 sampai Agustus 2024 yang bertempat di Teluk Gerupuk, Desa Gerupuk, Kecamatan Pujut, Kabupaten Lombok Tengah. Selanjutnya dilakukan pembuatan rendemen karaginan di Batu Raja, Ampenan.

Alat dan bahan

Alat penelitian yaitu Alat tulis, blender, boat, botol berisi pasir, Chopper, do meter, gunting, kain, kamera, kompor, panci, penggaris, PH meter, refraktometer, rakit, sendok, lux meter, tali rafia, termometer, timbangan, toples, Open dan saringan. Adapun bahan yang digunakan yaitu rumput laut, alkohol dan bambu.

Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan variabel perlakuan berupa perbedaan kedalaman penanaman rumput laut *Kappaphycus alvarezii* selama periode 45 hari. Desain penelitian yang diterapkan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL), terdiri dari 4 perlakuan dan 3 ulangan, sehingga total terdapat 12 unit percobaan. Adapun perlakuan yang diberikan yaitu:

P1 : Kedalaman 0 cm

P2 : kedalaman 25 cm

P3 : kedalaman 50 cm

P4 : kedalaman 75 cm

Persiapan konstruksi

Persiapan budidaya dengan menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan pada saat melakukan budidaya, terutama persiapan untuk pembuatan rakit yang digunakan sebagai wadah untuk menanam bibit rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. Alat yang digunakan berupa bambu, tali ris, tali rafia, pelampung, dan lain sebagainya. Konstruksi rakit apung yang digunakan yakni 1 buah dengan panjang dan lebar rakit apung adalah 2 m x 4 m. Kemudian jarak antar tali ris yaitu 30 cm.

Pengikatan rumput laut

Bibit rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang digunakan untuk penelitian ini bersumber dari perairan Teluk Gerupuk. Proses pengikatan rumput laut dilokasi budidaya dilakukan di darat tepatnya dipinggir pantai, bibit tersebut diikat pada masing-masing tali dengan Panjang 0 cm, 25 cm, 50 cm, dan 75 cm yang kemudian diikatkan pada tali ris. Jarak ikatan antar titik rumput laut yaitu 25 cm dengan berat 50 gr.

Penanaman rumput laut

Setelah proses pengikatan bibit rumput laut selesai kemudian bibit diikatkan pada rakit yang telah disiapkan, pengikatan tali ris harus dilakukan secara erat agar rumput laut tidak mudah terlepas.

Pemeliharaan

Kegiatan ini dilakukan monitoring terhadap rumput laut yang dilakukan dengan cara sampling atau penimbangan rumput laut dalam beberapa hari pemeliharaan. Selain itu, pemeliharaan juga mencakup pengawasan

terhadap rakit sebagai media budidaya serta pemantauan rumput laut dari serangan hama dan penyakit.

Pemanenan

Pemanenan dilakukan setelah rumput laut dipelihara selama 45 hari, kemudian diambil sampel untuk dilakukan uji lanjutan di rumah guna mengetahui kandungan karaginan.

Uji parameter penelitian

Parameter yang diukur antara lain pertumbuhan rendemen karaginan, berat mutlak, laju pertumbuhan spesifik dan kualitas air.

Uji karaginan

Rumput laut yang sudah kering diambil sebanyak 30 gram dan direndam dalam air tawar selama sehari penuh. Setelah itu, rumput laut direndam lagi selama lima belas menit dalam air tawar. Setelah itu, rumput laut dicincang dan dihaluskan dengan blender. Setelah diblender rumput laut direbus menggunakan panci sampai terbentuk ekstrak rumput laut yang mengental. Selanjutnya, ekstrak rumput laut dimasukkan dalam loyang yang sudah disaring menggunakan kain. Ekstrak yang sudah disaring kemudian dicampur dengan alkohol 96% sebanyak 60 ml lalu diaduk rata. Ekstrak kemudian dapat dijemur di bawah sinar matahari hingga kering dan dimasak dalam oven selama 5 menit untuk meminimalkan kadar air. Setelah kering karaginan yang didapatkan dapat ditimbang dan hasil penimbangan merupakan berat kering karaginan. Rendemen karaginan dapat dihitung menggunakan persamaan 1 (Cokrowati *et al.*, 2020).

$$\text{Karaginan (\%)} = \frac{\text{Berat karaginan}}{\text{Berat sampel}} \times 100\% \quad (1)$$

Laju pertumbuhan mutlak

Laju pertumbuhan mutlak adalah pertumbuhan berat *Kappaphycus alvarezii* selama pemeliharaan mengikuti formula yang ada pada (Tuiyo & Moo, 2023).

$$W = W_t - W_0 \quad (2)$$

W = Pertumbuhan mutlak (g)

W_t = Berat rata-rata rumput laut uji pada akhir pemeliharaan (g)

W₀ = Berat rata-rata rumput laut uji pada awal pemeliharaan (g)

Laju Pertumbuhan Spesifik

Laju pertumbuhan spesifik (*Specific Growth Rate* atau SGR) merupakan parameter yang digunakan untuk menggambarkan persentase peningkatan biomassa atau berat rumput laut *Kappaphycus alvarezii* per satuan waktu, biasanya dihitung dalam satuan persen per hari. Indikator ini sangat penting dalam evaluasi performa budidaya karena memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai efisiensi pertumbuhan harian tanaman, terlepas dari ukuran awalnya (Ikhsan *et al.*, 2022). Laju pertumbuhan spesifik dapat dihitung menggunakan persamaan 3 (Irawati & Affandi, 2024).

$$\text{SGR} = (\ln W_t - \ln W_0) / t \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

SGR = Specific Growth Rate atau laju pertumbuhan spesifik (%/hari)

W_t = Berat tubuh rata-rata akhir pemeliharaan (gr)

W₀ = Berat tubuh rata-rata awal pemeliharaan (gr)

t = Waktu pemeliharaan (hari).

Kualitas air

Sejumlah parameter kualitas air yang diamati meliputi suhu, pH, kecerahan, salinitas, DO, nitrat, dan fosfat. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali selama periode pemeliharaan, yakni pada awal, tengah, dan akhir masa pemeliharaan. Suhu menggunakan thermometer. pH menggunakan pH pen. Kecerahan diukur dengan Lux meter. Salinitas diukur menggunakan refractometer. DO diukur menggunakan DO meter. Nitrat diukur menggunakan tes kit nitrat dan posfat diukur menggunakan tes kit fosfat.

Analisis data

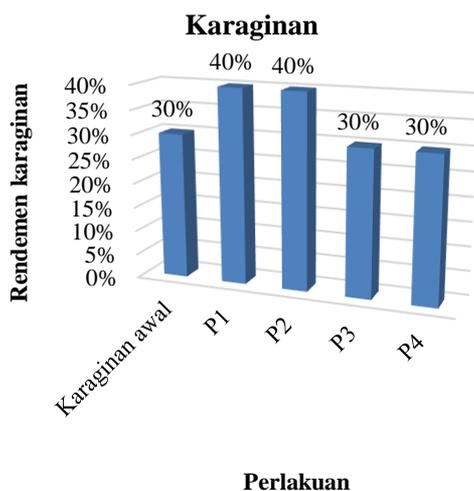
Data dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA). Jika hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan, maka akan dilanjutkan dengan uji lanjutan Duncan untuk

mengetahui perbedaan antar perlakuan secara lebih rinci.

Hasil dan Pembahasan

Jumlah karaginan rumput laut *K. alvarezii*

Hasil produksi karaginan pada penelitian rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang dilakukan selama 45 hari menunjukkan bahwa, jumlah karaginan pada awal pemeliharaan sebesar 30%. Perlakuan P1 dengan kedalaman 0 cm menunjukkan jumlah karaginan rumput laut *K. alvarezii* sebesar 40%. Selanjutnya pada perlakuan P2 dengan kedalaman 25 cm menunjukkan jumlah karaginan rumput laut sebesar 40%. Perlakuan P3 dengan kedalaman 50 cm didapati bahwa jumlah karaginan rumput laut sebesar 30%. Selanjutnya pada perlakuan P4 dengan kedalaman 75 cm menunjukkan bahwa jumlah karaginan yang di produksi rumput laut *K. alvarezii* sebesar 30%.



Gambar 1. Jumlah karaginan rumput laut *K. alvarezii*

Perbedaan kadar karaginan pada berbagai kedalaman penanaman dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya kondisi ekologi perairan seperti intensitas cahaya, suhu, dan arus laut, yang berperan penting dalam mendukung proses fotosintesis dan metabolisme rumput laut. Selain itu, penanganan pascapanen seperti cara pengeringan dan penyimpanan turut memengaruhi kualitas karaginan yang dihasilkan. Faktor lain yang berkontribusi

adalah tingkat pertumbuhan rumput laut, di mana pertumbuhan yang optimal cenderung menghasilkan kandungan karaginan yang lebih tinggi

Sejumlah faktor lingkungan dan teknis diyakini memiliki dampak terhadap variasi jumlah karaginan yang ditemukan dalam rumput laut (Safia et al., 2019). Faktor ekologis seperti kondisi perairan termasuk salinitas, suhu, dan kualitas nutrisi berperan penting dalam memengaruhi komposisi dan kualitas karaginan yang dihasilkan. Selain itu, aspek penanganan pasca panen, seperti cara pengeringan, waktu penyimpanan, serta perlakuan terhadap bahan baku sebelum ekstraksi, juga dapat menentukan kadar karaginan. Di sisi lain, laju dan kualitas pertumbuhan rumput laut selama masa budidaya turut memengaruhi akumulasi senyawa tersebut. Tidak hanya itu, proses panen, metode pengolahan, serta teknik ekstraksi yang digunakan berkontribusi signifikan terhadap tinggi rendahnya kadar karaginan yang diperoleh dari rumput laut. Kandungan karaginan tertinggi terdapat pada kedalaman 0 dan 25 cm. Hal ini diduga karena rumput laut pada kedalaman tersebut memperoleh cukup sinar matahari untuk mendukung proses fotosintesis yang membantu pertumbuhan rumput laut dan pembentukan karaginan.

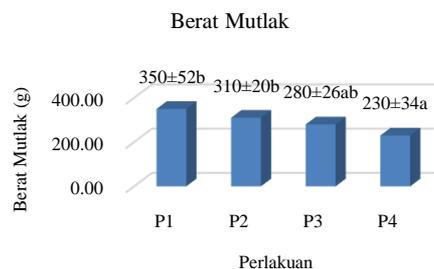
Faktor ekologi perairan yang mempengaruhi kandungan karaginan adalah cahaya matahari, kedalaman dan arus. Terhalangnya penyerapan nutrisi dan proses fotosintesis dapat menyebabkan produksi karaginan menjadi tidak maksimal. Nutrisi sangat dibutuhkan rumput laut dalam pertumbuhannya termasuk dalam pembentukan karaginan. Nutrisi yang diserap rumput laut dapat melalui sirkulasi air yang membawa nutrisi. Apabila terdapat lumpur dan tumbuhan epifit yang menempel pada rumput laut maka akan menyebabkan penyerapan nutrisi menjadi terhambat. Tumbuhan epifit yang menempel dapat dikategorikan sebagai pesaing rumput laut dalam mendapatkan nutrisi. Selain itu tumbuhan epifit juga dapat menyebabkan terhambatnya proses fotosintesis dikarenakan menempel dan menutupi *thallus* rumput laut (Pakniyany et al., 2023).

Kandungan karagenan dalam rumput laut *Kappaphycus alvarezii* umumnya meningkat seiring pertumbuhan tanaman pada tahap awal budidaya, dan akan mencapai puncaknya pada usia panen yang optimal, yaitu sekitar 45 hari (Aris & Muchdar, 2020). Setelah melewati umur tersebut, kandungan karagenan cenderung mengalami penurunan, yang kemungkinan disebabkan oleh penurunan kualitas fisiologis tanaman, seperti penuaan sel, degradasi jaringan, atau perubahan metabolisme yang tidak lagi mendukung akumulasi karagenan secara maksimal. Menggunakan metode pengolahan dan ekstraksi yang tepat penting dilakukan untuk mendapatkan kualitas karagenan yang tinggi. Pengolahan yang salah dapat menyebabkan kerusakan pada struktur karagenan dan mengurangi kualitas karagenan. Suhu yang terlalu tinggi atau rendah, intensitas cahaya yang tidak memadai serta kadar garam yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada struktur karagenan (Dean *et al.*, 2023).

Berat mutlak

Pengukuran pertumbuhan berat mutlak rumput laut *Kappaphycus alvarezii* menunjukkan perlakuan P1 (kedalaman 0 cm) memberikan hasil tertinggi, dengan rata-rata berat mencapai 350 gram. Perlakuan P2 (kedalaman 25 cm) menempati urutan berikutnya dengan rata-rata berat 310 gram, sedangkan perlakuan P3 (kedalaman 50 cm) menghasilkan rata-rata berat sebesar 280 gram. Perlakuan dengan berat rata-rata terendah diperoleh pada perlakuan P4 dengan kedalaman 75 cm dan nilai berat rata-rata sebesar 230 gram. Hasil pengamatan pertumbuhan berat mutlak disajikan pada gambar 2.

Hasil analisis statistik diperoleh perbedaan kedalaman tanam memberikan pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap pertumbuhan berat mutlak rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang dibudidayakan di perairan Teluk Gerupuk, dengan nilai signifikansi $P < 0,05$. Artinya, variasi kedalaman secara nyata memengaruhi peningkatan biomassa rumput laut selama masa budidaya.



Gambar 2. Berat mutlak rumput laut *K. alvarezii*

Keempat perlakuan yang diuji, perlakuan P1, yaitu pada kedalaman 0 cm (permukaan air), menunjukkan hasil pertumbuhan berat mutlak secara signifikan lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya, yakni P2 (kedalaman 25 cm), P3 (50 cm), dan P4 (75 cm). Perbedaan ini mengindikasikan bahwa kedalaman tanam memiliki peran penting dalam menentukan tingkat ketersediaan faktor lingkungan seperti cahaya matahari, suhu, dan sirkulasi air, yang kesemuanya berkontribusi terhadap laju fotosintesis dan penyerapan nutrisi oleh rumput laut. Berat pada awal percobaan dikurangi dengan berat pada akhir penyelidikan untuk menentukan pertumbuhan berat absolut rumput laut. Menurut hasil pengukuran, perlakuan P1, yang memiliki kedalaman 0 cm dan pertumbuhan berat absolut terbaik. Namun, terapi P4 memiliki nilai pertumbuhan berat absolut terendah, yaitu 230 gram.

Temuan penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan berat absolut rumput laut dapat dipengaruhi oleh kedalaman penanaman. Aspek fotosintesis dan pemberian makan berkontribusi terhadap peningkatan berat absolut rumput laut yang signifikan pada perlakuan P1 pada kedalaman 0 cm. Kecenderungan dan penetrasi cahaya berhubungan dengan kedalaman. Kecenderungan air laut mempengaruhi banyaknya sinar matahari yang masuk (Andiska *et al.*, 2021). Kedalaman 0 cm menunjukkan pertumbuhan berat mutlak tertinggi, hal ini terjadi dikarenakan jarak antara rumput laut dan permukaan laut sama yang menyebabkan rumput laut lebih banyak menyerap sinar matahari sehingga laju penyerapan makanan dan kegiatan fotosintesis berlangsung lebih cepat.

Pertambahan berat absolut yang besar pada perlakuan P1 dapat dikaitkan dengan laju pertumbuhan rumput laut yang ideal. Kekuatan matahari merupakan salah satu unsur utama yang memengaruhi hal ini. Pada perlakuan P1, yaitu pada kedalaman 0 cm, rumput laut menerima sinar matahari langsung dan terus-menerus, sehingga ketersediaan cahaya untuk proses fotosintesis berada pada tingkat yang maksimal. Fotosintesis yang berlangsung secara optimal menghasilkan energi dalam bentuk glukosa yang diperlukan untuk pembelahan sel dan pertumbuhan jaringan, sehingga mempercepat laju pertumbuhan rumput laut secara keseluruhan.

Semakin tinggi intensitas cahaya yang diterima hingga batas fisiologis tertentu semakin besar pula kapasitas fotosintesis yang terjadi. Hal ini berdampak langsung terhadap peningkatan pembentukan biomassa dan pertumbuhan thallus rumput laut. Sebagai organisme autotrof atau produsen, rumput laut mengandalkan proses fotosintesis untuk menghasilkan energi serta menyerap unsur hara dari lingkungan perairan. Energi dan unsur hara ini kemudian digunakan dalam proses metabolisme untuk membentuk dan memperbanyak struktur seluler, termasuk pertumbuhan ukuran dan jumlah thallus.

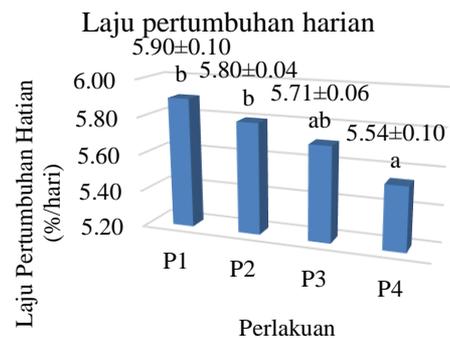
Penelitian Aqmal et al., (2022) mendukung hal ini, dengan menunjukkan bahwa peningkatan intensitas cahaya hingga titik tertentu berkorelasi positif dengan pertumbuhan rumput laut. Hasil temuan Andiska et al., (2021), rumput laut yang tumbuh pada kedalaman 25 cm menunjukkan pertumbuhan berat absolut yang lebih besar dibandingkan dengan perlakuan pada kedalaman 50 dan 75 cm, yang konsisten dengan temuan kami. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan intensitas cahaya pada lapisan air yang lebih dangkal memiliki peran utama dalam pertumbuhan biomassa rumput laut.

Laju pertumbuhan spesifik (*specific growth rate*) pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dalam penelitian ini dihitung sebagai persentase peningkatan berat tubuh per hari, sebagaimana dijelaskan oleh Ikhsan (2019). Parameter ini digunakan untuk mengetahui seberapa cepat rumput laut mengalami pertambahan bobot selama masa pemeliharaan.

Selama periode pemeliharaan selama 45 hari, dilakukan pengukuran terhadap laju pertumbuhan spesifik pada setiap perlakuan kedalaman tanam yang berbeda.

Laju pertumbuhan spesifik

Perlakuan P1 dengan kedalaman tanam 0 cm menghasilkan laju pertumbuhan spesifik tertinggi, dengan nilai rata-rata 5,90% setiap hari, menurut data pengukuran. Selain itu, laju pertumbuhan spesifik rata-rata 5,80% per hari dicapai pada terapi P2 pada kedalaman 25 cm. Perlakuan P3 yang dilakukan pada kedalaman 50 cm menunjukkan rata-rata sebesar 5,71% per hari. Sementara itu, perlakuan P4 dengan kedalaman tanam 75 cm menghasilkan laju pertumbuhan spesifik terendah, yaitu sebesar 5,54% per hari. Variasi dalam laju pertumbuhan ini menunjukkan bahwa faktor kedalaman penanaman memengaruhi efisiensi pertumbuhan rumput laut, yang mungkin diatur oleh kondisi air, suhu, dan ketersediaan cahaya di setiap kedalaman. Gambar 3 menunjukkan visualisasi temuan dari pengamatan laju pertumbuhan masing-masing perlakuan.



Gambar 3. Laju pertumbuhan signifikan

Laju pertumbuhan spesifik rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dipengaruhi secara signifikan ($P < 0,05$) oleh perubahan kedalaman tanam, menurut hasil analisis statistik menggunakan uji One-Way ANOVA. Persentase laju pertumbuhan rumput laut per hari yang ditentukan selama periode pemeliharaan dikenal sebagai laju pertumbuhan spesifik (Fernando et al., 2021). Menurut penelitian yang dilakukan di Perairan Teluk Gerupuk selama periode 45 hari, setiap perlakuan memiliki hasil yang sangat berbeda.

Perlakuan P1 (0 cm) menghasilkan laju pertumbuhan spesifik tertinggi, yaitu 5,90%/hari. Perlakuan P2 (25 cm) sebesar 5,80%/hari berada di urutan berikutnya. Selain itu, perlakuan P3 (50 cm) menghasilkan nilai sebesar 5,71%/hari. Perlakuan P4 (75 cm) menghasilkan nilai sebesar 5,54 persen setiap harinya. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Calari *et al.*, (2019) yang menunjukkan bahwa pada kedalaman 0 cm, 50 cm, 100 cm, dan 150 cm, bobot yang dihasilkan masing-masing sebesar 3,61%/hari, 3,10%/hari, 2,08%/hari, dan 1,62%/hari. Rumput laut terbaik diperoleh sebesar 3,06%/hari pada saat ditanam pada kedalaman 35 cm dengan bobot biji 100 gram dan dipelihara selama 45 hari (Raihanun *et al.*, 2022), lebih tinggi dari angka tersebut. Standar pertumbuhan spesifik yang baik yakni 3%/hari. Hal ini didukung oleh pernyataan Arjuni *et al.*, (2018) bahwa pertambahan berat rumput laut yang dianggap sangat menguntungkan adalah lebih dari 3% per hari. Pertumbuhan rumput laut dianggap baik jika minimal 3% setiap harinya (Yuliati *et al.*, 2023).

Lingkungan perairan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingginya laju pertumbuhan spesifik rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. Pertumbuhan yang optimal didukung oleh sejumlah faktor, antara lain suhu, salinitas, oksigen terlarut (DO), intensitas sinar matahari, pH air, dan ketersediaan unsur hara seperti fosfat dan nitrat. Lingkungan yang menyediakan kondisi-kondisi tersebut dalam kisaran yang ideal akan menunjang proses fisiologis rumput laut, khususnya dalam hal fotosintesis dan penyerapan nutrisi. Cahaya matahari yang cukup berfungsi sebagai sumber energi utama dalam proses fotosintesis, di mana energi ini digunakan untuk mengubah senyawa anorganik seperti karbon terlarut menjadi senyawa organik yang dibutuhkan dalam pembentukan jaringan tanaman. Proses ini tidak hanya meningkatkan ketersediaan energi bagi sel-sel tanaman, tetapi juga mendukung kemampuan rumput laut untuk menyerap dan mengasimilasi unsur hara secara lebih efisien.

Selain cahaya, arus laut juga memainkan peran penting dalam distribusi zat hara dan nutrisi di kolom air. Arus membawa unsur-unsur penting ini ke seluruh bagian tanaman, memungkinkan setiap thallus rumput laut memperoleh suplai nutrisi yang merata. Nutrisi

tersebut kemudian akan terserap dan digunakan dalam proses metabolisme serta pertumbuhan jaringan baru, sehingga mendorong pertumbuhan yang maksimal. Cahaya tidak hanya memengaruhi fotosintesis secara langsung, tetapi juga berperan dalam proses metabolisme dan perkembangan struktural rumput laut melalui pengaruh terhadap morfogenesis (Aqmal *et al.* 2022). Cahaya memberi dampak ganda secara langsung melalui peningkatan produksi energi, dan secara tidak langsung melalui regulasi pertumbuhan serta diferensiasi jaringan tanaman

Sumber energi untuk fotosintesis adalah sinar matahari. Lebih jauh lagi, fotosintesis dapat meningkatkan kapasitas rumput laut untuk menyerap nutrisi untuk pertumbuhan. Salah satu alasan utama yang membatasi pertumbuhan rumput laut adalah penetrasi cahaya ke dalam air. Intensitas cahaya yang tidak mencukupi, yaitu berada di bawah ambang kebutuhan minimum untuk fotosintesis, akan menyebabkan terganggunya proses produksi energi. Akibatnya, rumput laut tidak mampu menghasilkan cukup energi untuk menunjang aktivitas metabolisme dan pertumbuhan sel, sehingga pertumbuhannya terhambat.

Sebaliknya, jika intensitas cahaya yang diterima melebihi batas toleransi fisiologis, maka dapat terjadi kerusakan pada jaringan tanaman akibat stres cahaya atau fotooksidasi. Kondisi ini akan menurunkan efisiensi fotosintesis dan dalam jangka waktu tertentu dapat menyebabkan degradasi sel serta kematian thallus. Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan dalam intensitas cahaya tidak terlalu rendah agar proses fotosintesis berjalan optimal, dan tidak terlalu tinggi agar tidak menimbulkan kerusakan seluler (Cokrowati *et al.*, 2020).

Kualitas air

Kualitas air dipantau tiga kali selama penelitian: di awal, pertengahan, dan akhir periode pemeliharaan. Tujuan pengukuran ini adalah untuk memastikan bahwa kualitas air di lokasi penelitian memenuhi persyaratan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* sebaik mungkin. Sangat penting untuk memperhatikan

faktor-faktor kualitas air termasuk suhu, pH, salinitas, dan kadar oksigen terlarut untuk menilai seberapa cocok lingkungan budidaya. Tabel berikut memberikan ringkasan kondisi

air selama proses budidaya berdasarkan hasil pengukuran setiap parameter kualitas air selama periode penelitian.

Tabel 1. Hasil pengamatan kualitas air

No	Parameter	Hasil pengukuran	Kisaran optimal	Sumber
1	Suhu (°C)	26,1-28	26-33	(Asni, 2015)
2	pH	7,8-8,0	7,3-8,5	(Andiska et al., 2021)
3	<i>Dissolved Oxygen</i> (mg/L)	6,5-7,0	>4	(Khasanah, 2013)
4	Salinitas (ppt)	30-32	30-32	(Lopes et al., 2022)
5	Kecerahan (Lux)	1014-1045	<3000	(Cokrowati et al., 2024)
6	Nitrat (mg/L)	7	0,06-3,5	(Pauwah et al., 2020)
7	Fosfat (mg/L)	0,25-0,5	0,05-1	Prayudha et al., 2024

Salah satu aspek terpenting dalam menanam rumput laut dengan sukses adalah memilih tempat yang tepat. Lokasi budidaya harus memenuhi berbagai parameter lingkungan yang mendukung pertumbuhan optimal, seperti ketersediaan cahaya matahari, suhu yang stabil, tingkat salinitas yang sesuai, arus air yang cukup, serta kecukupan unsur hara di perairan. Di samping itu, kondisi fisik, kimia, dan biologi lingkungan perairan secara keseluruhan juga menjadi penentu utama dalam mendukung keberhasilan produksi rumput laut (Aqmal *et al.*, 2022).

Kualitas air laut memainkan peran penting dalam mendukung aktivitas fisiologis rumput laut. Parameter seperti suhu, kecerahan perairan, salinitas, pH air, kadar oksigen terlarut, serta konsentrasi fosfat dan nitrat sangat berpengaruh terhadap tingkat produktivitas rumput laut yang dibudidayakan. Kondisi lingkungan yang berada dalam kisaran optimal memungkinkan proses fotosintesis dan metabolisme tanaman berlangsung secara efisien, sehingga menghasilkan pertumbuhan dan akumulasi biomassa yang maksimal.

Suhu air tercatat berada pada kisaran 26,1–28°C, yang masih berada dalam rentang suhu optimal untuk pertumbuhan rumput laut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Asni (2015) bahwa suhu air antara 26 dan 33°C ideal untuk pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii*. Penelitian Fikri *et al.* (2015) menambahkan bahwa suhu perairan dipengaruhi oleh intensitas penyinaran matahari dan cenderung menurun seiring bertambahnya kedalaman. Sementara itu, menurut Lopes *et al.* (2022), suhu juga memengaruhi laju fotosintesis hingga mencapai

titik optimal tertentu. Peningkatan suhu dalam batas wajar dapat mempercepat proses fotosintesis, yang pada akhirnya meningkatkan kemampuan rumput laut dalam menyerap nutrisi dan mendukung pertumbuhan.

Parameter pH juga menjadi aspek penting dalam budidaya rumput laut. pH berfluktuasi dari 7,8 hingga 8,0 selama percobaan, yang berada dalam kisaran optimal untuk pertumbuhan rumput laut. pH yang agak basa, yaitu 7,3 hingga 8,2, sangat ideal untuk pertumbuhan rumput laut (Cokrowati *et al.*, 2024). Namun, keseimbangan pH harus dijaga, karena pH yang terlalu tinggi dapat membuat logam berat lebih mudah bergerak di dalam air, yang dapat merugikan organisme yang dibudidayakan. Sebaliknya, pH yang terlalu rendah dapat mengganggu keseimbangan antara ammonia dan ammonium, yang juga dapat berdampak negatif terhadap kesehatan dan pertumbuhan rumput laut (Ikhsan *et al.*, 2022).

Salah satu indikator utama kualitas air adalah oksigen terlarut (DO), yaitu jumlah oksigen terlarut dalam air yang dapat digunakan untuk kehidupan akuatik, termasuk rumput laut. Suhu air memiliki dampak yang signifikan terhadap konsentrasi oksigen terlarut; semakin tinggi suhu, semakin sedikit oksigen terlarut dalam air (Nur *et al.*, 2016). Nilai DO yang diukur dalam penelitian ini termasuk dalam kategori sangat baik, mendukung pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii*, dan berada di antara 6,5 dan 7 mg/L. Temuan ini mendukung temuan Sapitri *et al.*, (2016), yang menyimpulkan bahwa kisaran DO optimal untuk pertumbuhan *K. alvarezii* adalah 5,1–6,6 mg/L.

Lebih lanjut, menurut Mudeng *et al.* (2015), kadar oksigen terlarut dalam perairan dipengaruhi oleh berbagai faktor alami, seperti fluktuasi harian dan musiman, percampuran massa air, pergerakan arus, aktivitas fotosintesis oleh organisme autotrof, respirasi, serta adanya input limbah organik. Di lingkungan laut alami, kadar DO umumnya berada di bawah 10 mg/L, dengan rentang sekitar 11 mg/L pada suhu 0°C dan turun menjadi sekitar 7 mg/L pada suhu 25°C. Produktivitas dan kesehatan tanaman secara langsung dipengaruhi oleh ketersediaan oksigen yang cukup dalam air, yang diperlukan untuk mendukung proses metabolisme dan respirasi spesies akuatik, termasuk rumput laut.

Salinitas, di sisi lain, mengacu pada kandungan garam terlarut dalam air laut dan menjadi komponen kimiawi utama dalam lingkungan perairan. Pada kadar 30 hingga 32 bagian per seribu (ppt), salinitas ditemukan berada dalam kisaran toleransi ideal untuk pertumbuhan rumput laut. Menurut Lopes *et al.* (2022), budidaya *K. alvarezii* memerlukan kisaran salinitas 30 hingga 32 ppt, dengan 32 ppt sebagai nilai ideal.

Salinitas merupakan faktor krusial karena tiap organisme laut memiliki rentang toleransi yang berbeda terhadap salinitas, yang secara langsung memengaruhi kelangsungan hidup, laju pertumbuhan, efisiensi penyerapan nutrisi, serta kemampuan organisme dalam mempertahankan tekanan osmotik internalnya. Menurut Asni (2015), salinitas yang sesuai mampu menjaga kestabilan fungsi membran sel pada rumput laut, yang sangat penting dalam pengaturan tekanan osmosis antara cairan intraseluler dan lingkungan sekitarnya. Keseimbangan osmotik ini membantu memperlancar proses penyerapan unsur hara yang diperlukan dalam fotosintesis, sehingga mendukung pertumbuhan rumput laut secara optimal.

Tingkat kecerahan perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kondisi cuaca saat pengukuran, waktu pengambilan data, tingkat kekeruhan air, serta ketelitian individu dalam melakukan pengukuran (Atmanisa, 2020). Nilai kecerahan yang tercatat berada pada kisaran 1.014–1.045 lux. Angka ini termasuk baik dan mendukung proses pertumbuhan rumput laut, karena masih berada dalam rentang ideal untuk aktivitas fotosintesis.

Hal ini diperkuat oleh pendapat Cokrowati *et al.* (2024) bahwa intensitas cahaya memegang peranan penting dalam mendukung proses fotosintesis, yang merupakan kunci utama dalam pertumbuhan rumput laut. Cahaya dengan intensitas antara 500–1.000 lux telah terbukti mampu menunjang pertumbuhan rumput laut secara efektif, sementara nilai optimal masih dapat ditoleransi hingga kurang dari 3.000 lux. Intensitas cahaya yang cukup akan merangsang aktivitas fotosintetik secara maksimal, yang berkontribusi pada peningkatan produksi biomassa dan kualitas thallus rumput laut.

Selanjutnya, hasil pengukuran kadar nitrat di lokasi penelitian menunjukkan nilai sebesar 7 mg/L. Meskipun nutrisi ini diperlukan oleh rumput laut sebagai sumber nitrogen untuk pertumbuhan dan pembentukan jaringan, kadar tersebut tergolong melebihi batas optimal. Pertumbuhan rumput laut paling baik didukung oleh kisaran nitrat 0,9–3,5 mg/L (Cokrowati *et al.*, 2024). Kadar nitrat yang terlalu rendah, di bawah 0,1 mg/L, dapat menghambat proses metabolisme, pertumbuhan, dan reproduksi rumput laut (Pauwah *et al.*, 2020). Sebaliknya, kadar yang terlalu tinggi, melebihi 4,5 mg/L, berpotensi bersifat toksik dan dapat memicu terjadinya eutrofikasi. Eutrofikasi merupakan kondisi di mana nutrisi berlebih, khususnya nitrat dan fosfat, merangsang pertumbuhan fitoplankton secara cepat (bloom), yang dapat mengganggu ekosistem perairan dan mengurangi kualitas lingkungan bagi budidaya rumput laut (Atmanisa, 2020).

Kadar fosfat yang diukur dalam penelitian ini berada pada kisaran 0,25 hingga 0,5 mg/L, yang berada dalam kisaran ideal untuk mendukung perkembangan rumput laut. Nilai fosfat optimal berada pada kisaran 0,1 hingga 3,5 mg/L (Cokrowati *et al.*, 2024). Fosfat, bersama dengan nitrat, merupakan unsur hara penting dalam perairan yang sangat menentukan tingkat kesuburan lingkungan budidaya. Kekurangan salah satu dari kedua nutrisi ini dapat mengganggu kesehatan rumput laut. Santoso *et al.* (2008) menambahkan bahwa defisiensi nutrisi, terutama nitrat dan fosfat, dapat menyebabkan timbulnya penyakit *ice-ice*. Penyakit ini ditandai dengan munculnya bintik merah pada thallus rumput laut, yang kemudian berubah warna menjadi kuning, lalu putih, dan akhirnya menyebabkan jaringan rumput laut

membusuk dan rontok. Hal ini tentu dapat menurunkan hasil produksi dan kualitas rumput laut yang dibudidayakan.

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah Titik tanam terbaik didapatkan pada perlakuan P1 dengan kedalaman 0 cm. Nilai rendemen karaginan terbaik didapatkan oleh P1 sebesar 40%, berat mutlak terbaik juga didapatkan oleh P1 seberat 350 gr dan laju pertumbuhan spesifik terbaik didapatkan oleh P1 dengan nilai 5,90%/hari.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada ibu Nunik Cokrowati dan bapak Ranga Idris Affandi selaku dosen pembimbing pembimbing dan seluruh staf komoditas rumput laut di BPBL (Balai Budidaya Laut Lombok) yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

- Andiska, Irawan, H., & Wulandari, R. (2021). Pengaruh Kedalaman terhadap Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus Alvarezii* Menggunakan Metode Longline. In *Intek Akuakultur* (Vol. 5).
- Aqmal, A., Iswahyuddin, I., Purwanti, A., & Muriati, S. (2022). Comparison Of Artificial And Natural Light Intensity On The Growth Of Seaweed (*Kappaphycus* sp.) In A Controlled Tub. *Klasikal: Journal of Education, Language Teaching and Science*, 4(3), 831-837. <https://doi.org/10.52208/klasikal.v4i3.983>
- Aris, M., & Muchdar, F. (2020). Hubungan Kedalaman Perairan Dengan Kandungan Kappa-Karaginan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Relationship Between Depth And Kappa-Carrageenan.
- Arjuni, A., Cokrowati, N., & Rusman, R. (2018). Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Hasil Kultur Jaringan. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2), 216–223. <https://doi.org/10.29303/jbt.v18i2.740>
- Asni, A. (2015). Analisis produksi rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) berdasarkan musim dan jarak lokasi budidaya di perairan kabupaten bantaeng. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 6(2), 140-153.
- Calari, R. P., Diniarti, N., & Scabra, A. R. (2019). Pengaruh Perbedaan Kedalaman Terhadap Kandungan Klorofil dan Rendemen Karaginan *Kappaphycus alvarezii* Effect of Depth Differences on Chlorophyll Content and Carrageenan Yield of *Kappaphycus alvarezii*. In *Journal of Marine Research*.
- Cokrowati, N., Apriliyanti, F., Nuryatin, N., Jayusri, J., Junaidi, M., & Asri, Y. (2024). Seaweed and its antioxidant content at Batu Layar beach, Senggigi, West Lombok Regency. *Depik*, 13(3), 494–507. <https://doi.org/10.13170/depik.13.3.40014>
- Cokrowati, N., Diniarti, N., Setyowati, D. N., & Mukhlis, A. (2020). Pertumbuhan Rumput Laut dan Rumput Laut Lokal Hasil Kultur Jaringan *Kappaphycus alvarezii*. *Jurnal Biologi Tropis*, 4(1), 61–65.
- Cokrowati, N., Diniarti, N., Setyowati, D. N., Waspodo, S., & Marzuki, M. (2019). Ekplorasi Dan Penangkaran Bibit Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Di Perairan Teluk Ekas Lombok Timur. *Jurnal Biologi Tropis*, 19(1), 51–53. <https://doi.org/10.29303/jbt.v19i1.994>
- Cokrowati, N., Lumbessy, S. Y., Diniarti, N., Supiandi, M., & Bangun, B. (2020). Kandungan Klorofil-A Dan Fikoeritrin *Kappaphycus alvarezii* Hasil Kultur Jaringan Dan Dibudidayakan Pada Jarak Tanam Berbeda. *Jurnal Biologi Tropis*, 20(1), 125–131. <https://doi.org/10.29303/jbt.v20i1.1802>
- Dean, C., Sunadji, S., & Oedjoe, M. D. R. (2023). Kandungan Nutrisi dan karaginan Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) dari Perairan Semau Kabupaten Kupang. *Jurnal Vokasi Ilmu-Ilmu Perikanan (Jvip)*, 4(1), 11-18.
- Desiana, E., & Hendrawati, T. Y. (2015). Pembuatan Karagenan dari *Eucheuma cottonii* dengan Ekstraksi KOH Menggunakan Variabel Waktu Ekstraksi.

- Seminar Nasional Sains Dan Teknologi, November*, 1–7.
- Fikri, M., Rejeki, S., & Widowati, L. L. (2015). Produksi Dan Kualitas Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Dengan Kedalaman Berbeda Di Perairan Bulu Kabupaten Jepara. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 4(2), 67–74.
- Ikhsan, F., Irawan, H., & Wulandari, R. (2022). Laju Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Varietas Hijau dan Coklat Pada Metode Budidaya yang Berbeda. *Intek Akuakultur*, 6(1), 82–91.
- Irawati, B. A., & Affandi, R. I. (2024). Kultur jaringan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dengan metode embriogenesis somatik. *Ganec Swara*, 18(1), 358-368. <https://doi.org/DOI:10.35327/gara.v18i1.768>
- Khasanah, U. (2013). Analisis kesesuaian perairan untuk lokasi budidaya rumput laut *eucheuma cottonii* di Perairan Kecamatan Sajoanging Kabupaten Wajo.
- Kumayanjati, B.-, & Dwimayasanti, R. (2018). Kualitas Karaginan dari Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* pada Lokasi Berbeda di Perairan Maluku Tenggara. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 13(1), 21–32. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v13i1.490>
- Lopes, L. A. F., Liufeto, F. C., & Salosso, Y. (2022, September). Pengaruh Kualitas Air Terhadap Laju Pertumbuhan Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*). In *Seminar Nasional Fakultas Peternakan, Kelautan, dan Perikanan* (Vol. 1, No. 1, pp. 173-177). <https://conference.undana.ac.id/fpkp>
- Mudeng, J. D., Kolopita, M. E., & Rahman, A. (2015). Kondisi lingkungan perairan pada lahan budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* di Desa Jayakarsa Kabupaten Minahasa Utara. *e-Journal BUDIDAYA PERAIRAN*, 3(1). <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.35800/bdp.3.1.2015.6953>
- Nur, A. I., Syam, H., & Patang, P. (2016). Pengaruh kualitas air terhadap produksi rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 2(1), 27-40.
- Pakniyany, F., Dahoklory, N., & Turupadang, W. (2023). Analisis rendemen dan jenis karaginan dari rumput *Kappaphycus alvarezii* di Perairan Maluku Barat Daya, Provinsi Maluku. *JURNAL VOKASI ILMU-ILMU PERIKANAN (JVIP)*, 3(2), 115-119. <https://doi.org/DOI:http://dx.doi.org/10.35726/jvip.v3i2.2149>
- Pauwah, A., Irfan, M., & Muchdar, F. (2020). Analisis Kandungan nitrat dan fosfat untuk mendukung pertumbuhan rumput laut *Kappahycus alvarezii* yang dibudidayakan dengan metode longline di Perairan Kastela Kecamatan Pulau Ternate Kota Ternate. *Hemyscyllium*, 1(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.29244/jitkt.v14i1.37659>
- Prayudha, M. R., Pramesti, R., & Susanto, A. B. (2024). Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* (Doty, 1985) dengan Metode Lepas Dasar. *JURNAL ENGGANO*, 9(2), 208-215. <https://doi.org/10.31186/jenggano.9.2.208-215>
- Raihanun, B., Junadi, M., & Cokrowati, N. (2022). Pengaruh Kedalaman pada Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Yang Ditanam dengan Sistem Kantong The Effect of Depth on *Kappaphycus alvarezii* Cultivation of Seaweed Grown With the Bag System. *Jurnal Airaha*, 11(02), 209–218.
- Rizqi, M., Cokrowati, N., Marzuki, M., No, J. P., & No, J. P. Pengaruh Penanaman Dengan Kedalaman Yang Berbeda Terhadap Kualitas Karaginan Rumput Laut *Eucheuma cottonii*. (Issue 37).
- Safia, W., Budiyanti, & Musrif. (2019). Pertumbuhan Dan Kandungn Karaginan Rumput Laut (*Euchema cottonii*) Dengan Menggunakan Pengembangan Metode Rakit Gantung Pada Kedalaman Berbeda. *Seminar Nasional Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 2, 101–108. <https://www.jurnal.yapri.ac.id/index.php/emnassmipt/article/view/89>
- Santoso, L., Yudha, D., & Nugraha, T. (2008). The Controlling of “Ice-ice” Disease to Increase Seaweeds Production in

- Indonesia. In *Jurnal Saintek Perikanan* (Vol. 3, Issue 2).
- Sapitri, R. A., Cokrowati, N., & . R. (2016). Pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* hasil kultur jaringan pada jarak tanam yang berbeda. *Depik*, 5(1). <https://doi.org/10.13170/depik.5.1.3843>
- Syahrul, N. A. (2021). *Analisis Mutu Kimia Karaginan yang Dihasilkan pada Proses Produksi dengan Metode Alkali Panas= Chemical Quality Analysis of Carrageenan Generated in The Production Process with Hot Alkaline Method* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Tuiyo, R., & Moo, Z. A. (2023). Kandungan Karagenan Dan Kekuatan Gel *Kappaphycus alvarezii* Hasil Budidaya Teknologi Kultur Jaringan Secara Massal Basmingro. *Jambura Fish Processing Journal*, 5(1), 27–35.
- Yolanda, N. T., & Agustono, A. (2020). Proses Ekstraksi dan Karakterisasi Fisiska Kimia Bubuk Agar *Gracilaria sp.* Skala Laboratorium di PT. Java Biocolloid Surabaya. *Journal of Marine and Coastal Science*, 7(3), 127–138. <https://doi.org/10.20473/jmcs.v7i3.20740>
- Yuliati, M. A., Oedjo, D. R., & Rebhung, F. (2023). Pengaruh Penggunaan Kantong Jaring dengan Mata Jaring yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*). *JVIP*, 4(1). <https://doi.org/DOI:http://dx.doi.org/10.35726/jvip.v4i1.7126>