

**RESPON LAJU PERTUMBUHAN SPESIFIK, KANDUNGAN
KLOROFIL-A, DAN KARAGENAN *Eucheuma cottonii*
TERHADAP GRADIEN KEDALAMAN PERAIRAN
DI DESA MULADIMENG KABUPATEN LUWU**

**Suardi^{1*}, Ihwan Ilham¹, Irman Halid¹, , Henny Tribuana CP¹, Siswati², Andi
Mi'rajusysyaktur Muchlis²**

¹Program Studi Ilmu Perikanan Program Pascasarjana, Universitas Andi Djemma, Palopo

²Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan, Universitas Andi Djemma, Palopo

suardi_perikanan@yahoo.co.id

ABSTRACT

Eucheuma cottonii seaweed is one of the main commodities for carrageenan production; however, cultivation depth is generally determined from farmers' experience. This study evaluated growth, chlorophyll-a content, and carrageenan yield at different cultivation depths. The field experiment was conducted for 35 days in Muladimeng Village, Ponrang District, Luwu Regency, using a Randomized Block Design with three depths (30, 60, and 90 cm), three blocks, and an initial seed weight of 50 g per tie. Specific growth rate (SGR) was analyzed using ANOVA, whereas chlorophyll-a and carrageenan were described numerically because only one final laboratory value was available for each depth. Cultivation depth had no significant effect on SGR ($p>0.05$). Numerically, 60 cm produced the highest final weight (185.33 g), SGR (3.74%/day), chlorophyll-a content (0.0726 mg/g), and carrageenan yield (36.31%). Thus, 60 cm showed the highest numerical performance during the observation period, but it cannot be stated as a statistically proven optimum for all parameters.

Keywords: *Eucheuma cottonii*; chlorophyll-a; carrageenan; cultivation depth; growth.

ABSTRAK

Rumput laut *Eucheuma cottonii* merupakan salah satu komoditas utama penghasil karagenan, sedangkan kedalaman pemeliharaan umumnya masih ditentukan berdasarkan pengalaman pembudidaya. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pertumbuhan, kandungan klorofil-a, dan rendemen karagenan pada kedalaman berbeda. Percobaan lapangan berlangsung selama 35 hari di Desa Muladimeng, Kecamatan Ponrang, Kabupaten Luwu, menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan tiga kedalaman (30, 60, dan 90 cm), tiga kelompok, serta bobot awal bibit 50 g per ikat. Laju pertumbuhan spesifik (SGR) dianalisis menggunakan ANOVA, sedangkan klorofil-a dan karagenan disajikan secara deskriptif karena hanya tersedia satu nilai akhir hasil laboratorium pada setiap kedalaman. Kedalaman pemeliharaan tidak berpengaruh nyata terhadap SGR ($p>0,05$). Secara numerik, kedalaman 60 cm menghasilkan bobot akhir (185,33 g), SGR (3,74%/hari), klorofil-a (0,0726 mg/g), dan rendemen karagenan (36,31%) tertinggi. Dengan

demikian, kedalaman 60 cm menunjukkan kinerja numerik tertinggi selama periode pengamatan, tetapi belum dapat dinyatakan sebagai kondisi optimum yang terbukti secara statistik untuk seluruh parameter.

Kata Kunci: *eucheuma cottonii*, klorofil-a, karagenan, kedalaman pemeliharaan, pertumbuhan.

PENDAHULUAN

Rumput laut merupakan komoditas strategis dalam sektor perikanan budidaya Indonesia yang berkontribusi besar terhadap produksi nasional dan ekspor. Salah satu jenis yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah *Eucheuma cottonii*, yang banyak dibudidayakan sebagai bahan baku utama karagenan karena pertumbuhannya relatif cepat dan teknik budidayanya sederhana. Karagenan merupakan polisakarida sulfat yang luas dimanfaatkan dalam industri pangan, farmasi, kosmetik, dan bioteknologi sebagai bahan pengental, penstabil, dan pembentuk gel. Oleh karena itu, peningkatan produksi rumput laut tidak hanya berfokus pada kuantitas biomassa, tetapi juga kualitas hasil, khususnya kandungan karagenan.

Karagenan merupakan hidrokoloid utama yang dihasilkan *eucheumatoid* dan memiliki berbagai aplikasi industri (Porse & Rudolph, 2017; Rupert *et al.*, 2022). Pertumbuhan dan mutu karagenan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan respons fisiologis rumput laut selama pemeliharaan (Shalvina *et al.*, 2022; Kumar *et al.*, 2020). Salah satu faktor yang perlu diperhatikan adalah kedalaman pemeliharaan karena berkaitan dengan kondisi cahaya, suhu, dan dinamika perairan. Cahaya berperan dalam fotosintesis dan dapat memengaruhi pertumbuhan serta komponen biokimia rumput laut (Zhang *et al.*, 2024). Respons fisiologis terhadap kondisi tersebut dapat diamati melalui kandungan klorofil-a sebagai salah satu pigmen fotosintetik.

Kabupaten Luwu, khususnya Kecamatan Ponrang, memiliki potensi pengembangan budidaya rumput laut yang umumnya menggunakan metode tali bentang (*longline*). Namun, penentuan kedalaman tanam masih banyak dilakukan secara empiris. Kajian yang membandingkan pertumbuhan, kandungan klorofil-a, dan rendemen karagenan secara bersamaan pada kondisi budidaya Desa Muladimeng masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan kajian mengenai respons pertumbuhan, kandungan klorofil-a, dan rendemen karagenan pada beberapa kedalaman pemeliharaan sebagai dasar evaluasi teknis budidaya di lokasi tersebut.

Berdasarkan hal tersebut, diperlukan penelitian yang mengevaluasi pertumbuhan, respons fisiologis, dan kualitas produk *Eucheuma cottonii* pada kedalaman pemeliharaan berbeda. Hasil penelitian diharapkan menyediakan informasi ilmiah berbasis kondisi lokal sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan kedalaman pemeliharaan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh perbedaan kedalaman pemeliharaan terhadap performa budidaya *Eucheuma cottonii*, yang ditinjau berdasarkan pertumbuhan, laju pertumbuhan spesifik (Specific Growth Rate/SGR), kandungan klorofil-a, serta rendemen karagenan. Kedalaman pemeliharaan yang digunakan meliputi 30, 60, dan 90 cm. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengetahui pertumbuhan dan SGR *Eucheuma cottonii* pada masing-masing kedalaman pemeliharaan; (2) mengetahui kandungan klorofil-a sebagai

salah satu indikator respons fisiologis rumput laut terhadap perbedaan kedalaman; dan (3) mengetahui rendemen karagenan yang dihasilkan pada setiap kedalaman pemeliharaan.

Pendekatan penelitian dilakukan dengan mengamati parameter pertumbuhan, respons fisiologis, dan kualitas hasil secara terpadu. Pengamatan dilaksanakan pada kondisi budidaya yang diterapkan oleh masyarakat di perairan Desa Muladimeng. Kondisi tersebut menjadi penting untuk dikaji karena pemilihan kedalaman pemeliharaan oleh pembudidaya selama ini masih banyak didasarkan pada pengalaman dan kebiasaan budidaya. Oleh karena itu, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi berbasis data mengenai respons *Eucheuma cottonii* terhadap perbedaan kedalaman dan memberikan dasar ilmiah dalam menentukan kedalaman pemeliharaan yang sesuai dengan kondisi perairan setempat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan eksperimen lapangan dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) untuk mengevaluasi kedalaman pemeliharaan terhadap pertumbuhan, kandungan klorofil-a, dan karagenan *Eucheuma cottonii*. Penelitian dilaksanakan di area budidaya masyarakat di perairan Desa Muladimeng, Kecamatan Ponrang, Kabupaten Luwu, menggunakan metode tali bentang (*longline*). Bibit diikat pada tali ris dan ditempatkan pada kedalaman 30, 60, dan 90 cm dari permukaan perairan sesuai perlakuan. Pemeliharaan berlangsung selama 35 hari, mulai 21 Mei hingga 24 Juni 2025, dengan penimbangan setiap 7 hari. Analisis klorofil-a dan karagenan dilakukan di Laboratorium Produktivitas dan Kualitas Perairan, Universitas Hasanuddin. Penelitian dilaksanakan pada titik budidaya di koordinat -3,147099; 120,301890.

Data penelitian meliputi pertumbuhan (berat basah dan laju pertumbuhan spesifik/SGR), kandungan klorofil-a, dan rendemen karagenan. Bahan yang digunakan adalah bibit *Eucheuma cottonii* dengan bobot awal 50 g/ikat, tali ris utama, tali pengikat, pelampung, dan jangkar. Alat yang digunakan meliputi timbangan digital, *Secchi disk*, refraktometer, termometer digital, dan pH meter. Suhu, salinitas, pH, dan kecerahan air permukaan diukur pada setiap perlakuan kedalaman sebanyak tiga kali, sedangkan intensitas cahaya tidak diukur.

Variabel penelitian terdiri atas variabel bebas yaitu kedalaman pemeliharaan (30 cm, 60 cm, dan 90 cm), serta variabel terikat meliputi pertumbuhan, SGR, kandungan klorofil-a, dan karagenan. Penelitian menggunakan tiga perlakuan kedalaman dengan tiga ulangan (blok), sehingga terdapat sembilan unit percobaan. Pengelompokan dilakukan berdasarkan kondisi lingkungan yang relatif seragam untuk meminimalkan variasi yang tidak terkontrol. Pengumpulan data dilakukan melalui penimbangan biomassa setiap 7 hari untuk menghitung pertumbuhan dan SGR, serta pengambilan sampel pada akhir penelitian untuk analisis klorofil-a dan karagenan di laboratorium. Laju pertumbuhan spesifik dihitung menggunakan rumus: *Specific Growth Rate* (SGR):

$$\text{SGR (\%/hari)} = [(\ln W_t - \ln W_0) / t] \times 100$$

Keterangan:

Wt = berat akhir (g)

W0 = berat awal (g)

t = waktu pemeliharaan (hari)

Data SGR dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) sesuai RAK pada taraf kepercayaan 95%. Data kandungan klorofil-a dan rendemen karagenan dianalisis secara deskriptif karena data laboratorium yang tersedia hanya berupa satu nilai akhir untuk setiap kedalaman dan tidak memuat nilai per unit percobaan. Dengan demikian, kedua parameter tersebut tidak digunakan untuk menguji perbedaan statistik, dan interpretasinya dibatasi pada perbandingan numerik antar kedalaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menyajikan kondisi kualitas air permukaan selama pemeliharaan.

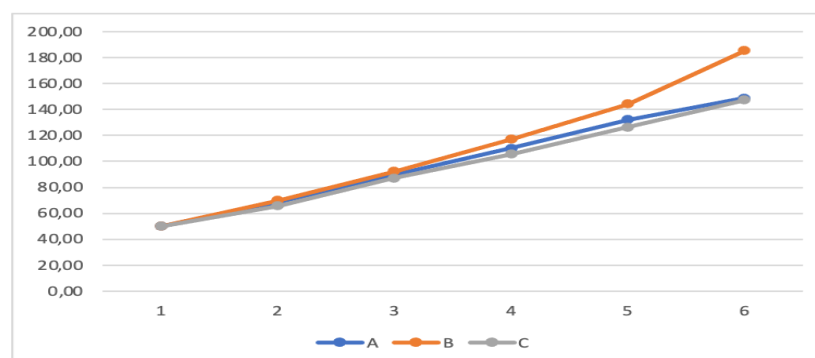
Tabel 1. Rata-rata kualitas air permukaan selama pemeliharaan

Kedalaman	n	Suhu (°C)	Kecerahan (m)	Salinitas (ppt)	pH
30 cm	3	29,4	3,7	30,7	8,1
60 cm	3	29,4	3,7	30,7	8,1
90 cm	3	29,4	3,7	30,7	8,1

Rata-rata pengukuran pada ketiga perlakuan kedalaman sama, yaitu suhu 29,4 °C, kecerahan 3,7 m, salinitas 30,7 ppt, dan pH 8,1 (n = 3 pada setiap kedalaman). Data tersebut menunjukkan bahwa parameter kualitas air permukaan yang diukur relatif seragam antarkedalaman, sedangkan intensitas cahaya tidak diukur. Nilai tersebut sebanding dengan kondisi budidaya lapangan *Kappaphycus alvarezii* pada sistem rakit horizontal yang dilaporkan pada suhu rata-rata 28,9 °C dan salinitas 30-35 ppt (Montúfar-Romero *et al.*, 2023). Namun, perbandingan ini hanya menunjukkan kesesuaian umum dan tidak dapat menjelaskan perbedaan antar kedalaman karena pengukuran penelitian ini dilakukan pada air permukaan.

1. Pertumbuhan Rumput Laut

Rata-rata pertambahan bobot rumput laut *Eucheuma cottonii* selama 35 hari pemeliharaan pada berbagai kedalaman disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rerata Pertumbuhan Rumput Laut

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa secara numerik bobot akhir tertinggi terdapat pada kedalaman 60 cm (185,33 g), sedangkan bobot akhir terendah terdapat pada kedalaman 90 cm (147,33 g).

2. Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR)

Nilai SGR dihitung berdasarkan bobot awal dan bobot akhir pada hari ke-35. Hasil perhitungan rata-rata SGR disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata SGR (%/hari)

Perlakuan	SGR (%/hari)
30 cm	3,11
60 cm	3,74
90 cm	3,05

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi kedalaman pemeliharaan tidak berpengaruh nyata terhadap laju pertumbuhan spesifik (*Specific Growth Rate/SGR*) *Eucheuma cottonii* ($p > 0,05$). Secara numerik, kedalaman 60 cm menghasilkan SGR tertinggi (3,74%/hari), diikuti 30 cm (3,11%/hari) dan 90 cm (3,05%/hari). Oleh karena perbedaannya tidak nyata, nilai tersebut menunjukkan kecenderungan numerik dan tidak membuktikan bahwa salah satu kedalaman memberikan pertumbuhan yang lebih baik secara statistik.

Secara fisiologis, pertumbuhan rumput laut sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang berperan dalam proses dan pembentukan biomassa rumput laut, Penurunan intensitas cahaya seiring bertambahnya kedalaman perairan disebabkan oleh proses penetrasi cahaya di kolom air (Lobban & Harrison, 1994). Namun, intensitas cahaya tidak diukur selama penelitian. Karena itu, SGR numerik tertinggi pada kedalaman 60 cm tidak dapat digunakan sebagai bukti langsung bahwa intensitas cahaya pada kedalaman tersebut merupakan kondisi optimum.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kedalaman dan metode pemeliharaan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kandungan biokimia rumput laut. Hurtado *et al.* (2008) melaporkan bahwa kedalaman, kepadatan bibit, dan lama pemeliharaan berkaitan dengan pertumbuhan *Kappaphycus striatum* var. *sacol*. Ask dan Azanza (2002) juga menekankan bahwa keberhasilan budidaya eucheumatoid dipengaruhi oleh teknik dan kondisi lokasi. Darmawati (2013) melaporkan SGR *Kappaphycus alvarezii* sebesar 4,427%/hari pada kedalaman 20 cm, 4,750%/hari pada 50 cm, dan 3,892%/hari pada kedalaman 100 cm. Sebaliknya, Andiska *et al.* (2021) memperoleh SGR tertinggi pada kedalaman 25 cm dibandingkan 50 dan 75 cm dengan metode *longline*. Perbedaan antar pengamatan tersebut menunjukkan bahwa kedalaman dengan kinerja numerik tertinggi dapat berubah menurut jenis, lokasi, bobot awal, lama pemeliharaan, metode budidaya, dan kondisi perairan, karena itu, hasil pada kedalaman 60 cm dalam penelitian ini tidak ditafsirkan sebagai optimum yang berlaku umum. Temuan yang lebih baru menunjukkan bahwa laju pertumbuhan tidak berbeda nyata antara sistem *tie-tie* dan *tubular net*, tetapi bervariasi menurut strain dan berkaitan dengan kondisi lingkungan setempat (Cáceres-Farias *et al.*, 2025).

SGR pada kedalaman 90 cm secara numerik lebih rendah (3,05%/hari). Berkurangnya penetrasi cahaya dapat menjadi salah satu kemungkinan penjelas karena cahaya berkaitan dengan efisiensi fotosintesis dan akumulasi biomassa. Namun, intensitas cahaya pada setiap kedalaman tidak diukur dalam penelitian ini, sehingga mekanisme tersebut belum dapat dipastikan. Variasi musiman juga dapat memengaruhi respons pertumbuhan. Barillé *et al.* (2025) menunjukkan bahwa SGR *Kappaphycus alvarezii* di Sulawesi Selatan berubah antarsiklus budidaya seiring perubahan kondisi perairan pada peralihan monsun. Penelitian ini hanya mencakup satu periode pemeliharaan, sehingga kecenderungan numerik antarkedalaman belum mewakili variasi musim.

3. Kandungan Klorofil-a

Pengukuran kandungan klorofil-a dilakukan pada akhir masa pemeliharaan (hari ke-35). Hasil analisis laboratorium disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan Klorofil-a (mg/g berat kering)

Perlakuan	Klorofil-a (mg/g)
30 cm	0,0724
60 cm	0,0726
90 cm	0,0351

Secara numerik, kandungan klorofil-a tertinggi terdapat pada kedalaman 60 cm (0,0726 mg/g), diikuti 30 cm (0,0724 mg/g) dan 90 cm (0,0351 mg/g). Karena hanya tersedia satu nilai akhir untuk setiap kedalaman, pola tersebut disajikan secara deskriptif dan tidak digunakan untuk menyatakan adanya pengaruh atau perbedaan nyata.

Minsas *et al.* (2023) melaporkan kandungan klorofil-a *Eucheuma cottoni* sebesar $2,209 \pm 0,87$ mg/g pada 30 cm, $1,706 \pm 0,61$ mg/g pada 60 cm, dan $1,970 \pm 0,92$ mg/g pada 90 cm. Nilai dan polanya berbeda dari penelitian ini. Perbandingan langsung tidak dapat dilakukan karena Minsas *et al.* menggunakan sistem keramba apung, bobot awal 100 g, masa pemeliharaan 50 hari, dan metode analisis yang dilaporkan secara berbeda, sedangkan penelitian ini menggunakan tali bentang, bobot awal 50 g, dan masa pemeliharaan 35 hari.

Kandungan klorofil-a berkaitan dengan pemanfaatan energi cahaya oleh talus. Zhang *et al.* (2024) menunjukkan bahwa perubahan intensitas cahaya dapat mengubah fotosintesis dan komponen biokimia *Kappaphycus alvarezii*. Kumar *et al.* (2020) juga menunjukkan secara eksperimental bahwa peningkatan suhu dapat menurunkan kinerja fotosintesis dan kandungan pigmen *K. alvarezii*. Kedua temuan tersebut menegaskan bahwa respons pigmen dipengaruhi lebih dari satu faktor lingkungan. Namun, karena intensitas cahaya tidak diukur dan suhu yang tersedia hanya berupa pengukuran permukaan, data penelitian ini tidak dapat menetapkan mekanisme penyebab perbedaan klorofil-a antarkedalaman.

Kedalaman 60 cm menghasilkan kandungan klorofil-a tertinggi secara numerik. Meskipun demikian, hasil tersebut tidak dapat digunakan untuk menetapkan ambang intensitas cahaya atau suhu di lokasi penelitian karena kedua

faktor tersebut tidak diukur pada setiap kedalaman dan data klorofil-a tidak tersedia pada tingkat unit percobaan.

Kandungan klorofil-a pada 30 cm yang sedikit lebih rendah daripada 60 cm secara teoritis dapat berkaitan dengan *photoprotective response*, yaitu penyesuaian pigmen terhadap cahaya yang relatif tinggi. Akan tetapi, penjelasan tersebut tetap merupakan dugaan karena intensitas cahaya tidak diukur dan data klorofil-a tidak tersedia pada tingkat unit percobaan.

4. Kandungan Karagenan

Rendemen karagenan dianalisis pada akhir penelitian menggunakan sampel kering. Hasilnya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rendemen Karagenan (% berat kering)

Perlakuan	Karagenan (%)
30 cm	36,01
60 cm	36,31
90 cm	35,97

Rendemen karagenan tertinggi secara numerik terdapat pada kedalaman 60 cm (36,31%), diikuti 30 cm (36,01%) dan 90 cm (35,97%). Selisih antarkedalaman relatif kecil, yaitu paling besar 0,34 poin persentase. Karena hanya tersedia satu nilai akhir untuk setiap kedalaman, hasil tersebut menunjukkan variasi numerik dan tidak membuktikan bahwa kedalaman pemeliharaan berpengaruh nyata terhadap rendemen karagenan.

Karagenan merupakan polisakarida dinding sel alga merah yang penting untuk berbagai aplikasi industri (Porse & Rudolph, 2017; Rupert *et al.*, 2022). Shalvina *et al.* (2022) menunjukkan bahwa suhu, salinitas, dan nutrisi dapat memengaruhi pertumbuhan serta mutu karagenan *Kappaphycus alvarezii*, sedangkan Kumar *et al.* (2020) menunjukkan bahwa suhu tinggi dapat menurunkan rendemen dan mutu karagenan pada kondisi laboratorium. Temuan tersebut menegaskan bahwa variasi rendemen antarkedalaman perlu dibaca bersama faktor lingkungan dan kondisi fisiologis, bukan dijelaskan oleh kedalaman saja. Percobaan *in vitro* juga menunjukkan bahwa perbedaan salinitas memengaruhi SGR dan warna eksplan *K. alvarezii*, tetapi hasil tersebut tidak dapat langsung disamakan dengan kondisi budidaya lapangan (Aris *et al.*, 2021).

Hurtado-Ponce (1995) mengevaluasi sifat karagenan tiga morfotipe *Kappaphycus alvarezii* yang dibudidayakan pada dua kedalaman dan terutama menunjukkan perbedaan antarmorfotipe dalam masing-masing kedalaman. Temuan tersebut, bersama hasil Shalvina *et al.* (2022), mendukung kehati-hatian dalam menafsirkan selisih rendemen yang kecil pada penelitian ini. Pada budidaya vertikultur 0,2-5 m, Pong-Masak dan Sarira (2020) menemukan bahwa kedalaman berpengaruh nyata terhadap laju pertumbuhan harian, tetapi tidak terhadap kandungan karagenan. Hasil tersebut menguatkan bahwa respons pertumbuhan dan karagenan terhadap kedalaman tidak selalu berjalan searah.

Rata-rata pengukuran air permukaan pada setiap kedalaman menunjukkan suhu 29,4 °C, kecerahan 3,7 m, salinitas 30,7 ppt, dan pH 8,1 (n = 3). Karena

intensitas cahaya tidak diukur, perbedaan rendemen pada kedalaman 30, 60, dan 90 cm tidak dapat dijelaskan berdasarkan gradien cahaya secara langsung, dan pembahasannya dibatasi pada kecenderungan numerik.

PENUTUP

Kesimpulan

Kedalaman pemeliharaan tidak berpengaruh nyata terhadap SGR *Eucheuma cottonii* ($p > 0,05$). Secara numerik, kedalaman 60 cm menghasilkan SGR, kandungan klorofil-a, dan rendemen karagenan tertinggi selama 35 hari pemeliharaan. Namun, kandungan klorofil-a dan karagenan hanya dianalisis secara deskriptif sehingga kedalaman 60 cm belum dapat dinyatakan sebagai kondisi optimum yang terbukti secara statistik untuk seluruh parameter.

Saran

Kedalaman sekitar 60 cm dapat dipertimbangkan sebagai acuan operasional untuk diuji pada budidaya rumput laut di lokasi penelitian. Penerapannya perlu disertai pemantauan kualitas air, suhu, intensitas cahaya, musim, dan ulangan analisis laboratorium agar efektivitasnya dapat diverifikasi pada kondisi budidaya yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Pascasarjana Universitas Andi Djemma atas dukungan akademik dan fasilitas yang telah diberikan selama proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ask, E. I., & Azanza, R. V. (2002). Advances in cultivation technology of commercial eucheumatoid species: A review with suggestions for future research. *Aquaculture*, 206(3–4), 257–277. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00724-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00724-4)
- Andiska, Irawan, H., & Wulandari, R. (2021). Pengaruh kedalaman terhadap pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* menggunakan metode longline. *Intek Akuakultur*, 5(2), 25–35. <https://doi.org/10.31629/intek.v5i2.3091>
- Aris, M., Muchdar, F., & Labenua, R. (2021). Study of seaweed *Kappaphycus alvarezii* explants growth in the different salinity concentrations. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 13(1), 97–105. <https://doi.org/10.20473/jipk.v13i1.19842>
- Barillé, L., Paterson, I. L. R., Oiry, S., Aris, A., Cook-Cottier, E. J., & Nurdin, N. (2025). Variability of *Kappaphycus alvarezii* cultivation in South-Sulawesi (Indonesia) related to the monsoon shift: Water quality, growth and colour quantification. *Aquaculture Reports*, 40, 102557. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102557>
- Cáceres-Farias, L., Montúfar-Romero, M., Lodeiros, C., Espinoza-Vera, M. M., Cáceres-Farias, L. B., Avendaño, U., Ruiz-Chóez, W., & Alfaro-Núñez, A. (2025). Growth rate comparison of three *Kappaphycus alvarezii* colour

- strains cultivated using tubular netting and tie-tie methods in the waters of Ecuador. *Journal of Applied Phycology*, 37, 1139–1152. <https://doi.org/10.1007/s10811-025-03465-5>
- Darmawati. (2013). Analisis laju pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang ditanam pada berbagai kedalaman. *Octopus: Jurnal Ilmu Perikanan*, 2(2), 184–191. <https://doi.org/10.26618/octopus.v2i2.534>
- Dawes, C. J. (1998). *Marine botany* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Hurtado, A. Q., Critchley, A. T., Trespoey, A., & Bleicher-Lhonneur, G. (2008). Growth and carrageenan quality of *Kappaphycus striatum* var. *sacoli* grown at different stocking densities, duration of culture and depth. *Journal of Applied Phycology*, 20, 551–555. <https://doi.org/10.1007/s10811-008-9339-z>
- Hurtado-Ponce, A. Q. (1995). Carrageenan properties and proximate composition of three morphotypes of *Kappaphycus alvarezii* Doty (Gigartinales, Rhodophyta) grown at two depths. *Botanica Marina*, 38(3), 215–220. <https://doi.org/10.1515/botm.1995.38.1-6.215>
- Kumar, Y. N., Poong, S.-W., Gachon, C., Brodie, J., Sade, A., & Lim, P.-E. (2020). Impact of elevated temperature on the physiological and biochemical responses of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta). *PLOS ONE*, 15(9), e0239097. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239097>
- Lobban, C. S., & Harrison, P. J. (1994). *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626210>
- Minsas, S., Nanda, A. R., Nurdiansyah, S. I., Idiawati, N., & Siregar, S. (2023). Kandungan klorofil-a dan karotenoid pada *Eucheuma cottoni* yang dibudidayakan pada kedalaman berbeda di Teluk Cina Pulau Lemukutan. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(2), 330–338. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i2.15950>
- Montúfar-Romero, M., Rincones-León, R. E., Cáceres-Farias, L. B., Espinoza-Vera, M. M., Avendaño, U., Cruz-Jaime, T., Cubillos, L., Ruiz, W., Revelo, W., Lodeiros, C., Alfaro-Núñez, A., & Cáceres-Farias, L. (2023). Feasibility of aquaculture cultivation of elkhorn sea moss (*Kappaphycus alvarezii*) in a horizontal long line in the Tropical Eastern Pacific. *Scientific Reports*, 13, 14751. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41795-x>
- Pong-Masak, P. R., & Sarira, N. H. (2020). Effect of depth on the growth and carrageenan content of seaweed *Kappaphycus alvarezii* cultivated using verticulture method. *E3S Web of Conferences*, 147, 01011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014701011>
- Porse, H., & Rudolph, B. (2017). The seaweed hydrocolloid industry: 2016 updates, requirements, and outlook. *Journal of Applied Phycology*, 29, 2187–2200. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1144-0>

- Rupert, R., Rodrigues, K. F., Thien, V. Y., & Yong, W. T. L. (2022). Carrageenan from *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae): Metabolism, structure, production, and application. *Frontiers in Plant Science*, 13, 859635. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.859635>
- Shalvina, A., De Ramon N'Yeurt, A., Lako, J., & Piovano, S. (2022). Effects of selected environmental conditions on growth and carrageenan quality of laboratory-cultured *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta) in Fiji, South Pacific. *Journal of Applied Phycology*, 34, 2311–2324. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02690-6>
- Zhang, Y., Xiao, Z., Wei, Z., & Long, L. (2024). Increased light intensity enhances photosynthesis and biochemical components of red macroalga of commercial importance, *Kappaphycus alvarezii*, in response to ocean acidification. *Plant Physiology and Biochemistry*, 210, 108465. DOI: 10.1016/j.plaphy.2024.108465