

PERTUMBUHAN RUMPUT LAUT *GRACILLARIA VERRUCOSA* DENGAN VARIASI JARAK TANAM YANG BERBEDA

Growth of Gracillaria Verrucosa Seaweed with Different Planting Spatial Variations

Andi Purwanti^{1*}, Sutia Budi², Sri Mulyani²

¹Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan, Maros

²Program Studi Budidaya Perairan, Program Pascasarjana, Universitas Bosowa

Email: purwanti.perikanan2007@gmail.com

Diterima: 12 Juli 2024

Dipublikasikan: 30 Desember 2024

ABSTRAK

Tujuan Penelitian yaitu menganalisis pengaruh jarak tanam yang berbeda terhadap pertumbuhan rumput laut *Gracillaria verrucosa* yang berbeda dilakukan pada bulan Desember tahun 2023 sampai Maret tahun 2024 di Instalasi Tambak Percobaan (ITP) Marana Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan (BRPBAPPP), Desa Marannu Kecamatan Lau Kabupaten Maros Propinsi Sulawesi Selatan. Metode Penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan pengukuran pertumbuhan bibit rumput laut *Gracillaria verrucosa* dengan variasi jarak yang berbeda yakni 20,30,40 dan 50 cm. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dan tiga perlakuan sehingga total keseluruhan ada 12 perlakuan. dan uji T melalui aplikasi SPSS serta analisis ragam (ANOVA). Hasil penelitian diperoleh bahwa tidak adanya perbedaan jarak tanam 20,30,40 dan 50 cm terhadap pertumbuhan bobot rumput laut *Gracillaria verrucosa*.

Kata Kunci: Rumput Laut, Jarak Tanam

ABSTRACT

The aim of this research is to analyze the effect of different planting distances on the growth of the *Gracillaria Verrucosa* seaweed with different variations in planting distance was carried out from December 2023 to March 2024 at the Marana Experimental Pond Installation (ITP), Brackish Water Aquaculture Research Institute and Fisheries Extension (BRPBAPPP), Marannu Village, Lau District, Maros, South Sulawesi Province. The research method used was to measure the growth of *Gracillaria Verrucosa* seaweed seedlings with different distance variations of 20, 30, 40 and 50 cm. This Research used a completely randomized design (CRD) consisting of four treatments and three treatments so that a total of 12 treatments and T test through SPSS application and analysis of variance (ANOVA). The results of the research showed that there was no difference between planting distances of 20, 30.40 and 50 cm on the weight growth of the seaweed *Gracillaria verrucosa*.

Keywords: Seaweed, Planting Spatial



This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

1. PENDAHULUAN

Rumput laut merupakan salah satu komoditas unggulan dalam sektor budidaya perikanan di Indonesia. Di Provinsi Sulawesi Selatan, produksi rumput laut memberikan kontribusi terbesar terhadap total produksi perikanan budidaya, dengan angka mencapai 1.009.275,3-ton pada tahun 2020 (DKP Sulsel, 2021). Rumput laut memiliki nilai ekonomi yang sangat tinggi dan beragam manfaat, mulai dari bahan makanan yang dapat dikonsumsi langsung, pakan ternak, hingga bahan baku untuk pupuk. Selain itu, rumput laut memainkan peran penting dalam industri biofuel, kosmetik, dan farmasi.

Salah satu jenis rumput laut yang bernilai ekonomi tinggi adalah *Gracillaria verrucosa*, yang kaya akan kandungan agar. Agar ini banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti farmasi untuk pembuatan salep dan krim, kosmetika untuk sabun dan pembersih wajah, serta industri lain seperti kertas, tekstil, dan pengalengan makanan. Lebih penting lagi, agar digunakan sebagai media pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri dan jamur (Santika *et al.*, 2014).

Namun, hingga saat ini, produktivitas budidaya rumput laut masih menghadapi berbagai kendala, terutama terkait metode

budidaya yang digunakan. Sebagian besar pembudidaya masih mengandalkan metode tradisional seperti metode lepas dasar, yang hasilnya sering kurang optimal. Menurut penelitian Annas *et al.* (2019), metode bottom-off dengan berbagai jarak tanam tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan *Gracillaria verrucosa* di laut. Sebaliknya, Putra *et al.* (2011) mengungkapkan bahwa metode rawai panjang (longline) menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan metode lepas dasar. Hal ini disebabkan oleh minimnya paparan cahaya matahari dan tercampurnya rumput laut dengan lumpur saat menggunakan metode lepas dasar, yang menghambat fotosintesis dan pertumbuhan.

Penelitian lebih lanjut, seperti yang dilakukan oleh Saputro *et al.* (2021), menunjukkan bahwa jarak tanam optimal sekitar 30-40 cm pada kedalaman 20 cm dari permukaan air memberikan hasil yang lebih baik untuk pertumbuhan spesifik (Specific Growth Rate, SGR) dan kandungan agar *Gracillaria verrucosa*. Penelitian lainnya juga mendukung pentingnya pengaturan jarak tanam dan kepadatan untuk memastikan ketersediaan unsur hara yang cukup, yang pada akhirnya mendukung pertumbuhan maksimal rumput laut (Azizah *et al.*, 2018; Desy *et al.*, 2016).

Berdasarkan berbagai hasil penelitian tersebut, pengaturan jarak tanam dan metode budidaya menjadi faktor kunci dalam meningkatkan produktivitas *Gracilaria verrucosa*. Oleh karena itu, dilakukan penelitian ini untuk menganalisis pertumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa* dengan variasi jarak tanam sebagai upaya untuk mencapai hasil yang lebih optimal.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 2 Desember 2023 sampai dengan 19 Maret 2024, di Instalasi Tambak Percobaan (ITP) Marana Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan (BRPBAPP), Desa Marannu Kecamatan Lau Kabupaten Maros

Metode Penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan pengukuran pertumbuhan bibit rumput laut *Gracillaria verrucosa* dengan variasi jarak yang berbeda yakni 20,30,40 dan 50 cm

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dan tiga perlakuan sehingga total keseluruhan ada 12 perlakuan. dan uji T melalui aplikasi SPSS serta analisis ragam (ANOVA). kemudian dilanjutkan dengan uji Tukey jika berpengaruh secara signifikan dengan taraf kepercayaan 95% (Gasperz,1994).

Data pertumbuhan diukur setiap satu minggu sekali sampai dengan akhir penelitian. Data berat mutlak adalah dengan menggunakan rumus (Marzuqi *et al.*, 2012).

$$W = W_t - W_0$$

dimana:

W = Pertumbuhan berat mutlak Rl *Gracillaria verrucosa* (gram)

W_t = Berat Rl *Gracillaria verrucosa* pada akhir pemeliharaan(gram),

W₀ = Berat Rl *Gracillaria verrucosa* pada awal pemeliharaan (gram)

Data Laju pertumbuhan ini dihitung dengan menggunakan rumus *Spesifik Growth Rate* (SGR) (Muchlisin *et al.* 2016)

$$SGR (\%) = (\ln W_t - \ln W_0) / t \times 100$$

dimana:

SGR = Laju pertumbuhan harian rata-rata (%/hari)

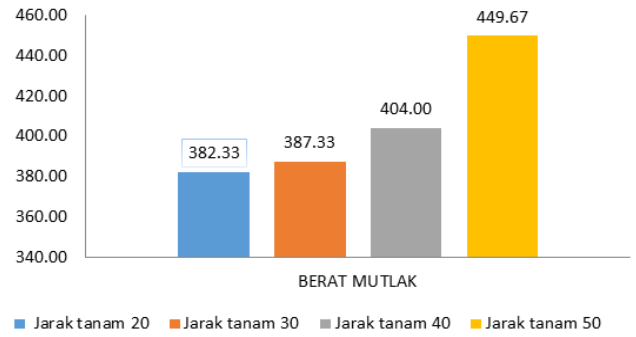
W_t = Berat rata-rata pada waktu ke-t (g)

W₀ = Berat rata-rata awal (g)

t = Waktu (hari)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pertumbuhan berat mutlak rumput laut *Gracilaria verrucosa* pada setiap variasi jarak tanam yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 1. di bawah ini:



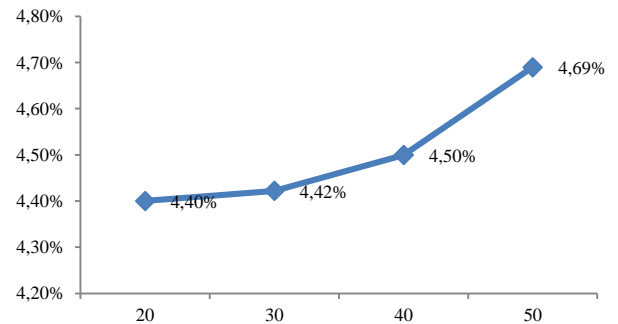
Gambar 1. Data Pertumbuhan Mutlak Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* Berdasarkan Variasi Jarak Tanam Yang Berbeda

Berdasarkan Gambar 1 di atas menunjukkan bahwa Dari hasil penelitian menunjukkan nilai tertinggi untuk pertumbuhan mutlak diperoleh pada perlakuan jarak tanam 50 cm yang memiliki berat mutlak sebesar 449,67 gram, kemudian pada jarak tanam 40 cm dengan berat mutlak yaitu sebesar 404,00 gram, jarak tanam 30 cm dengan berat mutlak yaitu sebesar 387,33-gram dan jarak tanam 20 cm menghasilkan pertumbuhan berat mutlak yaitu sebesar 382,33 gram

Jarak tanam tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan mutlak rumput laut hal ini sebabkan karena rumput laut yang digunakan pada awal penebaran yaitu 50-gram cenderung tidak terlalu besar atau rimbun sehingga setiap permukaan rumput laut mendapatkan kesempatan yang sama dalam memperoleh nutrien dari sinar matahari untuk proses fotosintesis. Azizah *et al.* (2018) menyatakan bobot bibit awal rumput laut yang digunakan memiliki pengaruh pada persaingan antar thallus dalam pertumbuhan rumput laut, baik dari segi pemanfaatan ruang gerak, perolehan sinar matahari untuk proses fotosintesis maupun penyerapan unsur hara. Menurut Ismail *et al.* (2015) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa bobot bibit awal yang kecil memiliki pertumbuhan yang relatif cepat karena tidak adanya persaingan untuk mendapatkan makanan antar thallus sehingga penyebaran makanan merata.

Pertumbuhan Berat Mutlak Rumput Laut Gracillaria verrucosa

Data laju pertumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa* pada setiap variasi jarak tanam yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 2. di bawah ini:



Gambar 2. Data Pertumbuhan Mutlak Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* Berdasarkan Variasi Jarak Tanam Yang Berbeda

Berdasarkan hasil Gambar 2. di atas hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak tanam tidak berpengaruh signifikan

terhadap Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR) rumput laut *Gracillaria verrucosa*. Jarak tanam 50 cm memiliki SGR sebesar 4,69%, jarak tanam 40 cm sebesar 4,50%, jarak tanam 30 cm sebesar 4,42% dan jarak tanam 20 cm sebesar 4,40%.

Tingginya nilai SGR pada jarak tanam 50 cm karena adanya pergerakan air yang lebih luas dalam membawa unsur hara sehingga menyebabkan pertumbuhan rumput laut semakin meningkat, serta penempatan rumput laut di permukaan perairan yang menyebabkan penyerapan matahari lebih baik untuk fotosintesis. Pertumbuhan rumput laut sangat dipengaruhi oleh jarak ikat yang berhubungan dengan satuan luas lahan, dimana semakin lebar jarak tanam maka semakin luas lintas pergerakan air (Putri *et al.*, 2022). Jarak yang semakin lebar memberikan keleluasaan air untuk bergerak dalam mendistribusikan unsur hara pada rumput laut (Pongarrang *et al.* 2013).

Penempatan rumput laut di permukaan perairan bisa mencapai laju pertumbuhan lebih tinggi, karena lebih efektif dalam menyerap cahaya matahari yang digunakan untuk fotosintesis, yang selanjutnya dimanfaatkan untuk proses metabolisme sebagai cadangan makanan bagi rumput laut (Sunaryo *et al.*, 2015). Pemenuhan zat gizi sangat mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Pertumbuhan tertinggi yang terjadi pada jarak tanam 50 cm, unsur hara cukup banyak sehingga dapat menunjang laju pertumbuhan rumput laut, sebaliknya tingkat pertumbuhan yang rendah diperkirakan disebabkan oleh persaingan antar tanaman dalam ruang terbatas pemanfaatannya, sehingga terjadi percabangan dan pertumbuhan baru tunas ditandai dengan banyaknya cabang yang menjadi terhambat (Mudiarti, 2023).

Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR) rumput laut *Gracillaria verrucosa*, berkaitan dengan panjang, lebar, dan berat, rumput laut dengan sampel dikultur di bawah teknik yang terletak di dasar laut rentan terhadap predator dan gangguan lain, mempengaruhi pertumbuhan sampel dibandingkan dengan rumput laut yang di budidaya dengan terletak di sepanjang air dengan pergerakan air sedang dan jauh dari gangguan apa pun. Menurut McHugh (1991), hamparan besar *Gracillaria* biasanya tumbuh di zona eulittoral, atau tepat di bawahnya pada awal sublittoral, pada sedimen berpasir atau berlumpur terlindung dari gelombang. Selanjutnya menurut, FAO (2016) mengatakan bahwa ia tumbuh dalam pergerakan air yang cepat dimana tingkat pertukaran airnya baik. Sehubungan dengan hal ini, keberhasilan budidaya *Gracillaria* sangat bergantung pada pemilihan situs yang sesuai dan sejak itu Spesies *Gracillaria* mempunyai preferensi lingkungan yang berbeda-beda (Trono, 1988). Lokasi yang berkelanjutan harus dipilih dan langkah-langkah efektif harus diambil agar hasil menjadi baik (FAO, 2016).

Hal lain juga ditunjukkan oleh Rumput laut *Gracillaria* yang dibudidayakan dengan teknik bambu mengambang-monoline menunjukkan kenaikan tertinggi dalam hal berat dan lebar, sedangkan yang dibudidayakan dengan teknik tali vertikal didapat pertambahan tertinggi dalam hal panjang. Hasil penelitian laju pertumbuhan spesifik (SGR) *Kappaphycus alvarezii* dan *Euclima denticulatum* menunjukkan nilai yang tinggi dengan metode jaring horizontal (HN) dan jaring vertikal (VN) dibandingkan dengan longline, selain meningkatkan pertumbuhan harian rumput laut, teknologi HN dan VN cukup

digunakan di lahan kecil dengan produksi tinggi (Kasim, M. *et al.*, 2022; 2020)

Kualitas Air *Gracillaria verrucosa*

Data laju pertumbuhan rumput laut *Gracillaria verrucosa* pada setiap variasi jarak tanam yang berbeda dapat dilihat pada tabel 1. di bawah ini:

Tabel 1. Kualitas Air *Gracillaria verrucosa*

Kualitas Air	Nilai	Nilai Standar SNI SNI 7671.3:2010
Suhu (°C)	26,5 - 31,6	25 - 30
DO (mg/L)	2,83 - 4,8	Minimal 3
Salinitas (ppt)	24,81 - 29,65	28 -34
pH	7,5 - 8,12	7 - 8,5
Amonia (mg/L)	0,518	Maksimal 1
Fosfat (mg/L)	0,1561	0,01-0,09
Nitrat (mg/L)	0,006	0,01 - 0,07
Nitrit (mg/L)	0,1687	Maksimal 0,06

Pengaruh Suhu Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Agar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu perairan selama percobaan berkisar antara 26,5°C hingga 31,6°C, yang sedikit melampaui kisaran optimal untuk pertumbuhan rumput laut, yaitu 20–30°C (Wiencke & Bischof, 2012). Suhu yang lebih tinggi dari kisaran optimal dapat menyebabkan stres fisiologis pada *Gracillaria sp.*, sehingga menghambat pertumbuhan dan metabolisme rumput laut secara keseluruhan (Kumar *et al.*, 2011). Namun, respons fisiologis *Gracillaria sp.* terhadap suhu tinggi sering kali berupa peningkatan produksi agar sebagai mekanisme perlindungan terhadap stres lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa suhu yang sedikit lebih tinggi dapat meningkatkan kandungan agar, meskipun dengan pengorbanan laju pertumbuhan (Kim *et al.*, 2015).

Penelitian sebelumnya menunjukkan spesies *Gracillaria* memiliki toleransi suhu yang cukup luas, berkisar antara 0–35°C (Kim *et al.*, 2015), dengan kisaran optimal 20–34°C yang membantu meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi dan mendukung pertumbuhan (Rejeki *et al.*, 2018). Munaeni *et al.* (2023) melaporkan bahwa pada suhu rata-rata 29,64°C, berat awal rumput laut sebesar 75 g dapat mencapai berat akhir 202,32 g dalam 42 hari masa tanam. Namun, perubahan suhu yang drastis dapat mengganggu mekanisme fisiologis *Gracillaria verrucosa*, menurunkan efisiensi metabolisme, dan menghambat pertumbuhan.

Pengaruh Oksigen Terlarut (DO) Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut

Selama penelitian, nilai oksigen terlarut (DO) di perairan berkisar antara 2,83–4,8 mg/L, dengan rata-rata sedikit di bawah kisaran optimal untuk pertumbuhan rumput laut, yaitu 4–8 mg/L (Luo *et al.*, 2023). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI, 2010), DO minimum yang direkomendasikan adalah 3 mg/L. Kekurangan oksigen dapat menghambat proses metabolisme, sehingga mengganggu pertumbuhan *Gracillaria sp.*, meskipun tidak ditemukan hubungan langsung antara variasi DO dengan kandungan agar (Priyanka *et al.*, 2022).

Penelitian sebelumnya oleh Kaladharan dan Ramesh (2009) menunjukkan bahwa DO yang sangat rendah (<2 mg/L) dapat berdampak negatif pada metabolisme rumput laut *Gracillaria corticate*, sedangkan nilai DO yang lebih tinggi mendukung

metabolisme oksigenasi yang efisien, sehingga mendorong laju pertumbuhan.

Pengaruh Salinitas Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Agar

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa salinitas perairan selama penelitian berkisar antara 24,81–29,65 ppt, yang masih berada dalam rentang toleransi untuk *Gracilaria sp.*, yaitu 10–40 ppt (Gorman & Zucker, 1997; Yokoyama, 1999; Kliensky *et al.*, 2016). Salinitas optimal untuk pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* adalah sekitar 25 ppt (Sahu *et al.*, 2010), dengan kisaran toleransi yang lebih luas, yaitu 18–35 ppt (Rahim, 2018; Lüning, 1991; Kalesh & Banu, 2008). Penelitian oleh Bezerra *et al.* (2024) dan Lee *et al.* (2016) mendukung bahwa pada salinitas 30–35 ppt, *Gracilaria sp.* dapat meningkatkan kandungan agar sebagai respons terhadap tekanan osmotik, meskipun laju pertumbuhan dapat terpengaruh oleh perubahan salinitas yang signifikan.

Pengaruh pH Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Agar

Nilai pH selama penelitian berkisar antara 7,0–8,0, yang merupakan kisaran optimal untuk budidaya *Gracilaria sp.* (Cokrowati, 2016). pH air berperan penting dalam memengaruhi keseimbangan ionik, aktivitas enzim, dan metabolisme rumput laut, termasuk produksi senyawa bioaktif seperti agar (Wiencke & Bischof, 2012). Menurut Hidayat (2015), pada pH rendah, kandungan agar dapat mengalami depolimerisasi, sehingga kehilangan fungsionalitasnya. Mendes *et al.* (2024) menambahkan bahwa pH yang ekstrem, baik terlalu tinggi maupun rendah, dapat mengganggu stabilitas struktur agar, yang secara tidak langsung memengaruhi kualitas produk akhir.

Pengaruh Nutrisi (Nitrat dan Fosfat)

Konsentrasi nitrat yang terukur selama penelitian adalah 0,006 mg/L, jauh di bawah kisaran optimal untuk pertumbuhan rumput laut, yaitu 0,9–3,5 mg/L (Rejeki *et al.*, 2018). Nitrat merupakan nutrisi penting untuk pertumbuhan, meskipun tidak berpengaruh langsung terhadap kandungan agar (Hernanto *et al.*, 2017). Selain itu, kadar fosfat selama penelitian tercatat sebesar 0,1561 mg/L, yang masih berada dalam kisaran optimal 0,02–0,2 mg/L (Marinho-Soriano, 2009). Penelitian Mendes *et al.* (2022) menunjukkan bahwa penurunan kadar fosfat di bawah pasokan natrium tinggi dapat meningkatkan kandungan agar pada *Gracilaria sp.* Dengan demikian, meskipun fosfat tidak secara langsung memengaruhi kandungan agar, ketersediaannya yang cukup mendukung pertumbuhan dan metabolisme rumput laut secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam pertumbuhan mutlak. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh keseragaman bobot bibit awal yang digunakan, yaitu 50 gram. Namun, jarak tanam 50 cm menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan jarak tanam lainnya. Pertumbuhan yang optimal pada jarak 50 cm disebabkan oleh distribusi unsur hara yang lebih merata dan paparan intensitas cahaya matahari yang optimal. Sebaliknya, jarak tanam yang terlalu dekat, seperti 20 cm dan 30 cm, mengakibatkan persaingan antar tanaman dalam menyerap unsur hara dan menurunkan intensitas cahaya yang diterima,

sehingga menghambat pertumbuhan rumput laut. Oleh karena itu, jarak tanam 50 cm direkomendasikan untuk budidaya *Gracilaria verrucosa* dengan metode rawai (longline) guna mendukung pertumbuhan yang lebih optimal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Annas, H., Cokrowati, N., & Marzuki, M. (2019, July). *Gracilaria verrucosa* growth rate Cultivated using bottom off method. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2120, No. 1). AIP Publishing.
- Azizah, M. N., Rahman, A., & Balubi, A. M. (2018). Pengaruh jarak tanam bibit yang berbeda terhadap kandungan agar rumput laut (*Gracilaria verrucosa*) menggunakan metode longline di tambak. *Jurnal Media Akuatika*, 3(1), 556-563.
- Bezerra, J. N. D. S., Borburema, H. D., Carneiro, M. A. D. A., & Marinho-Soriano, E. (2024). Biomass, growth and nutritional composition of the seaweed *Gracilaria domingensis* (Kützting) Sonder ex Dickie (Rhodophyta) under different nitrogen and phosphorus availability. *Acta Botanica Brasiliica*, 38, e20230224.
- Cokrowati N. (2016). *Seaweed Culture Technology*. Semarang: Mai Publishing.
- Desy, A. S., Izzati, M., & Prihastanti, E. (2016). Pengaruh jarak tanam pada metode longline terhadap pertumbuhan dan rendemen agar *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss. *Jurnal Akademika Biologi*, 5(2), 11-22.
- Ducouso-Détrez, A., Fontaine, J., Lounès-Hadj Sahrhoui, A., & Hijri, M. (2022). Diversity of phosphate chemical forms in soils and their contributions on soil microbial community structure changes. *Microorganisms*, 10(3), 609.
- FAO. (2016). *The Artificial Cultivation of Gracilaria*, Fisheries and Aquaculture Organization, Retrieved on August 24, 2016 from <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB730E/AB730E02.htm>
- Ferreira, M., Salgado, J. M., Fernandes, H., Peres, H., & Belo, I. (2022). Potential of red, green and brown seaweeds as substrates for solid state fermentation to increase their nutritional value and to produce enzymes. *Foods*, 11(23), 3864.
- Gasperz V. (1994). *Teknis Analisis Dalam Penelitian Percobaan*. Tarsito Bandung.
- Gorman, M. and I. Zucker. (1997). Environmental Induction of photo nonresponsiveness in the Siberian Hamster, *Phodopus Sungorus*. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative, and Comparative Physiology*. 272(3): 887-895.
- Hasni, H., Mulyani, S., & Budi, S. (2023). Pengaruh Rumput Laut Terhadap Peningkatan Kualitas Air Limbah Tambak Udang Intensif. *Journal of Aquaculture and Environment*, 5(2), 41–44.
- Hidayat, N. S. M., Mohammad-Noor, N., Susanti, D., Saad, S., & Mukai, Y. (2015). The effects of different pH and salinities on growth rate and carrageenan yield of *Gracilaria manilaensis*. *Jurnal Teknologi*, 77(25).
- Hernanto, A. D., Rejeki, S., & Ariyati, R. W. (2015). Pertumbuhan budidaya rumput laut (*Eucheuma cottoni* dan *Gracilaria sp.*) dengan metode long line di perairan pantai Bulu Jepara. *Journal of Aquaculture management and Technology*, 4(2), 60-66.

- Kasim, M., Balubi, A. M., Mustafa, A., Nurdin, R., Patadjai, R. S., & Jalil, W. (2020). Floating cage: A new innovation of seaweed culture. In Q. Lu & M. Serajuddin (Eds.), *Emerging Technologies, Environment and Research for Sustainable Aquaculture*. IntechOpen.
- Kasim, M. R., Balubi, A. M., Jalil, W., Astuti, O., Bahtiar, Muskita, W., ... & Ruslaini. (2022). Seaweed cultivation technologies in Indonesia: current trends and future prospects. In *Sustainable Global Resources Of Seaweeds Volume 1: Bioresources, cultivation, trade and multifarious applications* (pp. 75-89). Cham: Springer International Publishing.
- Kim, J. K., Kraemer, G. P., & Yarish, C. (2015). Use of sugar kelp aquaculture in Long Island Sound and the Bronx River Estuary for nutrient extraction. *Marine Ecology progress series*, 531, 155-166.
- Kumar, M., Gupta, V., Kumari, P., Reddy, C. R. K., & Jha, B. (2011). Assessment of nutrient composition and antioxidant potential of Caulerpaceae seaweeds. *Journal of food composition and analysis*, 24(2), 270-278.
- Lüning, K. (1991). *Seaweeds: their environment, biogeography, and ecophysiology*. John Wiley & Sons.
- Luo, H., Yang, Y., & Xie, S. (2023). The ecological effect of large-scale coastal natural and cultivated seaweed litter decay processes: An overview and perspective. *Journal of Environmental Management*, 341, 118091.
- Marzuqi, M., Astuti, N. W. W., & Suwirya, K. (2012). Pengaruh kadar protein dan rasio pemberian pakan terhadap pertumbuhan ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4(1), 55-65.
- McHugh, D. J. (1991). Worldwide distribution of commercial resources of seaweeds including *Gelidium*. *Hydrobiologia*, 221, 19-29.
- Mendes, M., Fortunato, D., Cotas, J., Pacheco, D., Morais, T., & Pereira, L. (2022). Agar content of estuarine seaweed *Gracilaria* using different cultivation methods. *Applied Food Research*, 2(2), 100209.
- Mendes, M., Cotas, J., Pacheco, D., Ihle, K., Hillinger, A., Cascais, M., ... & Gonçalves, A. M. (2024). Red Seaweed (Rhodophyta) Phycocolloids: A Road from the Species to the Industry Application. *Marine Drugs*, 22(10), 432.
- Muchlisin, Z. A., Afrido, F., Murda, T., Fadli, N., Muhammadar, A. A., Jalil, Z., & Yulvizar, C. (2016). The effectiveness of experimental diet with varying levels of papain on the growth performance, survival rate, and feed utilization of keureling fish (*Tor tambra*). *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 8(2), 172-178.
- Mudiarti, I. L. (2023). *Pengantar Budidaya Laut*. Unisnu Press.
- Mambai, R. Y., Salam, S., & Indrawati, E. (2020). Analisis Pengembangan Budidaya Rumput Laut (*Euchemum cottonii*) di Perairan Kosiwo Kabupaten Yapen. *Urban and Regional Studies Journal*, 2(2), 66-70.
- Munaeni, W., Lesmana, D., Irawan, H., Hamka, M. S., & Nafsiyah, I. (2023). Potensi Budidaya dan Olahan Rumput Laut di Indonesia. *TOHAR MEDIA*.
- Numberi, Y., Budi, S., & Salam, S. (2020). Analisis Oseanografi Dalam Mendukung Budidaya Rumput Laut (*Euchemum Cottonii*) Di Teluk Sarawandori Distrik Kosiwo Yapen-Papua. *Urban and Regional Studies Journal*, 2(2), 71-75.
- Pongarrang, D., Abdul, R., & Wa, I. (2013). Pengaruh jarak tanam dan bobot bibit terhadap pertumbuhan rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) menggunakan metode vertikultur. *Jurnal Mina Laut Indonesia*, 3(12), 94-112.
- Priyanka, K. R., Rajaram, R., & Sivakumar, S. R. (2022). A critical review on pharmacological properties of marine macroalgae. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-25.
- Putra, B. D., Aryawati, R., & Isnaini. (2011). Laju pertumbuhan rumput laut *Gracilaria* sp. dengan metode penanaman yang berbeda di perairan Kalianda, Lampung Selatan. *Maspari Journal*, 3, 36-41.
- Putri, D. S., Cokrowati, N., Lestari, D. P., & Ahmad, A. (2022). Growth and Content of Seaweed *Carrageenan Kappaphycus alvarezii* Cultivated at Bottom-off method. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(2), 565-573.
- Rejeki, S., Ariyati, R. W., Widowati, L. L., & Bosma, R. H. (2018). The effect of three cultivation methods and two seedling types on growth, agar content and gel strength of *Gracilaria verrucosa*. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44(1), 65-70.
- Santika, L. G., Ma'ruf, W. F., & Romadhon. (2014). Karakteristik agar rumput laut *Gracilaria verrucosa* budidaya tambak dengan perlakuan konsentrasi alkali pada umur panen yang berbeda. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(4), 98-105.
- Saputro, D., Susilowati, T., & Ariyati, R. W. (2021). Pengaruh kedalaman dan jarak tanam berbeda terhadap pertumbuhan dan kandungan agar *Gracilaria verrucosa* dengan metode longline di tambak. *Sains Akuakultur Tropis: Indonesian Journal of Tropical Aquaculture*, 5(1), 70-79.
- SNI (Standar Nasional Indonesia). (2010). SNI 7579:2010: Kriteria Mutu Air Budidaya Perikanan. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Stedt, K., Trigo, J. P., Steinhagen, S., Nylund, G. M., Forghani, B., Pavia, H., & Undeland, I. (2022). Cultivation of seaweeds in food production process waters: Evaluation of growth and crude protein content. *Algal Research*, 63, 102679. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102679>
- Trono Jr., G. C. (1988). *Manual on seaweed culture: Pond culture of Caulerpa and pond culture of Gracilaria*. Marine Science Institute, College of Science, University of the Philippines-Diliman Campus.
- Wang, Q., Lan, L., Li, H., Gong, Q., & Gao, X. (2023). Effects of nitrogen source and concentration on the growth and biochemical composition of the red seaweed *Grateloupia turuturu* (Halymeniaceae, Rhodophyta). *Sustainability (Switzerland)*, 15(9), 7458.
- Wiencke, C., & Bischof, K. (2012). *Seaweed biology. Ecological studies*, 219.
- Wikurendra, E. A., Syafiuddin, A., Nurika, G., & Elisanti, A. D. (2022). Water quality analysis of Pucang River, Sidoarjo Regency to control water pollution. *Environmental Quality Management*, 32(1), 133-143.