

MODEL OPTIMASI KUALITAS DAN PERTUMBUHAN RUMPUT LAUT *Gracilaria verrucosa* (Gracilariaceae: Gracilariales) DI TAMBAK EKSTENSIF

Optimizing Quality and Growth of Gracilaria verrucosa (Gracilariaceae: Gracilariales) in Extensive Ponds

Andi Rahmad Rahim^{1*}, Ummul Firmani¹, Dwi Retnaningtyas Utami²

¹ Program Studi Budidaya Perikanan, Universitas Muhammadiyah Gresik, Jl. Sumatra 101 GKB 61100, Gresik, Jawa Timur

² Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Gresik, Jl. Sumatra 101 GKB 61100, Gresik, Jawa Timur

*Corresponding author, e-mail: andirahmad@umg.ac.id

Diterima : 23 Mei 2024 / Disetujui : 12 Juni 2024

ABSTRACT

An important factor in extensive ponds polyculture cultivation of Gracilaria verrucosa seaweed is determining commodity density and providing fertilizer as nutrients to support seaweed growth. At Pantura, East Java, pond soil as nutrients reservoir and maintaining the stability of seaweed in ponds needs to be studied, because this area has been contaminated with chemicals from industrial activities, so it needs to be assessed for its ability to improve agar quality. The success indicators of seaweed cultivation in extensive ponds are measured by agar quality, yield, viscosity and gel strength. The aim of this research is to analyze the growth, cell number and nutrient content that contribute to improving the quality of seaweed agar in the form of pathway model. It can be ensured when water and soil conditions in the pond meet the standards to support quality seaweed production. This research was conducted in pond beds using three treatments with three replication, the best density + no vermicompost fertilizer + pond soil substrate (Treatment A), the best density + vermicompost fertilizer + pond soil substrate (Treatment B), and the best density + vermicompost fertilizer + no soil substrate. pond (Treatment C). The results showed that the path analysis model obtained for growth, cell number and nutrients each has a medium, strong and very strong relationship in producing seaweeds quality improvement in extensive ponds. Water and soil quality are worthy to support the growth and good quality of seaweed in ponds.

Keywords: *quality of seaweed, pond substrate, polyculture, vermicompost*

ABSTRAK

Faktor penting dalam budidaya polikultur rumput laut *Gracilaria verrucosa* di tambak ekstensif adalah penentuan kepadatan komoditas dan pemberian pupuk sebagai nutrisi untuk mendukung pertumbuhan rumput laut. Di daerah Pantura, Jawa Timur, tanah tambak sebagai penampung nutrisi dan menjaga kestabilan rumput laut di tambak selama proses budidaya adalah faktor yang perlu dikaji. Tanah di daerah ini telah terkontaminasi bahan kimia dari aktivitas industri, sehingga perlu dikaji kemampuannya untuk meningkatkan kualitas agar. Indikator keberhasilan kegiatan budidaya rumput laut pada tambak ekstensif diukur dari kualitas agar, rendemen, viskositas, dan kekuatan gel. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis faktor-faktor pertumbuhan, jumlah sel, dan kandungan unsur hara berkontribusi terhadap peningkatan kualitas agar rumput laut dalam bentuk model jalur. Sehingga dapat dipastikan bahwa kondisi air dan tanah di

tambak memenuhi standar untuk mendukung produksi rumput laut yang berkualitas. Penelitian ini dilakukan di hamparan tambak dengan menggunakan tiga perlakuan yaitu kepadatan terbaik + tanpa pupuk *vermicompost* + substrat tanah tambak (Perlakuan A), kepadatan terbaik + pupuk *vermicompost* + substrat tanah tambak (Perlakuan B), dan kepadatan terbaik + pupuk *vermicompost* + tanpa substrat tanah tambak (Perlakuan C). Tiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Hasil penelitian menunjukkan model analisis jalur yang diperoleh pada pertumbuhan, jumlah sel serta unsur hara masing-masing memiliki hubungan medium, kuat, dan sangat kuat dalam menghasilkan peningkatan kualitas agar rumput laut di tambak ekstensif. Kualitas air dan tanah secara deskriptif termasuk dalam kategori layak untuk mendukung pertumbuhan dan kualitas rumput laut di tambak.

Kata kunci : kualitas rumput laut, substrat tambak, sistem polikultur, *vermicompost*

PENDAHULUAN

Rumput laut merupakan komoditas perikanan unggulan di Indonesia, yang melalui program revitalisasi akuakultur menjadi salah satu fokus utama bersama dengan ikan bandeng dan udang vaname. Rumput laut, khususnya *Gracilaria verrucosa* dari famili Gracilariaceae, memiliki nilai ekonomi yang tinggi karena merupakan penghasil agar yang penting bagi industri pangan global. Lebih dari 66% produksi agar dunia dalam bentuk kering berasal dari spesies ini (Buschmann *et al.* 2017; Diatin *et al.* 2020). Ekstrak agar (E 406) sering digunakan sebagai pengental, stabilisator, dan agen pengemulsi dalam industri dan diakui aman untuk dikonsumsi manusia (*GRAS/General Recognized as Safe*) (Ollando *et al.* 2019). Hal ini menyebabkan peningkatan permintaan pasar akan ekstrak agar. Salah satu sistem yang digunakan untuk meningkatkan produksi rumput laut pada tambak ekstensif adalah polikultur, yakni budidaya dengan lebih dari satu jenis komoditas perikanan dalam waktu dan media yang sama.

Sistem polikultur diharapkan dapat meningkatkan bobot dan kualitas agar yang meliputi rendemen, viskositas, dan kekuatan gel rumput laut. Hal ini dapat terjadi sistem yang saling menguntungkan, dimana rumput laut memanfaatkan hasil metabolisme ikan bandeng dan udang sebagai sumber energinya. Pada sistem polikultur, rumput laut juga berfungsi sebagai biofilter sehingga dapat meningkatkan kualitas perairan tambak budidaya (Samidjan *et al.* 2018). Pergerakan ikan bandeng membantu rumput laut terhindar dari hama gulma selama proses budidaya (Widyastuti *et al.* 2021). Riset sebelumnya menunjukkan bahwa kepadatan terbaik untuk polikultur komoditas bandeng, udang, dan rumput laut adalah 10 ekor bandeng : 10 ekor udang : 250 g rumput laut per meter persegi (Rahim *et al.* 2023). Selain itu, penggunaan pupuk *vermicompost* terbaik ditemukan pada dosis 450 g/L atau pemberian pupuk sebanyak 1,12 ton per 5.000 m². *Vermicompost* adalah pupuk organik hasil pengomposan dengan bantuan cacing tanah (Rahim *et al.* 2016; Rahim 2018a).

Penelitian terkait produktivitas rumput laut mencakup berbagai aspek, termasuk penggunaan pupuk (Rahim *et al.* 2016) dan sistem polikultur (Rahim *et al.* 2023). Namun, untuk mencapai kualitas agar yang optimal dan layak secara ekonomi, perlu dilakukan penelitian lanjut tentang faktor-faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya kualitas agar (Sornalakshmi 2017). Salah satu faktor penting yaitu penggunaan substrat tanah dengan kepadatan tiga komoditas polikultur dan dosis pupuk yang optimal untuk menghasilkan kualitas agar rumput

laut *G. verrucosa*. Substrat tanah khususnya di daerah Pantura Jawa Timur sudah banyak terkontaminasi bahan kimia dari aktivitas industri. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian apakah tanah tersebut masih layak untuk digunakan dalam peningkatan kualitas agar rumput laut yang dibudidayakan secara polikultur di tambak tradisional. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model jalur (*path analysis*) kualitas agar rumput laut *G. verrucosa* dengan menggunakan variabel jumlah sel, pertumbuhan bobot, panjang dan unsur hara, serta kualitas air dan tanah tambak ekstensif untuk mendukung produksi kualitas agar rumput laut yang optimal.

METODE PENELITIAN

Persiapan

Gracilaria verrucosa yang digunakan merupakan hasil kultur jaringan yang dikembangkan di tambak ekstensif Desa Pulokerto, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur sejak tahun 2015. Bibit yang digunakan berumur 2-3 minggu, talus segar, banyak ditumbuhi spora, bebas dari hama lumut, bentos, dan penyakit *ice-ice*. Bibit diseleksi dan yang terbaik sebanyak 100-150 kg ditempatkan dalam 5 buah *styrofoam* ukuran $75 \times 42 \times 32$ cm.

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan selama 42 hari pada bulan Januari sampai Februari 2023. Tempat penelitian di Tambak ekstensif polikultur di Desa Soko, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur dengan luas area 0,5 ha. Wadah penelitian menggunakan terpal yang memiliki ukuran $1 \times 1 \times 1$ m sebanyak 9 buah dengan kedalaman air 50 cm.

Organisme Uji

Bibit rumput laut yang ditebar pada masing-masing wadah penelitian memiliki bobot 10 g dan panjang talus 10,9 - 12,3 cm (Gambar 1). Bobot awal ikan bandeng 45,8 – 48,8 g dengan panjang total awal 17,14 – 17,48 cm. Udang vaname mempunyai bobot awal 6,6 – 10,0 g dan panjang total awal 10,4 – 10,6 cm. Organisme uji yang digunakan adalah bibit yang bebas penyakit, memiliki tubuh utuh, dan aktif berenang.



Gambar 1. Bibit rumput laut

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan tiga perlakuan sistem polikultur kepadatan terbaik (Rahim *et al.* 2023), pupuk *vermicompost* terbaik (Rahim *et al.* 2016), dan substrat tanah. Tiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali, sehingga terdapat sembilan unit satuan percobaan. dengan 3 ulangan, yaitu :

A: kepadatan terbaik + tanpa pupuk *vermicompost* + substrat tanah tambak

B: kepadatan terbaik + pupuk *vermicompost* + substrat tanah tambak

C: kepadatan terbaik + pupuk *vermicompost* + tanpa substrat tanah tambak

Kepadatan terbaik yang dimaksud adalah 250 g/m² untuk rumput laut *G. verrucosa* : 10 ekor/m² ikan bandeng : 10 ekor/m² udang vanname (Rahim *et al.* 2023). Adapun dosis pupuk yang digunakan adalah 450 g/L pupuk *vermicompost*, mengacu pada penelitian sebelumnya (Rahim *et al.* 2016). Jenis tanah tambak yang digunakan adalah jenis tanah lumpur berpasir. Sumber air tambak berasal dari muara Sungai Bengawan Solo yang memiliki kandungan salinitas berkisar 5-20 g/L. Tata letak wadah penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Keterangan : A, B, C = Perlakuan uji
1,2,3 = Ulangan

Gambar 2. Tata letak wadah penelitian

Koleksi Sampel Rumput Laut

Sampel rumput laut dikumpulkan secara acak pada hari ke-42 untuk pengamatan pertumbuhan bobot, panjang, jumlah sel, kandungan hara (nitrogen dan karbon) dan kualitas agar rumput laut (rendemen, viskositas dan kekuatan gel). Pengukuran bobot dan panjang rumput laut dengan menggunakan metode gravimetri yaitu menggunakan penggaris (0,0 cm) dan timbangan analitik (0,0 g). Pengukuran jumlah sel yaitu dengan melakukan pengirisan batang rumput laut secara horizontal diletakkan ke kaca preparat dan diberi pewarnaan kemudian ditutup dengan kaca penutup. Preparat tersebut kemudian diamati menggunakan mikroskop cahaya pada pembesaran 80× dan dihitung secara manual seluas bidang pandang. Pengukuran kandungan unsur hara dengan metode UV/Vis spektrofotometri (hukum *Lambert-Beer*). Kualitas agar diukur berdasarkan rendemen, yaitu berat kering rumput laut yang dihaluskan dibagi dengan berat rumput laut pasca budidaya yang dikeringkan. Viskositas diukur dalam cps

menggunakan *Brookfield Viscosimeter* setelah pemanasan. Kekuatan gel diukur dalam g/cm² dengan *Curd Meter* (Rahim *et al.* 2024).

Faktor kondisi

Pengukuran parameter kualitas air dan tanah tambak dilakukan secara *in situ* dan *ex situ* (Putri *et al.* 2019). Pengukuran kualitas air dilakukan dua kali setiap minggu, yakni pagi pukul 09.00 WIB dan sore pukul 15.00 WIB. Parameter kualitas air yang diukur dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran kualitas air *in situ* dan *ex situ*

Parameter Kualitas Air	Alat ukur
<i>In situ</i>	
pH	pH digital
Suhu (°C)	Termometer digital
Salinitas (g/L)	Refraktometer tangan
<i>Ex Situ</i>	
Karbon, Nitrogen, dan Fosfor (ppm)	spektrofotometer dengan metode neslerisasi
pH tanah	metode titrasi

Analisis Statistik

Analisis jalur digunakan untuk menentukan model optimasi kualitas agar rumput laut dengan analisis *Pearson Correlation Product Moment*. Model jalur adalah metode statistik yang digunakan untuk menyelidiki hubungan sebab-akibat di antara sejumlah variabel dalam suatu model. Metode ini digunakan untuk menyelidiki sejauh mana suatu variabel mempengaruhi variabel lainnya dan sejauh mana suatu hubungan dapat dijelaskan oleh variabel-variabel yang terlibat. Menurut Ahyar *et al.* (2020), kisaran nilai korelasi adalah 0,0 – 1,0. Jika nilai korelasi mendekati satu, maka semakin kuat hubungan antar variabel. Data kualitas air dan tanah dibahas secara deskriptif yang kemudian disajikan dalam bentuk tabel dengan menggunakan *Microsoft Excel 2020*.

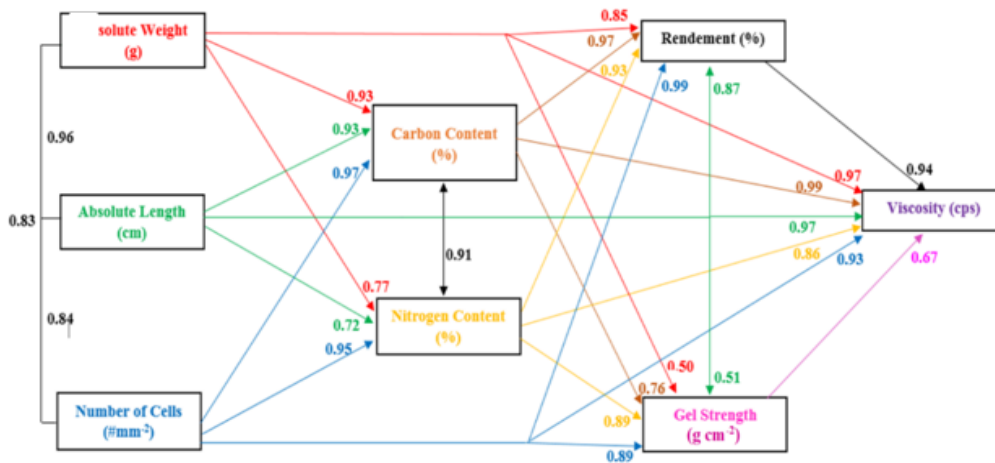
HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Jalur Optimasi Kualitas Agar Rumput Laut

Berdasarkan analisis model jalur (Tabel 2 dan Gambar 3), diketahui bahwa bobot mutlak, panjang mutlak, dan jumlah sel rumput laut merupakan variabel bebas, sedangkan karbon dan nitrogen rumput laut merupakan variabel perantara. Penelitian sebelumnya yang menggunakan analisis ragam dan uji lanjut Tukey menunjukkan adanya pengaruh dari penambahan substrat tanah, pemberian pupuk dan kepadatan komoditas ikan, udang dan rumput laut. Pengaruh tersebut terlihat pada peningkatan pertumbuhan bobot mutlak, panjang mutlak, jumlah sel, kandungan rendemen, viskositas, kekuatan gel, kandungan hara carbon dan nitrogen (Rahim *et al.* 2024). Hasil tersebut belum ditinjau dari analisis model jalur (*path analysis*). Oleh karena itu, analisis ini bertujuan untuk mempertegas hasil penelitian tersebut bahwa variabel yang memberikan pengaruh signifikan dapat memberikan korelasi negatif atau positif terhadap peningkatan kualitas agar rumput laut yang merupakan produk akhir bernilai tinggi. Berdasarkan Tabel 2, diketahui nilai korelasi pada semua variabel berkorelasi positif.

Tabel 2. Korelasi variabel rumput laut pada tambak ekstensif dengan sistem polikultur

Variabel rumput laut	Bobot mutlak (g)	Panjang mutlak (cm)	Jumlah sel (/mm ²)	Karbon (%)	Nitrogen (%)	Rendemen (%)	Viskositas (%)	Kekuatan gel (g/cm ²)
Bobot mutlak (g)	1,00							
Panjang mutlak (cm)	0,96	1,00						
Jumlah sel (/mm ²)	0,83	0,84	1,00					
Karbon (%)	0,94	0,93	0,97	1,00				
Nitrogen (%)	0,77	0,72	0,95	0,91	1,00			
Rendemen (%)	0,85	0,87	0,99	0,97	0,93	1,00		
Viskositas (%)	0,97	0,97	0,93	0,99	0,86	0,94	1,00	
Kekuatan gel (g/cm ²)	0,50	0,51	0,89	0,76	0,89	0,84	0,67	1,00



Keterangan:
 0,00 – 0,19 : Sangat Rendah
 0,20 – 0,39 : Rendah
 0,40 – 0,59 : Medium
 0,60 – 0,79 : Kuat
 0,80 – 1,00 : Sangat Kuat

Gambar 3. Model jalur peningkatan kualitas agar rumput laut di tambak ekstensif dengan sistem polikultur

Pada kajian sebelumnya telah dilaporkan bahwa pertumbuhan bobot dan panjang berbanding lurus terhadap peningkatan kualitas agar rendemen, viskositas dan kekuatan gel rumput laut (Rahim *et al.* 2024). Rendemen, viskositas dan kekuatan gel merupakan parameter fisika-kimia yang digunakan untuk menentukan kualitas dari agar sesuai standar FAO (Amir 2019; Berliana *et al.* 2020). Pertumbuhan dan jumlah sel merupakan variabel independen dalam analisis model jalur yang memiliki korelasi medium dan sangat kuat untuk mempengaruhi peningkatan kualitas agar rumput laut (Rahim *et al.* 2023; Rahim *et al.* 2024). Kandungan karbon dan nitrogen rumput laut merupakan variabel perantara analisis jalur yang diperoleh dari hasil difusi rumput laut. Variabel perantara dalam analisis

jalur memiliki korelasi kuat dan sangat kuat mempengaruhi peningkatan kualitas agar rumput laut (Tabel 2 dan Gambar 3). Pertumbuhan dan unsur hara rumput laut memberikan korelasi yang kuat terhadap peningkatan kualitas agar rumput laut *G. verrucosa* (Gambar 3).

Analisis jalur menghasilkan model pertumbuhan bobot mutlak, panjang mutlak, jumlah sel, unsur hara karbon, dan nitrogen rumput laut, yang menunjukkan hubungan medium, kuat, dan sangat kuat dalam mempengaruhi peningkatan kualitas agar rendemen, viskositas, dan kekuatan gel rumput laut. Produk akhir ini bernilai ekonomis tinggi di tambak ekstensif polikultur.

Kondisi Kualitas Lingkungan Tanah dan Air

Faktor suhu, pH, salinitas, kandungan karbon, nitrogen, dan fosfor pada tanah dan air dapat mempengaruhi pertumbuhan dan metabolisme nutrisi rumput laut (Rahim 2018a). Parameter lingkungan merupakan salah satu hal terpenting yang perlu diperhatikan sebelum melakukan budidaya rumput laut (Susilowati *et al.* 2019). *Gracilaria verrucosa* memiliki kisaran suhu optimal sebesar 35°C (Kim *et al.* 2016). Kandungan pH optimum perairan untuk rumput laut adalah antara 7-8,5 (Rahim *et al.* 2016). Salinitas optimal untuk pertumbuhan *G. verrucosa* adalah 30-35 g/L (Lee *et al.* 2016; Mantri *et al.* 2020). Karbon adalah elemen utama untuk pertumbuhan. Menurut Rahim (2018b), kisaran karbon pada perairan dan tanah tambak adalah antara 734,51 – 4.754,12 mg/L dan 14.558,67 – 27.051,00 mg/L. Sebagai perbandingan, baku mutu karbon dalam perairan tambak idealnya berkisar antara 1.000 – 2.000 mg/L, sedangkan untuk tanah tambak, baku mutu optimal berkisar antara 15.000 – 25.000 mg/L (Badan Standarisasi Nasional 2004). Nilai kualitas tanah dan air selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata kualitas air dan tanah pada tambak ekstensif dengan sistem polikultur

Variabel Kualitas Perairan Tambak Ekstensif Polikultur	Perlakuan		
	A	B	C
Suhu (°C)	32,0	31,0	32,3
Salinitas (g/L)	16	16	16
Karbon Air (mg/L)	1412,1	2748,5	4977,2
Karbon Tanah (mg/L)	15780,0	21142,7	-
Nitrogen Air (mg/L)	12,3	11,7	11,0
Nitrogen Tanah (mg/L)	1266,7	1233,3	-
Fosfor Air (mg/L)	1,4	9,3	15,2
Fosfor Tanah (mg/L)	17,5	23,5	-
pH Air	6,2	7,7	7,8
pH Tanah	6,1	7,0	-

Keterangan:

A: (Kepadatan terbaik + tanpa pupuk *vermicompost* + substrat tanah tambak),

B: (Kepadatan terbaik + pupuk *vermicompost* + substrat tanah tambak),

C: (Kepadatan terbaik + pupuk *vermicompost* + tanpa substrat tanah tambak).

Pertumbuhan dapat tercapai dengan baik jika rumput laut mendapatkan nitrogen yang cukup. Menurut Liu *et al.* (2016), kisaran nitrogen di perairan tambak adalah antara 14,61 – 94,88 mg/L dan 1.200,00 – 2.266,67 mg/L di tanah tambak. Sebagai perbandingan, baku mutu nitrogen dalam perairan tambak adalah 50 – 100 mg/L, dan dalam tanah tambak adalah 1.500 – 2.500 mg/L (Badan

Standarisasi Nasional 2004). Fosfor merupakan senyawa yang larut dalam air yang berperan dalam pembentukan protein dan fotosintesis. Berdasarkan hasil penelitian oleh Rahim (2018a), kandungan fosfor di perairan tambak berkisar antara 19,84 - 38,39 mg/L dan 16,05 - 24,22 mg/L dalam tanah tambak. Sebagai perbandingan, baku mutu fosfor dalam perairan tambak adalah 20 – 30 mg/L, dan dalam tanah tambak adalah 15 – 25 mg/L (Badan Standarisasi Nasional 2004).

KESIMPULAN

Analisis model jalur menunjukkan bahwa pemberian perlakuan substrat tanah, pupuk *Vermicompost* dan kepadatan terbaik mampu meningkatkan kandungan nitrogen dan carbon, menunjukkan hubungan medium, kuat, dan sangat kuat dalam menghasilkan peningkatan kualitas agar rumput laut di tambak ekstensif. Nitrogen dan carbon merupakan unsur yang mempengaruhi peningkatan kualitas agar rendemen, viskositas dan kekuatan gel rumput laut *G. verrucosa*. Kualitas air dan tanah termasuk dalam kategori layak untuk mendukung pertumbuhan dan kualitas rumput laut di tambak.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahyar H. 2020. *Buku Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*. Jakarta: Pustaka Ilmu Grub. 150 hlm.
- Amir MR. 2019. Studi Kelayakan Tambak Untuk Budidaya Rumput Laut (*Gracilaria* sp) di Desa Panyiwi Kecamatan Cenrana Kabupaten Bone. *Jurnal Environmental Science*. 1 (2): 45-55. DOI: 10.35580/jes.v1i2.9061
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. Standar air limbah Cara Uji baku mutu perairan dengan Menggunakan Alat Ukur Bagian 11 Air dan Air Limbah. SNI06-6989.11-2004. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. 75 hlm.
- Berliana S, Harini N, Anggriani R. 2020. Karakter Fisikokimia Agar-Agar dari Rumput Laut *Gracilaria* sp. dengan Variasi Air Kelapa dan Lama Ekstraksi. *Food Technology and Halal Science Journal*. 3 (2): 25-36. DOI: 10.22219/fths.v3i2.13212
- Diatin I, Effendi I, Taufik MA. 2020. The Production Function and Profitability Analysis of *Gracilaria* sp. Seaweed Polyculture with Milkfish (*Chanos chanos*) and Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*). *Biodiversitas*. 21 (10): 4747–4754. DOI: 10.13057/biodiv/d211039
- Kim J, Yarish C, Pereira R. 2016. Tolerances to Hypo-osmotic and Temperature Stresses in Native and Invasive Species of *Gracilaria* (Rhodophyta). *Phycologia*. 55: 257–264. DOI: 10.2216/15-90.1
- Lee WK, Kim SL, Wun SL. 2016. Agar Properties of *Gracilaria* Species (*Gracilariaceae*, Rhodophyta) Collected from Different Natural Habitats in Malaysia. *Regional Studies in Marine Science*. 7: 123–128. DOI: 10.1016/j.rsma.2016.06.001
- Liu H, Zhen KM, Tan KL. 2016. A Comparative Study of The Nutrient Uptake and Growth Capacities of Seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Gracilaria lichenoides*. *Journal of Applied Phycology*. 28(5): 3083–3089. DOI: 10.1007/s10811-016-0858-8
- Mantri VA, Shah Y, Thirupathi S. 2020. Feasibility of Farming The Agarose-Yielding Red Alga *Gracilaria dura* Using Tube-net Cultivation in the Open

- Sea Along the Gujarat coast of NW India. *Applied Phycology*. 1(1): 12–19. DOI: 10.1080/26388081.2019.1648181
- Ollando JA, Mwakumanya MA, Mindra B. 2019. The Viability of Red Alga (*Gracilaria salicornia*) Seaweed Farming for Commercial Extraction of Agar at Kibuyuni in Kwale County South Coast Kenya. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 7(2): 175–180. DOI: 11.1080/26522181.2019
- Putri OD, Pertiwi DW, Widjajani BW. 2019. Utilization of Anthocyanin Extracted from Pletekan (*Ruellia tuberosa* L.) in Determination Soil pH. *Journal of Tropical Horticulture*. 2(2): 34- 41. DOI: 10.33089/jthort.v2i2.19
- Rahim AR, Herawati E, Nursyam H, Hariati AM. 2016. Combination of Vermicompost Fertilizer, Carbon, Nitrogen and Phosphorus on Cell Characteristics, Growth and Quality of Agar Seaweed *Gracilaria verrucosa*. *Nature Environment and Pollution Technology*. 15(4): 231-239. DOI/11.231854/NEPT.2016.03
- Rahim AR. 2018a. Application of Seaweed *Gracilaria verrucosa* Tissue Culture using Different Doses of Vermicompost Fertilizer. *Nature Environment and Pollution Technology*. 17(2): 223-229. DOI/13/221532/NEPT/2018
- Rahim AR. 2018b. Utilization of Organic Wastes for Vermicomposting using *Lumbricus rubellus* in Increasing Quality and Quantity of Seaweed *Gracilaria verrucosa*. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*. 20(2): 123-131. DOI:112854.223/AsianJMBES.23
- Rahim AR, Utami DR, Budi S. 2023. Quality of Agar *Gracilaria verrucosa* Seaweed with Different Density in Polyculture System. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*. 10(3S): 2145–2162. DOI:2738172.SurveiFisheries.2023.02
- Rahim AR, Firmani U, Safitri NM. 2024. Quality of *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenf. (Rhodophyta) Seaweed with Policulture System. *International Journal on Algae*. 26 (1): 77-92. DOI: 10.1615/InterJAlgae.v26.i.1.50
- Samidjan I, Kurnia D, Parman H. 2018. Rekayasa Teknologi Polikultur Udang Vanamei dan Rumput Laut Pada Jarak Tanam Berbeda Terhadap Percepatan Pertumbuhan dan Kelulushidupan. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan IV*. Bogor, 1 September 2018. Bogor: Departemen Manajemen Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Hal 249–255
- Sornalakshmi V. 2017. Effects of Season on the Yield and Properties of Agar from *Gracilaria coticata*. *International Journal of Science, Engineering and Management (IJSEM)*. 2(12): 206–211
- Susilowati T, Bambang KD, Prayitno S. 2019. Production Performance of *Gracilaria verrucosa* using Verticulture Method with Various Wide Planting Area in Karimunjawa. *Omni-Akuatika*. 15(1): 47-55. DOI: 10.20884/1.oa.2019.15.1.671
- Widyastuti, Hendri J, and Setiawan A. 2021. Application SEM-EDX in Biodegradation of Seafood Wastes by Sponge-Derived Actinomycetes 19C38A1 in Solid Fermentation. *Conference Series IOP: Earth and Environmental Science*. 940(1):50-59. DOI: 10.1088/1755-1315/940/1/012048

