

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/ma>

PENGARUH PEMBERIAN PUPUK ORGANIK DAN ANORGANIK DALAM MENINGKATKAN KUANTITAS RUMPUT LAUT (*Kappaphycus alvarezii*)

Agung Gunawan Aufat^{*)}, Mugi Mulyono^{*)}, Sinar Pagi Sektiana^{*)}, Reza Shah Pahlevi^{*)}

^{*)}Pascasarjana Politeknik Ahli Usaha Perikanan, Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perairan, Politeknik Ahli Usaha Perikanan, Jakarta 12520, Indonesia

(Naskah diterima: 22 Juli 2025, Revisi final: 25 Desember 2025, Disetujui publikasi: 29 Desember 2025)

ABSTRAK

Salah satu faktor kunci yang mempengaruhi keberhasilan budidaya adalah ketersediaan unsur hara dalam lingkungan perairan yang dapat ditingkatkan melalui pemupukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemberian pupuk organik dan anorganik terhadap kuantitas dan kualitas *Kappaphycus alvarezii*. Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat perlakuan: pupuk NPK, Urea, DIGROW (organik), dan kontrol tanpa pupuk. Parameter yang diamati mencakup pertumbuhan mutlak, *Specific Growth Rate* (SGR), kualitas air dan logam berat perairan. Penelitian dilakukan di Teluk Banten selama 45 hari menggunakan metode rakit apung. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk, khususnya pupuk organik DIGROW, mampu meningkatkan produksi rumput laut hingga $586,67 \pm 27,38$ g/m², dengan *Specific Growth Rate* tertinggi sebesar $0,33 \pm 0,08\%$. Parameter kualitas air seperti suhu, pH, dan salinitas berada dalam kisaran optimal dan konsentrasi logam berat merkuri pada satu titik pengujian menunjukkan peningkatan signifikan yang cukup dipertimbangkan.

KATA KUNCI: *Kappaphycus alvarezii*, kualitas air, laju pertumbuhan harian, logam berat, pupuk anorganik, pupuk organik

ABSTRACT : *The Effect Of Organic And Inorganic Fertilizer Application In Increasing The Quantity Of Seaweed (Kappaphycus alvarezii)*

One of the key factors influencing the success of cultivation is the availability of nutrients in the aquatic environment which can be increased through fertilization. This study aims to analyze the effect of organic and inorganic fertilizers on the quantity and quality of *K. alvarezii*. The study design used a Randomized Block Design (RBD) with four treatments: NPK fertilizer, Urea, DIGROW (organic), and control without fertilizer. The parameters observed included absolute growth, daily growth rate (SGR), water quality, and water heavy metals. The study was conducted in Banten Bay for 45 days using the floating raft method. The results showed that fertilizer application, especially DIGROW organic fertilizer, was able to increase seaweed production up to 586.67 ± 27.38 g/m², with the highest daily growth rate of $0.33 \pm 0.08\%$. Water quality parameters such as temperature, pH, and salinity were within the optimal range and the concentration of heavy metal mercury at one test point showed a significant increase which was quite noteworthy.

KEYWORDS: Daily growth rate, heavy metals, inorganic fertilizers, *Kappaphycus alvarezii*, organic fertilizers, water quality

#Korespondensi: Agung Gunawan Aufat.
Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perairan, Pascasarjana
Politeknik Ahli Usaha Perikanan, Jl. Raya Pasar Minggu,
Kec. Ps. Minggu, Jakarta Selatan, Jakarta 12520.
E-mail: agunggunawan353@gmail.com

PENDAHULUAN

Rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dikenal sebagai salah satu komoditas utama dalam budidaya laut yang banyak dikembangkan di kawasan tropis karena memiliki tingkat produktivitas tinggi dan nilai ekonomi yang signifikan. Jenis rumput laut ini merupakan bahan baku utama untuk produksi karagenan, yaitu senyawa hidrokoloid yang digunakan secara luas dalam industri makanan, farmasi, dan kosmetik (Campbell *et al.*, 2019; Salam *et al.*, 2022). Keragaman multi fungsi yang dimiliki jenis rumput laut ini, menyebabkan komoditas ini sangat populer dalam industri perdagangan rumput laut (Khotijah *et al.*, 2020). *K. alvarezii* merupakan jenis rumput laut merah (*Rhodophyta*) yang menghasilkan kappa karagenan (Nosa *et al.*, 2020). Kebutuhan global terhadap karagenan terus meningkat, sejalan dengan pertumbuhan industri berbasis bahan alami yang ramah lingkungan (Ashari & Apindiati, 2024; Chen *et al.*, 2019; Zainuddin & Nofianti, 2022). Oleh sebab itu, pengembangan teknik budidaya yang lebih optimal menjadi hal yang sangat penting untuk menjawab tantangan dalam peningkatan hasil panen dan kualitas produk rumput laut.

Salah satu permasalahan utama dalam pembudidayaan *K. alvarezii* adalah rendahnya ketersediaan unsur hara di perairan yang dapat mempengaruhi secara langsung pertumbuhan, hasil panen, dan mutu karagenan yang dihasilkan (Tuiyo & MoO, 2023). Untuk mengatasi hal tersebut, teknik pemupukan sering diterapkan sebagai cara untuk menambah ketersediaan nutrisi. Kebutuhan nutrisi merupakan salah satu faktor penunjang pertumbuhan rumput laut (Nurfajri & Nasmia, 2023).

K. alvarezii memerlukan unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta mikronutrien seperti Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, dan Cl untuk pertumbuhan optimal. Kadar minimal yang diperlukan adalah nitrat 0.9 ppm dan fosfat 0.02 ppm. Nitrogen mendukung pembentukan protein dan klorofil, fosfor untuk fotosintesis, dan kalium untuk aktivasi enzim dan pembentukan karagenan. Penelitian menunjukkan bahwa kadar nitrat 0.2–0.42 ppm dan fosfat >0.18 mg L⁻¹ meningkatkan *Specific Growth Rate* (SGR) hingga 4.5%. Pupuk organik dikenal mengandung Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) dan senyawa aktif biologis yang membantu meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kondisi lingkungan yang tidak stabil (Ashari & Apindiati, 2024; Destinugrainy Kasi *et al.*, 2021; Loureiro *et al.*, 2017). Sementara itu, pupuk anorganik seperti NPK dan Urea mengandung unsur hara makro yang langsung tersedia bagi tanaman, namun efektivitasnya bergantung pada kesesuaian dosis dan kondisi lingkungan tempat budidaya dilakukan.

Kondisi perairan juga menjadi faktor penentu dalam keberhasilan budidaya. Parameter fisik-kimia seperti suhu, salinitas, pH, nitrat, dan fosfat yang stabil sangat mendukung aktivitas fisiologis rumput laut serta menghambat pertumbuhan organisme pengganggu (SNI, 2011; WWF-Indonesia, 2014). Secara khusus, pertumbuhan optimal *K. alvarezii* dilaporkan terjadi pada suhu perairan 27-30°C, salinitas 30-35 ppt, dan pH 7,0-8,5, dengan kadar nitrat optimal 0,2-0,42 ppm dan fosfat sekitar 0,32 mg L⁻¹. Suhu di bawah 26°C dan salinitas di bawah 28 ppt cenderung menghambat pertumbuhan, sedangkan pH di bawah 6,5 atau di atas 8,5 dapat mengganggu proses fisiologis. Di sisi lain, tingginya kadar logam berat, khususnya merkuri, berpotensi mengganggu metabolisme dan menurunkan kualitas karagenan yang dihasilkan (Cantika *et al.*, 2023; Kawera Konda & Meiyasa, 2023; Ramadhan *et al.*, 2024). Oleh karena itu, pengawasan terhadap kualitas air dan keberadaan logam berat harus dilakukan secara rutin dalam sistem budidaya modern untuk menjaga keberlanjutan produksi.

Di samping faktor lingkungan, gangguan biotik seperti infeksi epifit, keberadaan kerang kecil, dan munculnya penyakit seperti *ice-ice* juga merupakan faktor yang berkontribusi terhadap penurunan produktivitas (Nally & Kelabora, 2018). Oleh karena itu, pemilihan metode budidaya yang sesuai misalnya penggunaan sistem rakit apung dan penerapan strategi pemupukan yang seimbang menjadi solusi untuk meningkatkan hasil panen dan menjaga kualitas produk.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi pupuk organik dan anorganik terhadap laju pertumbuhan dan produksi biomassa rumput laut *K. alvarezii* dengan metode rakit apung. Penelitian ini juga mengkaji parameter kualitas air serta keberadaan logam berat pada media budidaya. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknik budidaya rumput laut yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober sampai Desember 2024 di Instalasi Praktik Lapang Kelautan dan Perikanan, Politeknik Ahli Usaha Perikanan Kampus Serang. Rancangan yang akan digunakan dalam penelitian adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 3 perlakuan dan 1 kontrol. Jenis pupuk yang terdiri atas empat taraf perlakuan, yaitu NPK 2,5 g L⁻¹, Urea 2 g L⁻¹, DI Grow 3 mL/L, dan kontrol tanpa pupuk. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 12 satuan percobaan. Pemilihan dosis perlakuan didasarkan pada penelitian terdahulu, yaitu (Aliyas *et al.*, 2019) untuk NPK, (Rijoly *et al.*, 2020) untuk Urea, dan (Akmal *et al.*, 2015) untuk DI

Grow. Rancangan ini bertujuan memverifikasi apakah dosis yang telah digunakan dalam penelitian sebelumnya juga memberikan pengaruh nyata pada kondisi penelitian ini.

Dalam penelitian ini, wadah perendaman terdiri dari galon-galon air yang diisi dengan air laut steril. Pupuk dalam dosis yang telah ditentukan ditambahkan ke masing-masing galon. Metode budidaya rakit apung menggunakan konstruksi bambu dan tali Polyethylene. Kerangka rakit apung dirancang dengan dimensi panjang 3-meter dan lebar 2 meter. Konstruksi rakit akan mengatur jarak antar tali ris sebesar 50 cm dan jarak antar tali titik 25 cm, dengan bibit ditempatkan 25 cm di bawah permukaan air. Bibit rumput laut yang digunakan dalam penelitian ini adalah *K. alvarezii* dengan berat 50 g. Bibit diikatkan dengan tali ris dan kemudian diletakkan di dalam masing-masing galon yang telah ditambahkan perlakuan pupuk, yaitu pupuk NPK, organik cair, dan Urea. Perendaman rumput laut dilakukan selama 3 jam. Penebaran bibit dilakukan pada konstruksi rakit apung, di mana setiap metode diikatkan dengan 4 tali rumput laut yang memiliki perlakuan berbeda. Penebaran rumput laut dalam penelitian ini dilakukan secara bersamaan pada setiap metode, dengan total 3 konstruksi dan 12 tali rumput. Pemeliharaan rumput laut *K. alvarezii* dilakukan selama 45 hari.

Metode Analisis

1. Laju Pertumbuhan Harian

Pengukuran laju pertumbuhan harian dihitung dengan rumus yang dikemukakan (Dawes' *et al.*, 1994):

$$LPH = \frac{(\ln Wt - \ln Wo)}{t} \times 100\%$$

Keterangan:

LPH : Laju Pertumbuhan Harian (%/hari)

Wo : Bobot Tanaman Uji Pada Awal Pemeliharaan (g)

Wt : Bobot Tanaman Uji Pada Akhir Pemeliharaan (g)

t : Waktu Pemeliharaan

2. Pertumbuhan mutlak

Pertumbuhan mutlak diamati dari awal hingga akhir penelitian dengan menggunakan rumus:

$$G = Wt - Wo$$

Keterangan:

G : pertumbuhan mutlak (g)

Wt : Bobot akhir rumput laut (g)

Wo : bobot awal rumput laut (g)

3. Kualitas Air dan logam berat

Suhu, pH, salinitas, arus dan kecepatan arus diukur langsung setiap 7 hari menggunakan alat pengukur kualitas air digital (*Pen-type*) dengan tingkat ketelitian 0,1°C, 0,01 pH, *current drag* dan secchi disk. Nitrat, Phospat dan logam berat diukur dengan pengambilan sampel air 100 ml di permukaan air kemudian sampel air diuji Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang.

4. Analisis statistik

Data yang diperoleh ditabulasi menggunakan Ms. Excel 2019 dan dianalisis menggunakan software SPSS 30. Data dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas. Data yang normal dan homogen dianalisis varians berupa uji (ANOVA) pada tingkat kepercayaan 95%.

HASIL DAN BAHASAN

Kuantitas Rumput Laut

Penilaian terhadap kuantitas rumput laut dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan dua parameter yaitu laju pertumbuhan spesifik dan pertumbuhan bobot mutlak. Kedua indikator ini digunakan untuk menggambarkan dinamika pertumbuhan biomassa *K. alvarezii* selama periode budidaya. Berdasarkan hasil analisis statistik, laju pertumbuhan spesifik tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan ($P < 0,05$). Hasil pengamatan tersebut disajikan pada Tabel 1 berikut.

Laju pertumbuhan harian rumput laut (*K. alvarezii*) dan pertumbuhan mutlak pada masing masing

Tabel 1. Data hasil LPH dan Pertumbuhan Mutlak

Table 1. LPH and Absolute Growth Results Data

Parameter <i>Parameters</i>	Perlakuan <i>Treatment</i>			
	NPK	UREA	DIGROW	KONTROL <i>Control</i>
LPH %	0,32±0,12 ^a	0,32±0,02 ^a	0,33±0,08 ^a	0,28±0,07 ^a
Pertumbuhan Mutlak <i>Absolute Growth</i>	543,33±33,85 ^a	431,67±12,58 ^a	586,67±27,38 ^a	376,67±13,61 ^a

Keterangan: Nilai dengan huruf superskrip tidak berbeda, menunjukkan hasil tidak berbeda nyata ($P < 0,05$)

Note : Values with superscript letters do not differ, indicating that the results are not significantly different ($P < 0.05$)

perlakuan yang dipelihara selama 45 hari ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel tersebut, laju pertumbuhan terlihat paling tinggi pada perlakuan perendaman pupuk organik DI GROW diikuti perlakuan perendaman NPK, Urea, dan paling rendah perlakuan kontrol yaitu masing-masing sebesar $0,33 \pm 0,08\%$, $0,32 \pm 0,12\%$, $0,32 \pm 0,02\%$, $0,28 \pm 0,07\%$. Pengukuran pertumbuhan mutlak juga menunjukkan hasil yang sama dimana perendaman pupuk organik memberikan pertumbuhan mutlak tertinggi sebesar $586,67 \pm 27,3$ diikuti perendaman NPK sebesar $543,33 \pm 33,85$ perendaman Urea sebesar $431,67 \pm 12,58$ dan paling rendah perlakuan kontrol sebesar $376,67 \pm 13,61$ namun demikian berdasarkan hasil uji statistik, menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan ($p > 0,05$).

Pengukuran pertumbuhan baik laju pertumbuhan harian maupun pertumbuhan mutlak juga dilakukan pada interval pemeliharaan 15 hari. Hasil pengukuran laju pertumbuhan harian terlihat bahwa hampir semua perlakuan memiliki laju pertumbuhan harian cukup tinggi pada pemeliharaan 15 hari pertama yaitu berturut turut sebesar $0,55 \pm 0,03\%$, $0,54 \pm 0,13\%$, $0,49 \pm 0,25\%$, $0,48 \pm 0,07\%$ dengan laju pertumbuhan tertinggi pada perlakuan perendaman NPK, diikuti perendaman pupuk organik, perendaman pupuk urea dan terendah kontrol. Pada interval 15 hari kedua (umur pemeliharaan 30 hari) perendaman pupuk organik memberikan pertumbuhan tertinggi sebesar $0,35 \pm 0,08\%$ diikuti perendaman NPK sebesar $0,32 \pm 0,13\%$ dan kontrol sebesar $0,30 \pm 0,10\%$, dan paling rendah adalah perendaman urea sebesar $0,28 \pm 0,07\%$. Pada interval 15 hari terakhir, perendaman pupuk organik masih memberikan nilai pertumbuhan Harian paling tinggi yaitu sebesar $0,33 \pm 0,08\%$ diikuti perendaman NPK dan Urea yaitu sebesar $0,32 \pm 0,12\%$, dan paling rendah perlakuan kontrol.

Hasil analisa statistik untuk laju pertumbuhan harian pada masing masing interval pengukuran tidak menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan ($P > 0,05$). Peningkatan pada perlakuan P3 menunjukkan bahwa kandungan unsur hara lengkap dan keberadaan zat pengatur tumbuh seperti IAA, GA₃, Zeatin, dan kinetin dalam pupuk organik cair berperan penting dalam mempercepat proses fisiologis tanaman seperti pembelahan sel, elongasi, serta sintesis klorofil yang mendukung fotosintesis secara lebih efisien. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Ginting *et al.*, 2015) bahwa dosis perendaman pupuk organik cair diduga memengaruhi tingkat ketersediaan nutrisi yang berpengaruh terhadap efisiensi penyerapan unsur hara oleh rumput laut dalam mendukung pertumbuhan. Perlakuan P1 dengan pupuk NPK juga menghasilkan laju pertumbuhan spesifik yang tinggi, menunjukkan peran

sinergis antara unsur Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) dalam meningkatkan metabolisme dan pertumbuhan vegetatif. Nitrogen sangat penting dalam pembentukan protein dan klorofil, fosfor berperan dalam metabolisme energi dan pembentukan akar, sedangkan kalium membantu mengatur tekanan osmotik sel serta aktivasi enzim yang dibutuhkan dalam berbagai reaksi biokimia tanaman.

Perlakuan P2 (UREA) relatif lebih rendah dibandingkan P1 dan P3. Hal ini diduga karena pupuk UREA hanya mengandung nitrogen tanpa didukung oleh unsur hara makro lainnya. Walaupun nitrogen mendukung pembentukan jaringan vegetatif dan klorofil, ketiadaan fosfor dan kalium menyebabkan proses pertumbuhan tidak berlangsung optimal. Adapun perlakuan kontrol (P4) yang tidak diberikan pupuk menunjukkan laju pertumbuhan paling rendah, yang mengindikasikan bahwa nutrisi alami yang tersedia di perairan budidaya tidak cukup untuk mendukung pertumbuhan rumput laut secara maksimal. Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk baik organik maupun anorganik cenderung meningkatkan laju pertumbuhan spesifik rumput laut dibandingkan tanpa pupuk meskipun perbedaannya tidak signifikan secara statistik. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Kambey *et al.*, 2020), yang menyatakan bahwa ketersediaan nutrisi tambahan meningkatkan pertumbuhan rumput laut, walaupun respons pertumbuhan dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan lain seperti suhu dan intensitas cahaya. Data sampling dapat dilihat pada grafik berikut untuk melihat fluktuasi pertumbuhan perminggu.

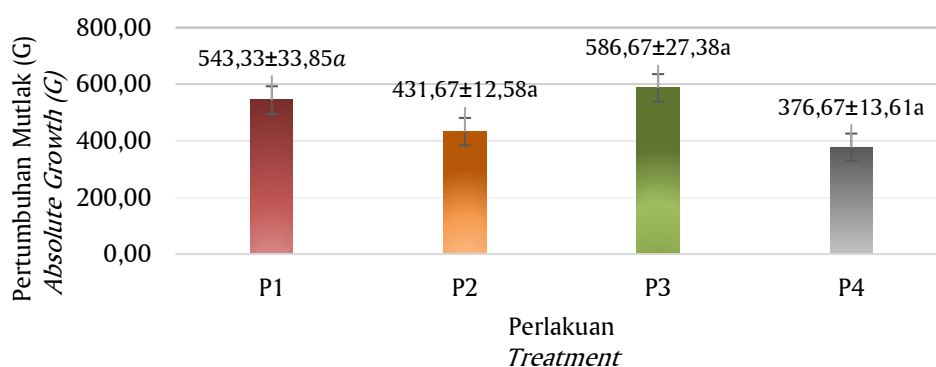
Berdasarkan hasil uji ANOVA pada data di atas. Hasil pengamatan pada hari ke-15 menunjukkan bahwa perlakuan P1 (NPK) menghasilkan laju pertumbuhan harian tertinggi yaitu sebesar $0,55 \pm 0,03\%$, diikuti oleh P3 (D.I.GROW) sebesar $0,54 \pm 0,13\%$, kemudian P2 (UREA) sebesar $0,49 \pm 0,25\%$, dan P4 (Kontrol) sebesar $0,48 \pm 0,07\%$. Nilai ini mengindikasikan bahwa pada fase awal budidaya, tanaman rumput laut memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap dan memanfaatkan nutrisi dari pupuk anorganik dan organik yang tersedia secara cepat, terutama nitrogen, fosfor, dan kalium yang terkandung dalam NPK maupun senyawa bioaktif dari pupuk organik cair. Laju pertumbuhan yang tinggi pada h-15 menunjukkan bahwa respons fisiologis rumput laut sangat sensitif terhadap ketersediaan unsur hara makro yang mendukung pembelahan dan pemanjangan sel secara aktif pada minggu pertama. Fase awal ini menjadi krusial dalam menentukan keberhasilan budidaya secara keseluruhan, karena peningkatan biomassa pada tahap ini akan berdampak pada akumulasi produksi total pada akhir masa panen.

Memasuki hari ke-30, terjadi penurunan laju pertumbuhan harian pada seluruh perlakuan, namun pola penurunannya berbeda-beda sesuai dengan karakteristik masing-masing jenis pupuk yang digunakan dalam proses perendaman bibit. Perlakuan P3 (D.I.GROW) menunjukkan nilai tertinggi pada hari ke-30 sebesar $0,35 \pm 0,08\%$, sedangkan P1 (NPK) menurun menjadi $0,32 \pm 0,13\%$, diikuti P4 (kontrol) sebesar $0,30 \pm 0,10\%$, dan P2 (UREA) sebesar $0,28 \pm 0,07\%$. Penurunan ini kemungkinan besar disebabkan oleh telah berkurangnya ketersediaan nutrisi dari perlakuan pupuk sebelumnya, terutama pupuk anorganik seperti npk dan urea yang memiliki karakteristik cepat larut dan cepat diserap oleh tanaman, tetapi tidak mampu bertahan lama di lingkungan perairan. Di sisi lain, pupuk organik seperti D.I.GROW melepaskan nutrisi secara perlahan dan mengandung hormon tumbuh alami yang berperan dalam mempertahankan laju pertumbuhan tanaman dalam jangka waktu lebih panjang. Stabilitasnya laju pertumbuhan pada perlakuan D.I.GROW menunjukkan bahwa selain menyediakan nutrisi makro. Pupuk cair mampu meningkatkan aktivitas metabolisme dan ketahanan tanaman melalui senyawa bioaktifnya menjadikannya alternatif unggulan dalam pengelolaan berkelanjutan (Parab & Shankhadarwar, 2022).

Pada parameter pertumbuhan mutlak, perlakuan pupuk organik D.I.GROW menghasilkan pertumbuhan tertinggi diikuti NPK, Urea dan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa pupuk organik berbasis ekstrak rumput laut mampu memberikan hasil produksi yang lebih tinggi dibandingkan pupuk anorganik maupun tanpa pupuk. (Ashari & Apindiati, 2024) menyatakan bahwa aplikasi biostimulan organik dari ekstrak rumput laut dapat meningkatkan efisiensi fotosintesis dan akumulasi pada tanaman termasuk rumput laut melalui perbaikan fisiologis dan penyerapan nutrisi yang lebih baik. Peningkatan pertumbuhan pada perlakuan P1 (DI Grow) dapat dikaitkan dengan kandungan unsur hara makro dan mikro yang lengkap

seperti nitrogen (N), fosfat, kalium, magnesium, sulfur, dan unsur mikro seperti Fe, Mn, Zn, dan Cu yang secara kolektif mendukung proses metabolisme dan sintesis senyawa organik dalam jaringan rumput laut. Perlakuan DI Grow mampu mendorong pertumbuhan akar dan cabang yang lebih cepat yang berkontribusi terhadap peningkatan secara keseluruhan. Proses perendaman rumput laut dalam larutan pupuk cair memungkinkan penyerapan unsur hara oleh jaringan tanaman yang berkontribusi terhadap peningkatan laju pertumbuhan selama masa budidaya. Temuan dari sejumlah penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk dalam bentuk cair memiliki potensi untuk meningkatkan pertumbuhan rumput laut (Minda *et al.*, 2024; Nurfebriani *et al.*, 2015; Umasugi & Polanunu, 2019).

Perlakuan P1 (NPK) juga menghasilkan pertumbuhan mutlak yang tinggi, yang dapat dikaitkan dengan peran pupuk NPK dalam menstimulasi pertumbuhan tunas-tunas muda serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan. Kandungan unsur nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dalam NPK bekerja sinergis dalam mendukung pembentukan jaringan baru, sistem perakaran, dan pemanjangan talus. Meskipun tidak mengandung Zat Peratur Tumbuh keberadaan ketiga unsur makro tersebut tetap berkontribusi signifikan terhadap pertumbuhan rumput laut. Hal ini sesuai dengan (Aliyas *et al.*, 2019) bahwa Pertumbuhan mutlak tertinggi tercapai pada dosis NPK $2,5 \text{ g L}^{-1}$ karena penyerapan hara optimal sehingga kebutuhan nutrisi tercukupi secara efektif. Sementara itu, perlakuan P2 (Urea) memberikan hasil yang lebih rendah dibandingkan P1 dan P3. Urea diketahui mengandung nitrogen dalam konsentrasi tinggi, sekitar 45-46%, yang berperan penting dalam mempercepat pertumbuhan thallus melalui peningkatan proses pembentukan klorofil dan aktivitas fotosintesis. Namun, sebagai pupuk tunggal yang hanya menyediakan nitrogen, efektivitas Urea dalam merangsang pertumbuhan menjadi terbatas karena



Gambar 1 Diagram Pertumbuhan Mutlak
Figure 1 Absolute Growth Diagram

Tabel 2. Hasil Pengamatan Kualitas Air
Table 2. Results of Water Quality Observations

Parameter Parameters	Kisaran Range	Baku Standard	Referensi Reference
Suhu (°C) Temperature (°C)	28,4-31,2	27 – 30	(Awaluddin <i>et al.</i> , 2016)
pH	7,43-8,45	7,5 – 8,5	(Sudar <i>et al.</i> , 2024)
Salinitas (g L ⁻¹) Salinity (g L ⁻¹)	30-34	28 – 34	(Umam & Arisandi, 2021)
Nitrat (mg L ⁻¹) Nitrate (mg L ⁻¹)	<0.379- 0.385	0,2 – 0,5	(Pong-Masak & Sarira, 2020)
Phospat (mg L ⁻¹) Phosphate (mg L ⁻¹)	<0.055- 0,065	0,015 – 0,1	(Pong-Masak & Sarira, 2020)
Kecepatan arus (m/s) Current velocity (m/s)	0,50-0,98	0,2 – 0,4	(Pauwah <i>et al.</i> , 2020)
Kecerahan (m) Brightness (m)	1,4- 2,9	> 1	(Risnawati <i>et al.</i> , 2018)

tidak didukung oleh unsur fosfor dan kalium yang juga penting dalam pembentukan jaringan struktural dan metabolisme energi. Studi oleh (Tahiluddin *et al.*, 2022) menunjukkan bahwa pemberian pupuk anorganik dengan dosis optimal meningkatkan berat mutlak *K. alvarezii*, meski peningkatan tidak selalu signifikan secara statistik jika lingkungan sudah mendukung.

Kemudian perlakuan P4 (kontrol) menunjukkan pertumbuhan mutlak terendah, yang mengindikasikan bahwa ketersediaan unsur hara alami di perairan tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan nutrisi rumput laut secara optimal. Hal ini menegaskan pentingnya intervensi pemupukan dalam budidaya *K. alvarezii* baik melalui penggunaan pupuk organik cair maupun anorganik, guna meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen secara keseluruhan. Perbedaan hasil produksi antara perlakuan pupuk organik dan anorganik mengindikasikan bahwa pupuk organik tidak hanya menyediakan unsur hara makro, tetapi juga mengandung senyawa bioaktif yang dapat memperbaiki kualitas lingkungan mikro di sekitar tanaman. Sementara pupuk anorganik seperti NPK dan Urea memberikan nutrisi secara langsung, efektivitasnya sangat bergantung pada dosis dan frekuensi aplikasi. Studi oleh (Hurtado *et al.*, 2019) menunjukkan bahwa pupuk organik dan anorganik dapat meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan rumput laut terhadap perubahan lingkungan, namun penggunaan berlebih pupuk anorganik harus dihindari untuk mencegah dampak negatif pada ekosistem perairan. Dengan demikian, integrasi antara pemupukan dan manajemen budidaya yang baik menjadi kunci keberhasilan peningkatan produksi rumput laut.

Kualitas Air

Pengukuran parameter kualitas air, yang meliputi suhu, pH, Salinitas, Nitrat, Phospat, Kecepatan arus, Kecerahan dilakukan untuk mengetahui kondisi perairan selama penelitiandan disesuaikan dengan standar (SNI, 2011) dan (WWF-Indonesia, 2014). Hasil pengukuran tersebut disajikan dalam Tabel 2.

Selama penelitian, parameter kualitas air seperti suhu (28-31°C), pH (7,4-8,4), salinitas (28-32 ppt), kecepatan arus (20-30 cm/detik), kecerahan (>90%), nitrat (0,02–0,05 mg L⁻¹), dan fosfat (0,01-0,03 mg L⁻¹) berada dalam kisaran optimal untuk pertumbuhan *K. alvarezii*. (Campbell *et al.*, 2020) menyatakan bahwa suhu, salinitas, dan pH yang stabil sangat penting untuk menjaga metabolisme dan pertumbuhan rumput laut secara optimal. Kecepatan arus yang moderat (20–30 cm/detik) membantu sirkulasi nutrisi dan mencegah penumpukan sedimen pada thallus rumput laut. Arus yang cukup juga dapat mengurangi risiko serangan epifit dan organisme pengganggu, sehingga mendukung kesehatan tanaman.

Suhu air yang stabil sangat memengaruhi pertumbuhan *K. alvarezii*, dengan suhu ideal antara 28-31°C yang mendukung metabolisme optimal dan fotosintesis yang efisien. Penelitian oleh (Nikhilani & Kusumaningrum, 2021) menunjukkan bahwa suhu yang terlalu tinggi atau rendah dapat menyebabkan stres pada rumput laut, mengurangi laju pertumbuhannya, dan meningkatkan kerentanannya terhadap penyakit. Suhu yang optimal juga memastikan proses metabolisme berjalan dengan baik untuk keberlanjutan budidaya rumput laut di perairan tropis (Novandi *et al.*, 2022). Kondisi pH air yang berada dalam kisaran

7,4 hingga 8,4 sangat penting bagi penyerapan karbon dioksida (CO_2) oleh *K. alvarezii*, yang digunakan dalam fotosintesis. Kondisi pH yang sangat asam atau basa dapat membahayakan kelangsungan hidup organisme karena dapat mengganggu proses metabolisme dan respirasi. Namun, pH perairan yang berada dalam kisaran normal sangat mendukung kehidupan dan pertumbuhan rumput laut *K. alvarezii* (Risnawati *et al.*, 2018). pH yang sesuai memastikan bahwa nutrisi dalam air tetap dalam bentuk yang dapat diserap oleh rumput laut mendukung kelangsungan hidup dan pertumbuhannya dengan lebih baik.

Salinitas yang berada dalam kisaran 28-34 ppt sangat penting untuk osmoregulasi dalam tubuh rumput laut. Salinitas yang terlalu rendah atau tinggi dapat menyebabkan stres osmotik, yang mengganggu penyerapan air dan nutrisi. Penelitian oleh (Nurhafizah & Maharani, 2025) menunjukkan bahwa salinitas yang tepat mendukung pertumbuhan *K. alvarezii* dengan baik, memastikan rumput laut dapat menyerap nutrisi secara efisien dan menjaga keseimbangan dalam sel. Kecepatan arus yang moderat sekitar 20-40 cm/detik dianggap ideal untuk budidaya rumput laut, karena gerakan air yang cukup dapat mencegah penumpukan kotoran pada thallus, meningkatkan pengudaraan, serta mengurangi fluktuasi salinitas dan suhu air yang berlebihan. Namun, kecepatan arus yang melebihi 40 cm/detik dapat merusak struktur wadah budidaya dan menyebabkan kerusakan pada percabangan rumput laut (Pauwah *et al.*, 2020). Selain itu, kecepatan arus yang moderat mengurangi risiko pertumbuhan alga kompetitor dan menjaga kualitas air tetap baik.

Kecerahan perairan merupakan faktor penting yang memengaruhi proses fotosintesis pada rumput laut. Perairan dengan tingkat kejernihan yang tinggi umumnya memiliki konsentrasi partikel lumpur yang rendah, sehingga memungkinkan penetrasi cahaya ke dalam kolom perairan berlangsung lebih optimal. Intensitas cahaya yang memadai akan mendukung kelancaran proses fotosintesis dan meningkatkan produktivitas rumput laut (Atmanisa *et al.*, 2022).

Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa tingginya tingkat kecerahan dapat mempercepat laju fotosintesis serta meningkatkan akumulasi biomassa rumput laut. Sebaliknya, penurunan kecerahan yang disebabkan oleh partikel tersuspensi maupun keberadaan mikroorganisme berpotensi menurunkan efisiensi fotosintesis, memperlambat pertumbuhan, dan pada akhirnya berdampak pada penurunan hasil produksi dalam kegiatan budidaya.

Konsentrasi nitrat dan fosfat yang rendah namun stabil menandakan bahwa lingkungan budidaya relatif subur tanpa risiko eutrofikasi. (Chen *et al.*, 2019; Zainuddin & Nofianti, 2022). Perairan Teluk Banten masih dalam kategori baik untuk budidaya rumput laut, dengan parameter suhu, pH, salinitas, dan kecerahan yang mendukung pertumbuhan *K. alvarezii* secara optimal.

Logam Berat Perairan

Pengamatan kandungan logam berat yang diamati meliputi Besi (Fe) terlarut, Kadmium (Cd) terlarut, Merkuri (Hg), Tembaga (Cu) terlarut, dan Timbal (Pb) terlarut. Hasil pengukuran disajikan dalam Tabel 3 sebagai berikut.

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 3, konsentrasi logam berat di perairan Teluk Banten menunjukkan variasi antar waktu pengujian. Beberapa jenis logam berat, seperti Fe, Cd, dan Pb, tidak terdeteksi (ttd) pada kedua waktu pengukuran, yang mengindikasikan konsentrasinya berada di bawah batas deteksi instrumen. Tembaga (Cu) terlarut terukur dengan konsentrasi $<0,2 \text{ mg L}^{-1}$ pada pengukuran pertama dan $0,115 \text{ mg L}^{-1}$ pada pengukuran kedua. Adapun parameter yang menjadi perhatian utama adalah merkuri (Hg), yang konsentrasinya mengalami peningkatan tajam dari $0,438 \mu\text{g L}^{-1}$ pada pengukuran pertama menjadi $225,436 \mu\text{g L}^{-1}$ pada pengukuran kedua. Meskipun nilai tersebut masih berada di bawah ambang batas aman untuk budidaya *K. alvarezii* ($<0,5 \text{ mg L}^{-1}$) sebagaimana dinyatakan oleh (Kawera Konda & Meiyasa, 2023), fluktuasi yang

Tabel 3. Hasil Pengamatan Logam Berat
Table 3. Heavy Metal Observation Results

Parameter <i>Parameters</i>	Waktu Uji <i>Test Time</i>	
	1	2
Besi (Fe) terlarut <i>Dissolved iron (Fe)</i>	ttd	ttd
Kadmium (Cd) terlarut <i>Dissolved cadmium (Cd)</i>	ttd	ttd
Merkuri (Hg) <i>Mercury (Hg)</i>	$0,438 \mu\text{g L}^{-1}$	$225,436 \mu\text{g L}^{-1}$
Tembaga (Cu) terlarut <i>Dissolved copper (Cu)</i>	$<0.2 \text{ mg L}^{-1}$	$0,115 \text{ mg L}^{-1}$
Timbal (Pb) terlarut <i>Dissolved lead (Pb)</i>	ttd	ttd

signifikan ini menegaskan potensi risiko bioakumulasi logam berat dalam jaringan rumput laut. Mengingat sifat Hg yang bersifat toksik, keberadaan konsentrasi yang meningkat drastis ini perlu mendapat perhatian serius karena berimplikasi terhadap fungsi fisiologis rumput laut dan keamanan produk dalam keberlanjutan budidaya.

Logam berat adalah unsur kimia yang secara alami terdapat di lingkungan dan dapat terakumulasi sebagai akibat dari proses geologis maupun aktivitas manusia, seperti industri dan pertanian (Syaifullah *et al.*, 2018). Keberadaan logam berat di perairan dapat memberikan dampak negatif bagi biota akuatik dan mengancam kelangsungan hidupnya. sementara akumulasi logam berat dalam sedimen menjadi indikator penting untuk menilai tingkat pencemaran dan kondisi kualitas lingkungan perairan (Sasongko *et al.*, 2023). Hasil pengamatan menunjukkan konsentrasi tembaga masih di bawah batas. Namun berbeda dengan konsentrasi merkuri (Hg) pada perairan ditemukan melebihi batas. Tingginya konsentrasi merkuri pada waktu uji kedua dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti aktivitas industri di sekitar Teluk Banten, limbah domestik, dan transportasi laut. Merkuri (Hg) dikenal sebagai logam yang berbahaya dan dianggap sebagai salah satu logam berat paling berbahaya dibandingkan dengan jenis logam berat lainnya yang terdapat di lingkungan (Natsir *et al.*, 2020). Menurut (Cantika *et al.*, 2023), fluktuasi logam berat di perairan teluk dapat dipengaruhi oleh perubahan musim, pasang surut, dan intensitas hujan yang membawa limbah dari daratan.

Variasi konsentrasi merkuri (Hg) di perairan tidak hanya dipengaruhi oleh faktor lingkungan, tetapi juga sangat erat kaitannya dengan kondisi hidro-oseanografi, terutama arus laut dan angin yang mengatur pola distribusinya. Arus laut dengan arah dan kecepatan tertentu akan membentuk pola sirkulasi khas di suatu wilayah perairan (Hirmawan *et al.*, 2023; Permadi *et al.*, 2015). Keberadaan arus ini berperan penting tidak hanya dalam pergerakan massa air, tetapi juga dalam menentukan penyebaran polutan, termasuk logam berat. Beberapa penelitian melaporkan bahwa kekuatan dan arah arus memiliki pengaruh signifikan terhadap konsentrasi logam berat di suatu lokasi, karena arus berfungsi membawa serta mendistribusikan zat pencemar ke berbagai area perairan (Sagala *et al.*, 2014). Hasil pengukuran di lokasi penelitian menunjukkan bahwa kecepatan arus berkisar antara 0,50–0,98 m/detik, yang berada di atas kisaran ideal untuk budidaya rumput laut, yaitu 20–40 cm/detik (0,20–0,40 m/detik) sebagaimana dilaporkan oleh (Pauwah *et al.*, 2020). Kecepatan arus yang relatif tinggi memiliki implikasi positif berupa peningkatan sirkulasi massa air, sehingga distribusi oksigen terlarut dan nutrisi berlangsung lebih merata. Selain itu, arus

yang deras juga berperan dalam mencegah akumulasi sedimen dan kotoran pada permukaan thallus serta menekan potensi serangan epifit. Akan tetapi, arus yang terlalu kuat dapat menimbulkan konsekuensi negatif, seperti kerusakan pada struktur wadah budidaya, patahnya percabangan thallus, serta terangkatnya partikel berbahaya dari dasar perairan yang kemudian terdispersi ke kolom air. Oleh karena itu, dinamika arus laut menjadi aspek penting yang perlu diperhitungkan secara cermat dalam pemilihan lokasi budidaya rumput laut.

Merkuri memiliki kemampuan berikatan dengan partikel tersuspensi maupun bahan organik yang pada akhirnya mengendap dan terakumulasi dalam sedimen dasar perairan (Darmansyah *et al.*, 2020). Sifat tersebut memungkinkan merkuri masuk ke ekosistem perairan melalui atmosfer dan menyebar luas dengan bantuan faktor fisik seperti angin dan arus laut. Akumulasi merkuri dalam jaringan *K. alvarezii* berpotensi menimbulkan gangguan fisiologis dan metabolisme, termasuk penurunan laju fotosintesis, penghambatan pertumbuhan, serta penurunan kualitas karaginan yang dihasilkan. Ramadhan *et al.*, (2024) menegaskan bahwa rumput laut memiliki kapasitas bioakumulasi logam berat yang tinggi, sehingga keberadaan merkuri di perairan tercemar tidak hanya berdampak pada performa budidaya, tetapi juga meningkatkan risiko kontaminasi produk rumput laut dan membahayakan kesehatan konsumen.

Hama & Penyakit

Selama penelitian ditemukan beberapa gangguan biotik seperti lumut, bibit kerang kecil yang menempel pada thallus, rumput laut memutih (gejala *ice-ice*), dan keberadaan rumput laut liar. infeksi epifit, organisme pengganggu, dan penyakit *ice-ice* merupakan masalah utama dalam budidaya *K. alvarezii* di kawasan tropis (Loureiro *et al.*, 2017). Kerang kecil yang menempel dapat menghambat pertumbuhan dan menyebabkan luka pada thallus rumput laut. infeksi organisme pengganggu dapat dikurangi dengan melakukan pembersihan rutin dan pemilihan lokasi budidaya yang jauh dari sumber hama. Gejala rumput laut memutih (*ice-ice*) biasanya terjadi akibat stres lingkungan, perubahan suhu, atau serangan bakteri patogen (Nally & Kelabora, 2018).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemupukan, baik organik maupun anorganik, mampu meningkatkan produksi *K. alvarezii*, meskipun tidak berpengaruh nyata terhadap laju pertumbuhan harian ($P > 0,05$). Kualitas air di lokasi penelitian secara umum masih berada dalam kisaran optimal, namun kecepatan arus tercatat 0,50-0,98 m/detik, yang melebihi ambang

batas ideal untuk budidaya (0,20-0,40 m/detik) dan berpotensi menimbulkan tekanan mekanis pada *thallus*. Selain itu, konsentrasi merkuri (Hg) yang berfluktuasi meskipun masih di bawah ambang batas aman ($d^{\circ}0,5 \text{ mg L}^{-1}$), memerlukan perhatian karena berpotensi menurunkan produktivitas apabila terjadi akumulasi dalam jangka panjang. Dengan demikian, meskipun pemupukan terbukti efektif dalam meningkatkan produksi, faktor lingkungan seperti kecepatan arus dan keberadaan logam berat harus menjadi pertimbangan penting dalam pengelolaan lokasi budidaya rumput laut secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Instalasi Praktik Lapang Kelautan dan Perikanan Serang serta Laboratorium BPKIL Serang atas dukungan fasilitas dan bantuan teknis yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR ACUAN

- Akmal, Elman, A., Marwan, Mutmainna, & Raharjo, S. (2015). Penggunaan Pupuk di Grow Terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Karaginan Rumput Laut *Kappaphycus* Sp. *Octopus: Jurnal Ilmu Perikanan*, 4(1), 327–336.
- Aliyas, Putri, D. U., & Taufik, M. (2019). Pengaruh Pupuk NPK Phonska dengan Dosis yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Rumput Laut (*Eucheuma spinosum*). *Tolis Ilmiah: Jurnal Penelitian*, 1(2), 85–91.
- Ashari, A. M., & Apindiati, R. K. (2024). Determination of The Essential Micro Element Content of *Padina* sp from Lemukutan Waters as a Biostimulant Candidate. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(2), 476–481.
- Atmanisa, A., Mustarin, A., & Taufieq, N. A. S. (2022). Analisis Kualitas Air pada Kawasan Budidaya Rumput Laut *Eucheuma Cottoni* di Kabupaten Jeneponto. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 6, 11–20.
- Cantika, R. M., Sasongko, A. S., & Cahyadi, F. D. (2023). Kandungan Logam Berat di Perairan Pulau Merak Kecil. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 16(3), 281–290.
- Kambey, C. S. B., Sondak, C. F. A., & Chung, I. K. (2020). Potential growth and nutrient removal of *Kappaphycus alvarezii* in a fish floating-net cage system in Sekotong Bay, Lombok, Indonesia. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(4), 944–959.
- Kawera Konda, Y., & Meiyasa, F. (2023). Analisis Kandungan Logam Berat pada Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* yang Berasal dari Perairan Mangili dan Wajelu. *Sustainable Agricultural Technology Innovation*, 145–150.
- Khotijah, S., Irfan, M., & Muchdar, F. (2020). Komposisi nutrisi pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 13(2), 139–146.
- Minda, N., Eko Mulyawan, A., & Nurayahrani. (2024). Penggunaan pupuk komersil dan organik terhadap laju pertumbuhan rumput laut *Eucheuma spinosum* di kebun bibit rumput laut Desa Angkue, Kabupaten Bone. *Agrokompleks*, 24(1), 95–103.
- Nikhilani, A., & Kusumaningrum, I. (2021). Analisa Parameter Fisika dan Kimia Perairan Tihik Tihik Kota Bontang untuk Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 9(2), 189–200.
- Nosa, S. P., Karnila, R., & Dirharmi, A. (2020). Potensi Kappa Karaginan Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Sebagai Antioksidan Dan Inhibitor Enzim α -Glukosidase. *Berkala Perikanan Terubuk*, 48(2), 1–10.
- Novandi, M., Irawan, H., & Wulandari, R. (2022). Pengaruh Bobot Bibit Awal yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Dengan Metode Lepas Dasar Bertingkat. *INTEK AKUAKULTUR*, 71–82.
- Nurfajri, A. T., & Nasmia, N. (2023). Penggunaan Pupuk Conway Pada Media Kultur Terhadap Pertumbuhan Bibit Rumput Laut *Eucheuma cottonii*. *Journal of Marine Research*, 12(1), 19–26.
- Nurhafizah, & Maharani, N. E. (2025). Pengaruh faktor oseanografi terhadap kesesuaian lokasi dan produktivitas budidaya rumput laut. *Edusola: Journal Education, Sociology and Law*.
- Pong-Masak, P. R., & Sarira, N. H. (2020). Effect of Depth on the Growth and Carrageenan Content of Seaweed *Kappaphycus alvarezii* Cultivated Using Vertical Culture Method. *E3S Web of Conferences*, 147.
- Ramadhan, R. A., Maharani, N. M. S., Ling, M. G., Fauzan, A. Al, Utami, D. A., Sasongko, A. S., Cahyadi, F. D., & Cahyarini, S. Y. (2024). Analisis Konsentrasi Merkuri (Hg) Pada Sampel Sedimen Di Perairan Pulau Panjang Banten. *Journal of Marine Research*, 13(1), 127–136.
- Rijoly, S. M. A., Killay, A., & Rupilu, J. A. (2020). Perendaman Pupuk Urea dan Tingkat Konsentrasi Pada Karaginan. *Rumphius Pattimura Biological Journal*, 2(1), 30–40.

- Risnawati, Kasim, M., & Haslianti. (2018). Studi Kualitas Air Kaitanya dengan Pertumbuhan Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) Pada Rakit Jaring Apung di Perairan Pantai Lakeba Kota Bau-Bau Sulawesi Tenggara. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 4(2), 155–164.
- Sasongko, A. S., Rahayu, B. D., & Satibi, A. (2023). Kandungan Logam Berat di Perairan Teluk Lada Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 14(2), 100–105.
- SNI. (2011). *SNI 7673.2:2011 Produksi bibit rumput laut - Bagian 2: Metode longline*. 1.
- Sudar, K., Latief, N., Cahyono, I., Wayan Kantun, dan, & Kantun, W. (2024). Analysis of the Relationship Between Carrageenan Content of Seaweed (*Kappaphycus alvarezii* Doty, 1986) with Water Quality in The Makassar Strait. *Jurnal Agribisnis Perikanan*, 17(1), 34–40.
- Tahiluddin, A. B., Nuñal, S. N., & Santander–de Leon, S. M. S. (2022). Inorganic nutrient enrichment of seaweed *Kappaphycus*: Farmers' practices and effects on growth and ice-ice disease occurrence. *Regional Studies in Marine Science*, 5(5), 102-593.
- Umam, K., & Arisandi, A. (2021). Pertumbuhan rumput laut *Eucheuma cottonii* pada jarak pantai yang berbeda di desa aengdake, kabupaten sumenep. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 2(2), 115–124.
- Umasugi, S., & Polanunu, A. (2019). Pengaruh Pemberian Pupuk Cair Dengan Konsentrasi Yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan Rumput Laut (*Eucheuma cattonii*) di Perairan Desa Batuboy Kecamatan Namlea. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 12(2), 291–298.
- WWF-Indonesia. (2014). Budidaya Rumput Laut Kotoni (*kappaphycus alvarezii*), *sacol* (*kappaphycus striatum*) dan *spinosum* (*eucheuma denticulatum*) (Tim Perikanan WWF-Indonesia, Ed.; Vol. 1).
- Zainuddin, F., & Nofianti, T. (2022). Pengaruh Nutrient N DAN P Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut Pada Budidaya Sistem Tertutup. *Jurnal Perikanan*, 12(1), 116–124.