

Aplikasi Pemberian Dosis Pupuk *Provasoli's Enriched Seawater* (PES) Yang Berbeda Pada Produksi Bibit *Gracillaria verrucosa* Melalui Kultur Jaringan Dengan Metode Propagasi Vegetatif

Application of Different Doses of Provasoli's Enriched Seawater (PES) Fertilizer on the Production of Gracillaria verrucosa Seedlings Through Tissue Culture Using the Vegetative Propagation Method

Muhammad Rasnijal^{1*)}, Muhammad Hery Riyadi Alauddin¹⁾, Budiayati¹⁾, Anton¹⁾, Muhammad Syahrir¹⁾, Yunarty¹⁾, Siti Aisyah Saridu¹⁾, Eriyanti Wahid¹⁾, Yip Regan¹⁾, Toto Hardianto¹⁾, Supryady¹⁾, Ihwan¹⁾, Ernawati¹⁾, Anwar¹⁾, Alwi Mulato¹⁾, Sucipto¹⁾, Muhammad Nurman Syarief¹⁾, Yakub Suleman²⁾, Salsa Andini³⁾, Gabriella Augustine Suleman⁴⁾, Mugi Mulyono⁵⁾, Agung Doni Anggoro⁵⁾, Sinar Pagi Sektiana⁵⁾, Achmad Suhermanto⁶⁾

¹Program Studi Teknik Budidaya Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Bone,

²Program Studi Teknik Kelautan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Bone

³Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin

⁴Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Peternakan Kelautan dan Perikanan, Universitas Nusa Cendana

⁵Politeknik Ahli Usaha Perikanan, Indonesia

⁶Politeknik Kelautan dan Perikanan Karawang

*Korespondensi: mrasnijal.bone@gmail.com

ABSTRACT

Cultivation of the seaweed *Gracillaria verrucosa* is necessary as a preventive measure against overexploitation. One applicable method is tissue culture, which requires special attention to nutrient needs to support accelerated growth. These nutrients can be provided through fertilization. One commonly used chemical fertilizer in seaweed tissue culture is Provasoli's Enriched Seawater (PES). This study aims to determine the optimal PES fertilizer dosage for the production of *G. verrucosa* seedlings through tissue culture using a vegetative propagation method. This study used a completely randomized design with analysis of variance consisting of four treatments of different PES fertilizer doses with three replicates for each treatment. The results showed that fertilizer dose variation did not significantly affect the absolute growth of explant weight, but tended to increase the number of growth points. Growth points began to increase in the second week for all treatments, and by the fourth week, the number of growth points at a 1.5% dosage showed a significant difference compared to other doses. The application of PES fertilizer in *G. verrucosa* seedling production through tissue culture with vegetative propagation indicates that different fertilizer doses do not affect explant growth but significantly influence the increase in growth points by the fourth week

Key words: Absolute Growth; Fertilizer; *Gracillaria verrucosa*; PES

ARTICLE INFO

Article history:

Received: September 10th, 2025

Revised: October 06th, 2025

Accepted: November 25th, 2025

Online: December 06th, 2025

I. PENDAHULUAN

Gracillaria verrucosa merupakan alga merah (Rhodophyta) yang umumnya tumbuh di perairan laut dangkal wilayah tropis dan subtropis. Spesies ini menjadi salah satu jenis rumput laut yang banyak dibudidayakan di Indonesia, khususnya di daerah tambak, serta memiliki prospek tinggi sebagai komoditas ekspor karena kandungan agar agar yang tinggi dan bernilai guna untuk berbagai keperluan (Ruslaini, 2016). Produksi rumput laut secara nasional menempati urutan pertama dibandingkan komoditas lainnya yang mencapai sebesar 9,753,410 ton pada tahun 2023 (KKP, 2023). Namun demikian, metode budidaya rumput laut masih menjadi tantangan utama dalam pengembangan komoditas ini. Sistem metode jaring lepas dasar yang banyak digunakan oleh pembudidaya diketahui belum mampu memberikan hasil produksi yang optimal. Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan untuk memperoleh bibit rumput laut bermutu dalam meningkatkan produktivitas adalah teknik kultur jaringan (Chandimali *et al.*, 2024; Sulistiani & Yani, 2014).

Metode propagasi (perbanyakan) bibit rumput laut dapat dilakukan secara massal dalam waktu relatif singkat serta tidak bergantung pada siklus musim (Jiksing *et al.*, 2022). Teknik kultur jaringan memiliki beberapa keunggulan, diantaranya menghasilkan bibit dengan sifat genetik serupa induknya (seragam) dan memungkinkan perbanyakan anakan dalam Jumlah besar dalam periode yang lebih efisien (Akin-Idowu *et al.*, 2009). Bibit yang digunakan dalam kultur jaringan umumnya berasal dari hasil seleksi, bibit potensial dari alam, maupun hasil rekayasa genetika. Kultur jaringan menjadi salah satu strategi penting dalam penyediaan bibit unggul melalui propagasi vegetatif.

Pada praktiknya, metode vegetatif, seperti fragmentasi langsung dan pemotongan *thallus*, telah diaplikasikan secara luas dalam praktik, baik pada skala laboratorium maupun dalam budidaya makroalga, sebagai pendekatan utama dalam perbanyakan vegetatif (Moreira *et al.*, 2022). Metode ini tidak melibatkan reproduksi seksual, melainkan memanfaatkan kemampuan regeneratif jaringan untuk membentuk individu baru (Awotedu *et al.*, 2021). Keunggulan propagasi vegetatif melalui kultur jaringan antara lain adalah efisiensi waktu, kemampuan menghasilkan bibit dalam Jumlah besar, serta menjaga kemurnian varietas yang diinginkan (Mehbub *et al.*, 2022). Selain itu, teknik ini manipulasi faktor lingkungan dan nutrisi untuk mengoptimalkan pertumbuhan bibit sebelum ditransplantasikan ke lapangan budidaya. Keberhasilan teknik ini sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan ketersediaan nutrisi dalam media tumbuh, yang harus dirancang untuk memenuhi kebutuhan fisiologis jaringan tanaman secara optimal.

Nutrien yang berperan dalam mendukung pertumbuhan rumput laut dapat diperoleh melalui pemupukan. Salah satu jenis pupuk kimia yang umum digunakan pada kultur jaringan rumput laut adalah *Provasoli's Enrich Seawater* (PES) (Lim & Vimala, 2012). Pupuk ini telah lama diaplikasikan dalam budidaya makroalga karena mengandung berbagai unsur hara esensial yang dibutuhkan untuk menunjang pertumbuhan (Poza *et al.*, 2022). Aplikasi pupuk PES dilakukan sebelum rumput laut dipelihara di habitat alaminya. Kandungan utama pupuk ini berupa nitrogen dan fosfat, yang merupakan unsur penting dalam proses pertumbuhan rumput laut (Nursyam, 2013; Wahyudi *et al.*, 2023), dimana pupuk PES tersebut sangat cocok untuk pertumbuhan rumput laut dibandingkan dengan pupuk yang lain karena dapat merangsang pertumbuhan *thallus* rumput laut. Oleh karena itu,

diperlukan penelitian untuk menganalisis pengaruh variasi dosis pupuk PES terhadap produksi bibit *Gracilaria verrucosa* melalui kultur jaringan dengan metode propagasi vegetatif.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada Maret 2024 di Laboratorium Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) Takalar, yang berlokasi di Dusun Kawari, Desa Mappakalompo, Kecamatan Galesong, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan

2.2. Materi Penelitian

a. Rumput Laut

Organisme uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumput laut jenis *G. verrucosa* yang diperoleh dari pembudidaya di Desa Ujung Baji, Kecamatan Sanrobone, Kabupaten Takalar.

b. Pupuk dan Air Media Pemeliharaan

Pupuk yang diaplikasikan berupa pupuk anorganik jenis PES. Komponen pada pupuk PES menurut (Wahid *et al.*, 2022) adalah tris base, NaNO_3 , $\text{Na}_2\text{-}\beta\text{-glycerophosphate}$ H_2O , Iron-EDTA solution, trace metals solution, thiamin HCL (vitamin B1), biotin (vitamin H), cyanocobalamin (vitamin B12). Media pemeliharaan menggunakan air laut dengan salinitas 25 ppt yang telah disaring melalui alat penyaring (*Catdrige filter*) berukuran 4 inch untuk menyaring partikel-partikel kecil yang mungkin ada dalam air. Air laut yang telah disaring mengalir ke laboratorium rumput laut. Proses penyaringan dilanjutkan dengan menggunakan kertas saring *Whatman* berukuran pori 0,45 μm untuk membersihkan air dari partikel kecil lainnya. Air kemudian disterilisasi menggunakan *autoclave*. Dalam proses sterilisasi ini, air laut dipanaskan pada suhu 121 °C selama sekitar 1 jam dengan

tekanan yang sama dengan tekanan udara normal (1 atm).

c. Wadah Penelitian

Penelitian ini menggunakan wadah Erlenmeyer yang berukuran 500 mL dengan perlakuan dosis pupuk yang berbeda. Jumlah wadah yang digunakan yaitu 12 erlenmeyer, setiap wadah tersebut di isi air laut steril masing-masing sebanyak 500 mL yang dilengkapi dengan aerasi untuk menghomogenkan nutrisi dan pupuk yang sesuai dengan perlakuan dosis.

2.3. Prosedur Penelitian

a. Persiapan Bibit

Bibit yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari tambak dengan kriteria sehat, berwarna coklat cerah, memiliki diameter relatif lebih besar pada *thallus* dewasa, serta bebas dari lumut yang menempel. Rumput laut yang telah di seleksi selanjutnya dilanjutkan dengan pemotongan *thallus* menggunakan pisau bedah kemudian dipotong dengan ukuran panjang 1,5-2 cm dan bobot 0,3051 g. Jumlah bibit yang digunakan sebagai padat tebar sebanyak 6 buah/500 mL air setiap wadah penelitian.

b. Penanaman dan Pemeliharaan

Proses penanaman yang dilakukan yaitu media pemeliharaan diberikan pupuk PES dengan dosis yang berbeda sesuai dengan rancangan penelitian. Penanaman dilakukan dengan cara menanamkan rumput laut *G. verrucosa* yang telah disterilisasi disetiap wadah penelitian sesuai dengan rancangan penelitian yaitu 6 buah/500 mL air. Pemeliharaan rumput laut dilakukan selama 28 hari dengan memberikan dosis pupuk PES setiap interval 7 hari. Pengamatan kualitas air dilakukan setiap interval 7 hari selama masa budidaya.

c. Pengambilan Data dan Pengamatan Kualitas Air

Pengambilan data pertambahan bobot rumput laut *G. verrucosa* dengan menimbang bobot rumput laut sebanyak 2 kali di awal dan

akhir penelitian. Parameter kualitas air yang diamati meliputi suhu, salinitas, pH, nitrat, dan fosfat, yang diukur setiap tujuh hari sekali.

2.4. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan pemberian pupuk, yaitu perlakuan A = kontrol (0%), perlakuan B = dosis pupuk 0,5%, perlakuan C = dosis pupuk 1%, dan perlakuan D = dosis pupuk 1,5%, masing-masing dengan tiga kali ulangan.

2.5. Parameter Penelitian

a. Pertumbuhan Mutlak

Pertumbuhan mutlak rumput laut ditentukan dari peningkatan biomassa berdasarkan selisih bobot eksplan awal dengan bobot setelah periode pemeliharaan tertentu. Perhitungan pertambahan biomassa dilakukan menggunakan rumus yang telah ditetapkan (Hendri *et al.*, 2018):

$$W = W_t - W_0$$

Keterangan :

W = Pertumbuhan mutlak (g)

W_t = Bobot akhir eksplan *Gracillaria* (g)

W_0 = Bobot awal eksplan *Gracillaria* (g)

b. Titik Tumbuh

Titik tumbuh merupakan jaringan sel muda yang aktif membelah dan terletak pada bagian *thallus*. Menurut Sutrian (2004), salah satu faktor internal yang berperan dalam produktivitas alga adalah titik tumbuh yang berfungsi dalam pembentukan sel-sel baru berupa *thallus*.

2.5. Analisis Data

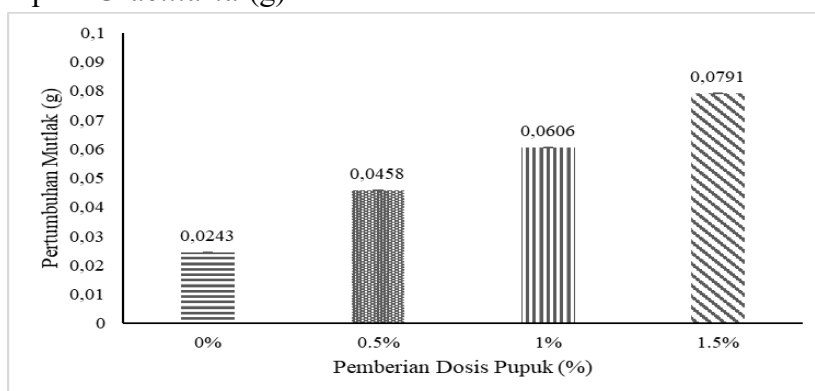
Data pertumbuhan yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) dengan tingkat kepercayaan 95%, dan apabila terdapat perbedaan nyata, analisis dilanjutkan dengan uji Tukey. Sementara itu, parameter kualitas air dianalisis secara deskriptif.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

a. Pertumbuhan Mutlak

Rata-rata pertumbuhan mutlak rumput laut *G. verrucosa* pada semua perlakuan selama penelitian (Gambar 1).



Gambar 1. Rata-rata pertumbuhan mutlak rumput laut *G. verrucosa* pada semua perlakuan penelitian

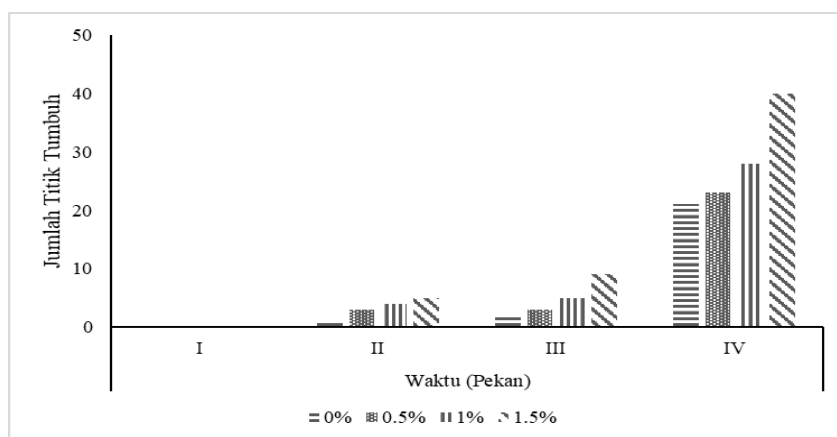
Hasil analisis menunjukkan bahwa aplikasi pupuk Provasoli's Enriched Seawater (PES) memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan mutlak bibit *G. verrucosa* yang

diperbanyak melalui kultur jaringan dengan metode propagasi vegetatif. Berdasarkan Gambar 1, terlihat adanya peningkatan rata-rata pertumbuhan mutlak (g) seiring dengan meningkatnya konsentrasi pupuk PES yang

diberikan. Perlakuan tanpa pupuk (0%) menghasilkan pertumbuhan mutlak terendah sebesar 0,0243 g, sedangkan pertumbuhan tertinggi tercatat pada dosis 1,5% dengan nilai 0,0791 g.

b. Jumlah Titik Tumbuh

Rata-rata jumlah titik tumbuh rumput laut *G. verrucosa* pada semua perlakuan selama penelitian (Gambar 2).



Gambar 2. Rata-rata jumlah titik tumbuh rumput laut *G. verrucosa* pada semua perlakuan penelitian

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa variasi konsentrasi pupuk PES memberikan pengaruh berbeda terhadap Jumlah titik tumbuh *Gracilaria verrucosa* yang dikultur secara vegetatif. Pada minggu pertama (pekan I), belum tampak adanya titik tumbuh yang signifikan pada seluruh perlakuan, termasuk pada kontrol (0%), menunjukkan bahwa fase awal aklimatisasi jaringan belum menghasilkan pertumbuhan yang nyata. Memasuki minggu kedua (pekan II), titik tumbuh mulai terlihat, meskipun Jumlahnya masih rendah dan tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar perlakuan.

Perbedaan jumlah titik tumbuh mulai nyata pada minggu ketiga (pekan III), terutama pada perlakuan dengan dosis pupuk PES 1% dan 1,5%, yang menunjukkan peningkatan Jumlah titik tumbuh secara signifikan dibandingkan kontrol dan perlakuan dosis 0,5%. Hal ini mengindikasikan bahwa pada pekan ketiga, jaringan kultur mulai merespons unsur hara yang diberikan melalui pupuk PES, yang mengandung nutrisi esensial untuk pertumbuhan sel dan diferensiasi jaringan. Puncak pertumbuhan

terlihat pada minggu keempat (pekan IV), di mana perlakuan dengan dosis 1,5% menunjukkan Jumlah titik tumbuh tertinggi, mencapai sekitar 40 titik tumbuh. Dosis 1% juga menunjukkan hasil yang tinggi, mendekati 30 titik tumbuh. Sebaliknya, perlakuan dengan dosis 0% dan 0,5% menghasilkan titik tumbuh yang lebih rendah, masing-masing kurang dari 25 titik tumbuh.

c. Kualitas Air

Selama penelitian dilakukan pengukuran beberapa parameter kualitas air sebagai data pendukung, meliputi suhu, salinitas, pH, nitrat, dan fosfat. Kisaran nilai parameter tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air Penelitian

Parameter	Perlakuan				Kelayakan	Pustaka
	A	B	C	D		
Suhu (°C)	28	28	28	28	25-30	Ruslaini, 2016
Salinitas (ppt)	28	28	28	28	25-33	Susanto, 2021
pH	8,06	8,01	8	8,02	6,8-8,7	Alwi et al., 2022
Nitrat (mg/L)	0,044	0,482	0,618	0,108	0,9-3,5	Yulius et al., 2019
Fosfat (mg/L)	0,035	0,038	0,034	0,037	0,051-1,00	Pauwah et al., 2020

3.2 Pembahasan

Pertumbuhan mutlak cenderung meningkat seiring penambahan dosis pupuk, terutama pada perlakuan 0,5% (0,0458 g) dan 1% (0,0606 g), yang mengindikasikan bahwa ketersediaan unsur hara dalam pupuk PES berperan positif dalam mendukung peningkatan biomassa rumput laut. Hal ini diduga karena kandungan nutrisi pada pupuk PES, seperti nitrogen, fosfor, vitamin, serta unsur mikro lainnya, mampu mendukung aktivitas metabolisme dan proses fisiologis dalam jaringan *G. verrucosa*, khususnya pada tahap regenerasi dan pembentukan sel baru setelah pemotongan *thallus* (Wahyudi *et al.*, 2023; Zainuddin & Nofianti, 2022).

Peningkatan signifikan pada perlakuan 1,5% mengindikasikan bahwa pada konsentrasi tersebut, kebutuhan nutrisi tanaman dapat tercukupi secara optimal tanpa menimbulkan efek toksik. Sebaliknya, perlakuan tanpa pupuk menunjukkan hasil terendah, yang memperlihatkan bahwa media budidaya tanpa suplementasi nutrisi tambahan tidak dapat menyediakan kebutuhan dasar bagi pertumbuhan jaringan secara optimal. Hal ini selaras dengan prinsip dasar kultur jaringan, yang memerlukan media kaya nutrisi untuk menunjang pertumbuhan eksplan (Pithiya *et al.*, 2022). Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan sebelumnya yang melaporkan bahwa penambahan pupuk PES pada media mampu meningkatkan pertumbuhan rumput laut secara signifikan (Wahid *et al.*,

2022). Faktor lain yang turut memengaruhi pertumbuhan adalah ketersediaan cahaya matahari. Dalam penelitian ini digunakan lampu neon sebagai sumber cahaya buatan untuk mendukung pertumbuhan rumput laut. Hal tersebut diperkuat oleh Sitorus *et al.*, (2020) yang menyatakan bahwa intensitas cahaya merupakan faktor penting dalam proses metabolisme dan fotosintesis, di mana melalui fotosintesis sel tanaman dapat menyerap unsur hara yang pada akhirnya mempercepat pertumbuhan rumput laut.

Pemberian pupuk PES dalam konsentrasi yang lebih tinggi (hingga 1,5%) mampu mendorong pembentukan titik tumbuh secara lebih optimal. PES mengandung unsur hara makro seperti nitrogen dalam bentuk NaNO_3 dan fosfor dalam bentuk NaH_2PO_4 (Wahid *et al.*, 2022) yang berfungsi sebagai penyusun utama protein, asam nukleat, dan fosfolipid, sehingga mampu merangsang pembelahan sel pada jaringan meristem. Selain itu, unsur mikro seperti vitamin B₁₂, biotin, dan thiamine berperan sebagai kofaktor enzim dalam metabolisme seluler, yang mempercepat pertumbuhan titik tumbuh baru. Pemberian dosis PES yang optimal akan meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi *Gracilaria*, sehingga laju fotosintesis dan sintesis biomolekul berlangsung lebih efisien dan menghasilkan percabangan lebih banyak.

Titik tumbuh merupakan jaringan yang tersusun atas sel-sel muda yang aktif membelah dan terletak pada bagian tunas. Menurut Sutrian (2004), faktor internal yang memengaruhi

produktivitas alga adalah titik tumbuh yang berperan dalam pembentukan sel-sel baru berupa *thallus*. Hasil pengamatan penelitian ini menunjukkan bahwa titik tumbuh pertama pada eksplan yang dikultur mulai tumbuh pada umur 14 hari atau dua minggu. Jumlah tunas yang terbentuk dipengaruhi oleh banyaknya eksplan yang mampu bertahan hidup, sehingga semakin tinggi tingkat kelangsungan hidup eksplan maka semakin besar pula Jumlah titik tumbuh yang terbentuk. Kondisi ini berkaitan dengan ketersediaan mikroelemen esensial dalam media PES yang memiliki komposisi optimal untuk memenuhi kebutuhan eksplan *G. verrucosa* sehingga merangsang pembentukan titik tumbuh (Supriyono *et al.*, 2022). Hal ini sejalan dengan Todorov *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa mikroelemen dan mikronutrien, meskipun dibutuhkan dalam Jumlah yang sangat kecil, berperan penting dalam proses regenerasi sel, sedangkan pada konsentrasi berlebih dapat bersifat toksik. Pada penelitian ini belum didapatkan puncak dari Jumlah titik tumbuh berdasarkan dosis pupuk PES, kemungkinan penambahan dosis PES dapat meningkatkan Jumlah titik tumbuh atau dapat merusak *thallus*.

Kualitas air merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan dalam kegiatan budidaya rumput laut. Parameter yang diukur pada saat penelitian meliputi suhu, salinitas, pH, nitrat dan fosfat. Hal ini sejalan dengan pendapat Nur *et al.*, (2016) yang menyatakan bahwa kualitas air berpengaruh besar terhadap tingkat produksi rumput laut.

Menurut Panasani *et al.*, (2024), suhu optimum bagi pertumbuhan rumput laut berkisar antara 29–30°C. Pernyataan serupa juga dikemukakan oleh Ruslaini (2016) bahwa suhu ideal untuk mendukung kelangsungan hidup dan budidaya rumput laut berada pada kisaran 25–31 °C. Pada pagi hari suhu perairan cenderung menurun dikarenakan kurangnya paparan sinar

matahari dan rendahnya suhu udara. Hal ini didukung oleh pernyataan Muarif (2016) yaitu faktor-faktor yang mempengaruhi suhu perairan adalah cuaca, iklim, radiasi matahari, dan suhu udara.

Salinitas adalah kandungan garam yang terkandung dalam suatu volume perairan (Nusantara & Sulakhdin, 2021). Kisaran salinitas tersebut sudah cukup optimal pada pemeliharaan *G. verrucosa*. Sejalan dengan pendapat Susanto *et al.*, (2021) yang menyatakan salinitas optimum rumput laut berkisar 25-33 ppt. Pernyataan yang sama dengan Sari *et al.*, (2021) salinitas yang berkisar 30-31 ppt masih tergolong salinitas yang dapat ditoleransi oleh rumput laut. Perubahan salinitas perairan dapat disebabkan beberapa faktor diantaranya terjadinya penguapan dan kondisi cuaca yang dinamis. Patty (2013) menyatakan bahwa salinitas memiliki nilai yang konstan karena merupakan salah satu parameter oseanografi dan biasanya dipengaruhi oleh air tawar yang masuk, curah hujan, serta penguapan.

Power of Hydrogen (pH) merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Skala pH berkisar antara 0 hingga 14, dengan nilai 7,00 menunjukkan kondisi netral. Berdasarkan pernyataan Alwi *et al.*, (2023) kisaran pH optimal untuk budidaya rumput laut berkisar 6,8-8,7. pH perairan perlu diperhatikan dalam proses budidaya terutama budidaya rumput laut karena pH berpengaruh terhadap proses biokimia perairan (Arisandi *et al.*, 2013).

Nitrat merupakan salah satu bentuk nitrogen yang berperan penting dalam merangsang pertumbuhan rumput laut agar dapat berkembang lebih cepat. Kekurangan nitrat dapat menghambat pertumbuhan akibat terganggunya proses fotosintesis. Sedangkan semakin tinggi kandungan nitrat suatu perairan dapat membuat rumput laut menjadi tidak segar dan dan memungkinkan *thallus* rumput laut akan patah

(Kushartono *et al.*, 2012). Pada penelitian ini nitrat diperoleh pada setiap perlakuan ini berkisar 0,044-0,618 mg/L. Menurut Yulius *et al.*, (2019), kadar nitrat yang mendukung budidaya *G. verrucosa* berada pada kisaran 0,9–3,5 mg/L. Hal ini sejalan dengan Banerjee *et al.*, (2023) yang menyatakan bahwa kandungan nitrat berlebih dalam perairan dapat bersifat toksik bagi organisme akuatik, termasuk rumput laut.

Fosfat juga berfungsi sebagai salah satu unsur hara penting yang memengaruhi produktivitas perairan dan laju pertumbuhan rumput laut. Pada penelitian ini, kandungan fosfat pada setiap perlakuan tercatat berkisar 0,034–0,038 mg/L. Menurut Pauwah *et al.*, (2020), kadar fosfat yang sesuai untuk budidaya *G. verrucosa* berada pada rentang 0,051–1,00 mg/L. Fosfat dengan konsentrasi rendah dapat menghambat pertumbuhan, sedangkan kandungan yang terlalu tinggi berpotensi menimbulkan eutrofikasi yang berdampak negatif pada ekosistem perairan karena tingginya kelimpahan fitoplankton yang dapat menurunkan kadar oksigen terlarut (Susanto *et al.*, 2021).

Faktor lingkungan, terutama kualitas air, memiliki peranan yang krusial dalam menentukan keberhasilan penggunaan pupuk *Provasoli's Enriched Seawater* (PES) terhadap aktivitas titik tumbuh maupun laju pertumbuhan mutlak pada *Gracilaria verrucosa*. Unsur nitrat dan fosfat yang terkandung di dalam media budidaya berfungsi sebagai sumber nitrogen dan fosfor utama, yang sangat dibutuhkan dalam proses sintesis protein, asam nukleat, serta senyawa berenergi tinggi (ATP) guna mendukung pembelahan sel di jaringan meristem (Mutia *et al.*, 2021; Zainuddin & Nofianti, 2022). Ketersediaan nitrat dalam jumlah yang cukup memungkinkan metabolisme nitrogen berlangsung lebih efisien, sehingga memperkuat aktivitas pembelahan sel pada titik tumbuh. Sementara itu, keberadaan fosfat yang memadai

berperan penting dalam transfer energi (Wijaya & Prabaningtyas, 2024), serta pembentukan berbagai biomolekul esensial, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan jumlah titik tumbuh dan pertumbuhan mutlak. Apabila konsentrasi nitrat dan fosfat berada pada taraf rendah, respons titik tumbuh cenderung terhambat akibat keterbatasan pasokan hara. Sebaliknya, jika konsentrasi kedua unsur tersebut terlalu tinggi, dapat mengakibatkan eutrofikasi maupun ketidakseimbangan ionik yang berdampak negatif terhadap proses pertumbuhan. Oleh karena itu, efektivitas pupuk PES hanya dapat dicapai secara optimal apabila kualitas air berada pada kondisi yang seimbang, khususnya melalui konsentrasi nitrat dan fosfat yang berada dalam kisaran ideal untuk mendukung aktivitas metabolisme titik tumbuh serta akumulasi pertumbuhan mutlak.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian mengenai pengaruh variasi pemberian dosis pupuk PES pada produksi bibit *G. verrucosa* melalui kultur jaringan dengan metode propagasi vegetatif memperlihatkan bahwa perbedaan dosis pupuk tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan eksplan. Namun, variasi dosis tersebut menunjukkan pengaruh yang lebih nyata terhadap pembentukan kalus atau titik tumbuh. Secara khusus, pemberian pupuk PES dengan konsentrasi 1,5% mampu meningkatkan Jumlah titik tumbuh secara optimal pada minggu keempat masa pemeliharaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada Laboratorium Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) Takalar yang telah berperan dalam kegiatan, baik dalam bentuk support maupun perizinan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak terkait yang

telah membantu penyusunan karya tulis ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akin-Idowu, P. E., Ibitoye, D. O., & Ademoyegun, O. T. (2009). Tissue culture as a plant production technique for horticultural crops. *African Journal of Biotechnology*, 8(16), 3782–3788.
- Alwi, A., Arbit, N. I. S., Takril, T., & Lestari, D. (2023). Pengaruh penggunaan ram kotak terhadap pertumbuhan rumput laut (*Caulerpa lentillifera*). *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 13(2), 221–230. <https://doi.org/10.24319/jtpk.13.221-230>
- Arisandi, A., Farid, A., & Rolhimaniati, S. (2013). Pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii* yang terkontaminasi epifit di perairan sumenep. *Jurnal Kelautan*, 6(2), 111–119.
- Awotedu, B. F., Omolola, T. O., Akala, A. O., Awotedu, O. L., & Olaoti-Laaro, S. O. (2021). Vegetative propagation: A unique technique of improving plants growth. *World News of Natural Sciences*, 35, 83–101.
- Banerjee, P., Garai, P., Saha, N. C., Saha, S., Sharma, P., & Maiti, A. K. (2023). A critical review on the effect of nitrate pollution in aquatic invertebrates and fish. *Water, Air, and Soil Pollution*, 234(6). <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06260-5>
- Chandimali, N., Park, E. H., Bak, S.-G., Lim, H.-J., Won, Y.-S., & Lee, S.-J. (2024). Seaweed callus culture: A comprehensive review of current circumstances and future perspectives. *Algal Research*, 77, 103376.
- Jiksing, C., Ongkudon, M. M., Thien, V. Y., Rodrigues, K. F., Yong, W. T. L., & McMarshall, M. O. (2022). Recent advances in seaweed seedling production: A review of eucheumatoids and other valuable seaweeds. *Algae*, 37(2), 105–121.
- Kushartono, E. W., Suryono, S., & Setiyaningrum, E. (2012). Aplikasi perbedaan komposisi N, P dan K pada budidaya *Euclima cottonii* di Perairan Teluk Awur, Jepara. *Indonesian Journal of Marine Sciences*, 14(3), 164–169.
- Mehbub, H., Akter, A., Akter, M. A., Mandal, M. S. H., Hoque, M. A., Tuleja, M., & Mehraj, H. (2022). Tissue culture in ornamentals: cultivation factors, propagation techniques, and its application. *Plants*, 11(23), 3208.
- Moreira, A., Cruz, S., Marques, R., & Cartaxana, P. (2022). The underexplored potential of green macroalgae in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 14(1), 5–26.
- Muarif, M. (2016). Karakteristik suhu perairan di kolam budidaya perikanan. *Jurnal Mina Sains*, 2(2), 96–101.
- Mutia, S., Nedi, S., & Elizal, E. (2021). Effect of nitrate and phosphate concentration on *Spirulina platensis* with indoor scale. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 4(1), 29–35.
- Nur, A. I., Syam, H., & Patang, P. (2016). Pengaruh kualitas air terhadap produksi rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 2(1), 27–40.
- Nusantara, R. W., & Sulakhdin, J. A. (2021). Analisis sebaran salinitas dan kesuburan tanah pada lahan tepi pantai Kecamatan Sungai Kunyit Kabupaten Mempawah. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 10(4).
- Panasani, M. N. U., Alamsjah, M. A., Lamid, M., Shaumi, A., & Rozaimi, M. (2024). High salinity intensive seaweed growth rate in aquaponic systems. *Journal of Aquaculture & Fish Health*, 13(3).
- Patty, S. I. (2013). Distribusi suhu, salinitas dan oksigen terlarut di Perairan Kema, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(3).
- Pauwah, A., Irfan, M., & Muchdar, F. (2020). Analisis kandungan nitrat dan fosfat untuk mendukung pertumbuhan rumput laut

- Kappahycus alvarezii* yang dibudidayakan dengan metode longline di Perairan Kastela Kecamatan Pulau Ternate Kota Ternate. *Hemyscyllium*, 1(1), 10–22.
- Pithiya, M. B., Sharma, S. K., Sharma, M., Sharma, M., & Kotwal, N. (2022). Advancements and challenges in plant tissue culture: a comprehensive overview. *J Plant Biota*, 1, 12–16.
- Poza, A. M., Fernandez, C., Latour, E. A., Raffo, M. P., Dellatorre, F. G., Parodi, E. R., & Gauna, M. C. (2022). Optimization of the rope seeding method and biochemical characterization of the brown seaweed *Asperococcus ensiformis*. *Algal Research*, 64, 102668.
- Ruslaini, R. (2016). Kajian kualitas air terhadap pertumbuhan rumput laut (*Gracilaria verrucosa*) di tambak dengan metode vertikultur. *Octopus: Jurnal Ilmu Perikanan*, 5(2), 522–527.
- Sari, R. R., Cokrowati, N., & Diniarti, N. (2021). Pertumbuhan *Sargassum* sp. dengan berat bibit berbeda pada budidaya dengan metode patok dasar *Jurnal Airaha*, 10(02).
- Sitorus, E. R., Santosa, G. W., & Pramesti, R. (2020). Pengaruh rendahnya intensitas cahaya terhadap *Caulerpa racemosa* (Forsskål) 1873 (Ulvophyceae: Caulerpaeae). *Journal of Marine Research*, 9(1), 13–17.
- Sulistiani, E., & Yani, S. A. (2014). *Kultur jaringan rumput laut ktoni (Kappaphycus alvarezii)*. Seameo Biotrop.
- Supriyono, E., Hastuti, Y. P., & Arifka, A. R. (2022). Combination effect of atonic growth regulator with PES (provasoli enrich seawater) on seaweed (*Eucheuma cottonii*) growth. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1033(1), 12019.
- Susanto, A. B., Siregar, R., Hanisah, H., Faisal, T. M., & Harahap, A. (2021). Analisis kesesuaian kualitas perairan lahan tambak untuk budidaya rumput laut (*Gracilaria* sp.) di Kecamatan Langsa Barat, Kota Langsa. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(3), 655–667.
- Todorov, T. I., Wolle, M. M., & Conklin, S. D. (2022). Distribution of 26 major and trace elements in edible seaweeds from the US market. *Chemosphere*, 294, 133651.
- Wahid, E., Kurniaji, A., & Zawawi, L. (2022). Pengaruh interval perendaman *Eucheuma denticulatum* dalam pupuk provasoli's enrich seawater (PES) terhadap pertumbuhan secara in vitro. *Jurnal Perikanan Unram*, 12(2), 280–291.
- Wahyudi, D., Pattirane, C. P., Marwah, A. R., & Sangkia, D. F. (2023). Application of PES fertilizer to the growth of *Kappaphycus alvarezii* plantlets. *Jurnal Ilmiah Platax*, 11(2), 526–532.
- Wijaya, L. G. C., & Prabaningtyas, S. (2024). Effect of phosphate source on growth of *Chlorella vulgaris* cultured with indole-3-acetic acid-producing bacteria. *Jurnal Ilmiah Sains*, 148–159.
- Yulius, Y., Ramdhan, M., Prihantono, J., Pryambodo, D. G., Saepuloh, D., Salim, H. L., Rizaki, I., & Zahara, R. I. (2019). Budidaya rumput laut dan pengelolaannya di pesisir Kabupaten Dompu, Provinsi Nusa Tenggara Barat berdasarkan analisa kesesuaian lahan dan daya dukung lingkungan. *Jurnal Segara*, 15(1), 19–30.
- Zainuddin, F., & Nofianti, T. (2022). Pengaruh nutrient N dan P terhadap pertumbuhan rumput laut pada budidaya sistem tertutup. *Jurnal Perikanan Unram*, 12(1), 119–127.