

PENGARUH BIBIT KULTUR JARINGAN DAN BIBIT STEK VEGETATIF RUMPUT LAUT (*Kappaphycus alvarezii*) TERHADAP METABOLIT PRIMER DAN METABOLIT SEKUNDER DI PERAIRAN OENAEK, KUPANG BARAT

Laura Aurelia Bria^{1*}, Marcelien Dj. Ratoe Oedjoe¹, Ade Yulita Hesti Lukas¹

¹Prodi Budidaya Perairan, Fakultas Peternakan Kelautan Dan Perikanan, Universitas Nusa Cendana Kupang Jl. Adisucipto Penfui, Kupang, Nusa Tenggara Timur 85001

*Korespondensi email: laurabrya968@gmail.com

ABSTRAK

Kappaphycus alvarezii merupakan komoditas rumput laut bernilai ekonomis tinggi sebagai penghasil kappa-karagenan. Kualitas bibit menjadi salah satu faktor penting yang menentukan pertumbuhan dan karakteristik fisiologis rumput laut selama budidaya. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penggunaan bibit hasil kultur jaringan, seleksi stek vegetatif, dan bibit pembudidaya konvensional terhadap pertumbuhan serta kandungan metabolit primer dan sekunder *K. alvarezii* di Perairan Oenaek, Kupang Barat. Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen lapangan selama 45 hari dengan tiga perlakuan sumber bibit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bibit stek vegetatif menghasilkan pertumbuhan mutlak tertinggi sebesar 208,33 g dengan laju pertumbuhan spesifik (SGR) sebesar 2,44% per hari, diikuti bibit kultur jaringan sebesar 135,00 g dan 1,77% per hari, serta bibit konvensional sebesar 107,67 g dan 1,43% per hari. Kandungan karbohidrat tertinggi ditemukan pada bibit kultur jaringan sebesar 41,70%, sedangkan stek vegetatif sebesar 39,33%. Kandungan protein kasar juga lebih tinggi pada bibit kultur jaringan (5,90%) dibandingkan stek vegetatif (4,69%). Hasil penapisan fitokimia menunjukkan keberadaan senyawa golongan fenol pada seluruh sampel, dengan intensitas positif tertinggi pada bibit kultur jaringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber bibit memengaruhi performa pertumbuhan dan karakteristik metabolit *K. alvarezii*. Bibit stek vegetatif menunjukkan performa pertumbuhan terbaik, sedangkan bibit kultur jaringan menunjukkan kandungan metabolit primer dan intensitas senyawa fenolik yang lebih tinggi.

Kata kunci : Budidaya, fenol, metabolit, primer *Kappaphycus alvarezii*, kultur jaringan, stek vegetatif

ABSTRACT

Kappaphycus alvarezii is an economically valuable seaweed species and a major source of kappa-carrageenan. The quality of planting material is an important factor influencing seaweed growth and physiological characteristics during cultivation. This study aimed to analyze the effects of planting materials derived from tissue culture, selected vegetative cuttings, and conventional farmer-propagated stocks on the growth and primary and secondary metabolite contents of *K. alvarezii* cultivated in Oenaek Waters, West Kupang. A 45-day field experiment was conducted using three planting-material treatments. The results showed that seaweed derived from selected vegetative cuttings exhibited the highest absolute growth of

208.33 g and the highest specific growth rate (SGR) of 2.44% day⁻¹, followed by tissue-culture-derived material at 135.00 g and 1.77% day⁻¹, and conventional farmer-propagated material at 107.67 g and 1.43% day⁻¹, respectively. The highest carbohydrate content was observed in tissue-culture-derived material (41.70%), followed by vegetative cuttings (39.33%). Crude protein content was also higher in tissue-culture-derived material (5.90%) than in vegetative cuttings (4.69%). Phytochemical screening detected phenolic compounds in all samples, with the highest positive intensity observed in tissue-culture-derived material. These results indicate that the source of planting material influences the growth performance and metabolite characteristics of *K. alvarezii*. Vegetative cuttings exhibited the best growth performance, whereas tissue-culture-derived material showed higher primary metabolite contents and stronger phenolic responses.

Keywords: *cultivation, Kappaphycus alvarezii, tissue culture, primary metabolites, phenol, vegetative, cuttings*

PENDAHULUAN

Rumput laut (*seaweed*) merupakan Rumput laut merupakan salah satu komoditas penting dalam sektor perikanan budidaya Indonesia dengan tingkat produksi yang relatif tinggi dibandingkan komoditas unggulan lainnya (Nuslan *et al.*, 2019). Pengembangan komoditas ini relatif mudah karena tidak membutuhkan teknologi yang kompleks. Ketersediaan bibit di alam juga cukup mendukung kegiatan budidaya, sementara waktu pemeliharaan hingga panen relatif singkat. Dari aspek ekonomi, usaha budidaya rumput laut memiliki prospek yang baik karena membutuhkan biaya operasional yang relatif rendah, memiliki harga jual yang kompetitif, serta didukung oleh peluang pasar yang cukup luas (Andriyani *et al.*, 2019).

Pemanfaatan alga laut dalam berbagai sektor industri terus mengalami perkembangan seiring dengan meningkatnya perhatian terhadap

kandungan senyawa bioaktif yang terdapat di dalamnya. Salah satu jenis rumput laut yang memiliki nilai ekonomi dan potensi pemanfaatan yang luas adalah *Kappaphycus alvarezii*. Spesies ini termasuk kelompok alga merah yang banyak dibudidayakan di wilayah pesisir Indonesia dan memiliki nilai ekonomi penting. Pemanfaatannya tidak hanya ditujukan untuk memenuhi kebutuhan industri pangan, tetapi juga telah berkembang pada sektor farmasi dan kosmetik (Arsianti *et al.*, 2018; Parenrengi *et al.*, 2020). Secara morfologi, *K. alvarezii* memiliki talus bercabang dengan bentuk relatif pipih. Percabangannya tumbuh tidak beraturan dan memiliki nodul pada bagian permukaan, dengan karakter yang licin serta tekstur yang kenyal (Mohammad *et al.*, 2019). Kegiatan budidaya *K. alvarezii* telah berkembang di berbagai wilayah perairan Indonesia dan menjadi salah satu jenis rumput laut yang dominan dibudidayakan. Sekitar 65% dari total produksi dan

pengembangan rumput laut di perairan Indonesia berasal dari *K. alvarezii* (Rimmer *et al.*, 2021; Simatupang *et al.*, 2021).

Nilai ekonomi *K. alvarezii* terutama berkaitan dengan kemampuannya menghasilkan karagenan, khususnya kappa-karagenan. Senyawa tersebut memiliki sifat fungsional yang mendukung pemanfaatannya sebagai pengemulsi, pembentuk gel, bahan pengikat, pengental, dan penstabil. Karagenan dari *K. alvarezii* telah dimanfaatkan pada berbagai bidang, termasuk industri pangan, farmasi, kosmetik, percetakan, dan tekstil (Wulandari *et al.*, 2019). Spesies ini sebelumnya dikenal sebagai *Eucheuma cottonii* dan kemudian diklasifikasikan sebagai *Kappaphycus alvarezii* berdasarkan karakteristik karagenan yang dihasilkannya, yaitu dominan berupa fraksi kappa-karagenan (Rivai *et al.*, 2020). Produktivitas *K. alvarezii* selama budidaya dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kualitas dan karakteristik bibit, teknik pemeliharaan, kedalaman penanaman, jarak tanam, bobot awal bibit, serta kondisi lingkungan perairan yang digunakan (Fadilah & Pratiwi, 2020).

Pemanfaatan rumput laut juga telah berkembang pada berbagai bidang industri, mulai dari pangan, farmasi, kosmetik, bioteknologi hingga sektor industri lainnya (Hermund, 2018). Keragaman pemanfaatan

tersebut berkaitan dengan kandungan berbagai senyawa yang terdapat dalam jaringan rumput laut. Senyawa tersebut mencakup metabolit primer yang mendukung aktivitas fisiologis dan pembentukan biomassa serta metabolit sekunder yang memiliki beragam aktivitas biologis. Kandungan metabolit menjadi salah satu aspek penting yang perlu dikaji karena dapat memberikan informasi mengenai karakteristik fisiologis sekaligus potensi pemanfaatan suatu jenis rumput laut.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk memperoleh bahan tanam dengan karakteristik pertumbuhan yang lebih baik adalah teknik kultur jaringan. Bibit *K. alvarezii* yang diperoleh melalui teknik kultur jaringan memiliki potensi pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan bibit lokal (Andriyani *et al.*, 2019). Karakter pertumbuhan tersebut berkaitan dengan kondisi talus hasil kultur jaringan yang relatif muda dan memiliki aktivitas pembelahan sel yang tinggi. Energi metabolik pada fase tersebut lebih banyak digunakan untuk pembentukan sel dan jaringan baru sehingga dapat mendukung pertumbuhan talus secara lebih cepat (Cokrowati *et al.*, 2020). Penggunaan bibit hasil kultur jaringan menjadi salah satu alternatif dalam penyediaan bahan tanam berkualitas untuk mendukung peningkatan produktivitas budidaya *K. alvarezii*.

Rumput laut menghasilkan berbagai senyawa melalui aktivitas metabolismenya yang dapat dikelompokkan menjadi metabolit primer dan

metabolit sekunder. Metabolit primer berkaitan dengan proses pertumbuhan dan perkembangan, termasuk senyawa hidrokoloid yang menjadi bahan baku berbagai

METODOLOGI

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan, yaitu Juli sampai Agustus 2025, di perairan Desa Oenaek, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur. Kegiatan budidaya dan pemeliharaan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dilakukan di lokasi penelitian menggunakan metode long line. Analisis kandungan metabolit primer dilakukan di Laboratorium Nutrisi, Fakultas Peternakan, Kelautan dan Perikanan, Universitas Nusa Cendana, sedangkan analisis metabolit sekunder dilakukan di Laboratorium Biosains, Universitas Nusa Cendana.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi timbangan analitik, tabung kaca Pyrex berukuran 100 mL dengan tutup karet berventilasi, *shaker bath*, pipet serologi, sentrifus, *vortex*, cawan porselen, pompa vakum, kertas saring Whatman No. 41, eksikator, oven, tanur listrik, cawan Conway, mikropipet, mikroburet, *stirrer*, seperangkat alat destilasi, Erlenmeyer, kompor gas, *pressure cooker*, bulp, pipet volumetrik, buret, dan

magnetic stirrer. Bahan utama yang digunakan adalah rumput laut *K. alvarezii* yang berasal dari tiga sumber, yaitu bibit hasil kultur jaringan, bibit vegetatif, dan bibit pembudidaya. Bahan kimia yang digunakan untuk analisis meliputi larutan McDougall, cairan rumen segar, pepsin-HCl 0,2%, akuades, HgCl₂ jenuh, H₂SO₄ 0,005 N, asam borat berindikator, HCl 0,5 N, H₂SO₄ 15%, NaOH 0,5 N, indikator fenolftalein (PP) 0,1%, Na₂CO₃ jenuh, etanol, kloroform, amonia, pereaksi Dragendorff, pereaksi Wagner, reagen Folin-Ciocalteu, magnesium (Mg), asam klorida pekat, asam sulfat pekat, dan asam asetat anhidrat. Water), Larutan Alkali (NaOH atau KOH), Reagen Nitrat (Nitrate Reagents), Reagen Fosfat (Phosphate Reagents).

Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan membandingkan tiga sumber bibit *K. alvarezii*, yaitu bibit pembudidaya (perlakuan A), bibit hasil kultur jaringan (perlakuan B), dan bibit vegetatif (perlakuan C). Setiap perlakuan terdiri atas tiga ulangan sehingga diperoleh sembilan unit percobaan. Setiap unit percobaan menggunakan satu tali *long line* sepanjang 5 m yang dipasang 20 rumpun bibit dengan jarak tanam 25 cm dan bobot awal 100 g per rumpun, sehingga bobot bibit pada setiap unit percobaan sebesar 2 kg. Dengan demikian, total bibit yang digunakan sebanyak 18 kg.

Bibit vegetatif diperoleh dari hasil seleksi rumput laut hasil budidaya di perairan Oenaek

dengan kriteria segar, berwarna hijau cerah, tidak berlendir, bebas penyakit, dan memiliki banyak cabang. Bibit tersebut dipotong dan ditimbang sebanyak 100 g, kemudian dipelihara selama 25 hari. Setelah itu, bibit hasil pemeliharaan diseleksi kembali dan digunakan sebagai bahan tanam untuk pemeliharaan selama 45 hari. Bibit kultur jaringan diperoleh dari perairan Pasir Panjang dan dipilih berdasarkan kondisi fisik yang segar, muda, bercabang banyak, tidak berlendir, serta bebas penyakit. Bibit kemudian dipotong dan ditimbang sebanyak 100 g untuk selanjutnya dipelihara selama 45 hari. Sementara itu, bibit pembudidaya diperoleh dari pembudidaya rumput laut di perairan Oenaek, dengan kondisi fisik segar dan tidak berbau. Bibit dipotong dan ditimbang sebanyak 100 g sebelum digunakan dalam pemeliharaan selama 45 hari.

Ketiga sumber bibit dibudidayakan pada kondisi lingkungan yang sama selama 45 hari menggunakan metode *long line*. Tali utama yang digunakan memiliki panjang 5 m dan pada setiap ujungnya dipasang tali jangkar sepanjang 3 m yang dilengkapi pemberat. Pelampung menggunakan botol plastik bekas yang masih tertutup dan tidak berlubang, dengan jarak antar pelampung 2 m dan sebanyak 25 pelampung pada setiap tali. Selama masa pemeliharaan dilakukan pengamatan pertumbuhan dan pada akhir periode budidaya dilakukan pengambilan

sampel untuk analisis metabolit primer dan sekunder.

Parameter Uji

Parameter pertumbuhan yang diamati meliputi pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik (Specific Growth Rate/SGR). Pertumbuhan mutlak dihitung berdasarkan selisih antara bobot akhir dan bobot awal rumput laut, yaitu ($G = W_t - W_0$), dengan (G) sebagai pertumbuhan mutlak, (W_t) sebagai bobot akhir, dan (W_0) sebagai bobot awal. Laju pertumbuhan spesifik dihitung menggunakan persamaan ($SGR = [(\ln W_t - \ln W_0) / t] \times 100\%$), dengan (W_t) merupakan bobot akhir (g), (W_0) bobot awal (g), dan (t) lama pemeliharaan (hari).

Parameter metabolit primer dianalisis melalui analisis proksimat yang meliputi kadar air, bahan kering, kadar abu, bahan organik, protein kasar, lemak kasar, serat kasar, dan karbohidrat. Analisis kadar air dan bahan kering dilakukan menggunakan metode gravimetri melalui pengeringan sampel dalam oven hingga diperoleh bobot konstan. Kadar abu ditentukan dengan metode pengabuan menggunakan tanur listrik, sedangkan kadar protein dianalisis menggunakan metode Kjeldahl yang meliputi tahap destruksi, destilasi, dan titrasi. Kadar lemak ditentukan menggunakan metode Soxhlet, sedangkan kandungan karbohidrat ditentukan menggunakan metode fenol. Analisis proksimat mengacu pada

metode AOAC dan prosedur yang relevan dari Harris.

Analisis metabolit sekunder dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan flavonoid, alkaloid, fenolik, dan terpenoid. Identifikasi flavonoid dilakukan dengan metode reaksi Mg-HCl, yaitu ekstrak sampel direaksikan dengan HCl pekat dan serbuk Mg, dengan hasil positif ditandai terbentuknya warna merah tua. Identifikasi alkaloid dilakukan menggunakan pereaksi Dragendorff dan Wagner, dengan hasil positif ditandai terbentuknya endapan kemerahan pada pereaksi Dragendorff dan endapan kecokelatan pada pereaksi Wagner. Kandungan total fenolik ditentukan menggunakan metode Folin-Ciocalteu. Ekstrak sampel direaksikan dengan reagen Folin-Ciocalteu dan natrium karbonat, kemudian diinkubasi dalam kondisi gelap selama 30 menit dan absorbansinya diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 750 nm. Identifikasi terpenoid dilakukan menggunakan pereaksi asam

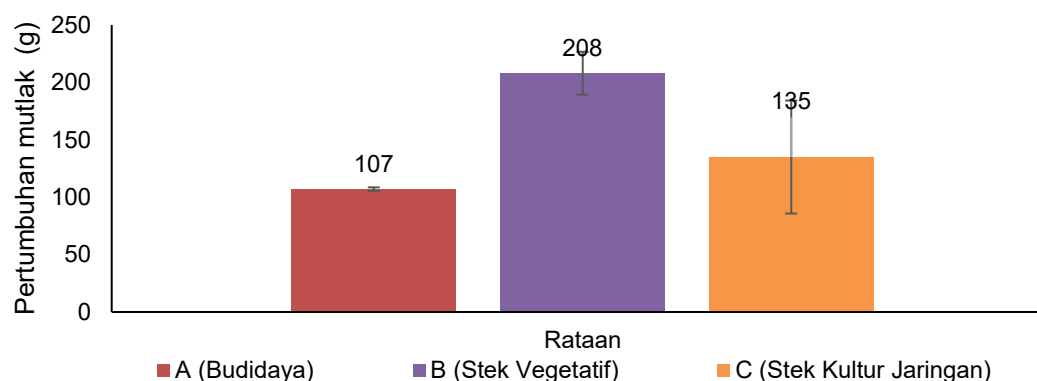
sulfat pekat dan asam asetat anhidrat setelah ekstraksi menggunakan etanol, kloroform, dan air. Hasil positif ditunjukkan oleh perubahan warna tertentu yang mengindikasikan keberadaan senyawa terpenoid atau steroid.

Analisis Data

Data pertumbuhan dan kandungan metabolit primer yang diperoleh dari masing-masing perlakuan dianalisis menggunakan analisis ragam atau Analysis of Variance (ANOVA) pada tingkat kepercayaan 95% untuk mengetahui pengaruh sumber bibit terhadap parameter yang diamati. Apabila hasil ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antarperlakuan, analisis dilanjutkan dengan uji Tukey untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan. Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Hasil analisis disajikan dalam bentuk nilai rata-rata $\pm$ standar devias

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Mutlak Rumput



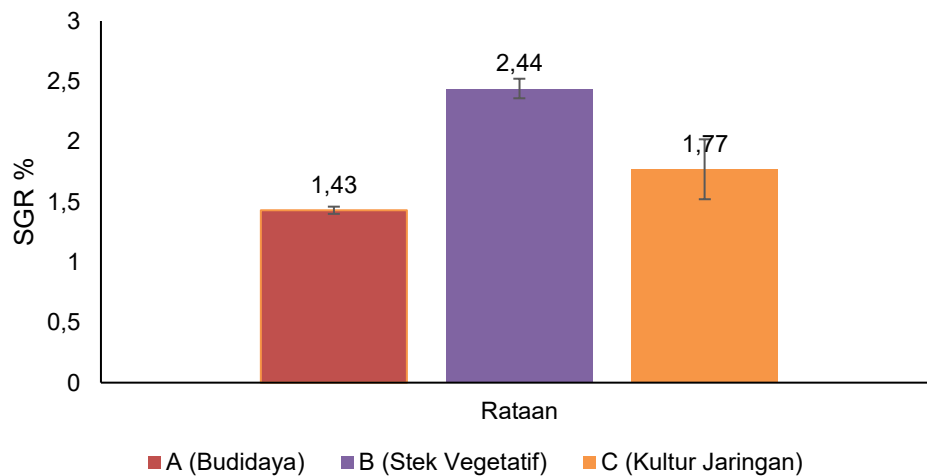
Gambar 1. Grafik pertumbuhan mutlak rumput lau (*K. alvarezii*)

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap pertumbuhan mutlak rumput laut *Kappaphycus alvarezii*, diperoleh nilai rata-rata tertinggi pada perlakuan B (stek vegetatif) yaitu sebesar 208 g, diikuti perlakuan C (kultur jaringan) sebesar 135 g, dan perlakuan A (Budidaya) sebesar 107 g. Hasil analisis menggunakan uji ANOVA menunjukkan bahwa perbedaan sumber bibit memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan mutlak rumput laut ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa variasi metode perbanyakan bibit berkontribusi signifikan terhadap peningkatan bobot akhir rumput laut selama masa pertumbuhan.

Tingginya laju pertumbuhan pada perlakuan stek vegetatif diduga disebabkan oleh

penggunaan bibit yang berasal dari ujung thallus muda, yang secara fisiologis masih aktif melakukan pembelahan sel. Jaringan meristematik pada bagian ujung thallus memiliki tingkat pembelahan sel yang tinggi, sehingga mendukung peningkatan bobot yang lebih cepat. (Mulia *et al.*, 2024), performa pertumbuhan *Kappaphycus* sangat ditentukan oleh kualitas dan asal bibit, terutama jaringan muda yang memiliki kemampuan fotosintesis yang lebih baik. (Sugumaran *et al.*, 2022) juga menegaskan bahwa pemilihan bibit vegetatif dari thallus yang sehat dan aktif tumbuh dapat meningkatkan produksi budidaya secara signifikan.

Pertumbuhan Spesifik



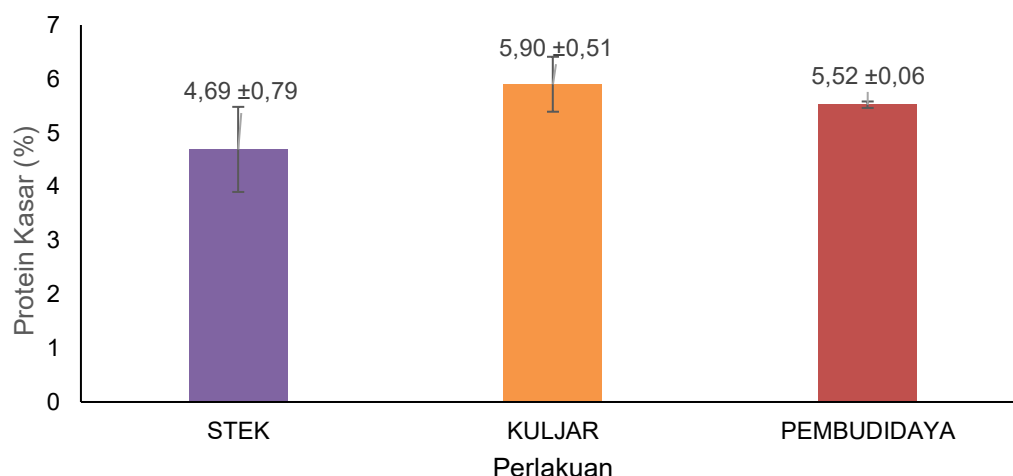
Gambar 2. Pertumbuhan spesifik rumput laut

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa perbedaan metode bibit berpengaruh nyata terhadap laju pertumbuhan spesifik ($p < 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa kecepatan pertumbuhan harian rumput laut dipengaruhi oleh kualitas dan asal bibit yang digunakan.

Nilai laju pertumbuhan spesifik (SGR) (Gambar 2) menunjukkan pola yang serupa dengan pertumbuhan mutlak. Perlakuan B (stek vegetatif) menghasilkan nilai SGR tertinggi yaitu 2,44% per hari, diikuti perlakuan C (kultur jaringan) sebesar 1,77% per hari, dan perlakuan A (budidaya) sebesar 1,43% per hari. Tingginya SGR pada stek vegetatif diduga karena bibit berasal dari bagian ujung thallus yang masih muda dan memiliki jaringan meristem yang aktif. Jaringan meristematik pada bagian apikal thallus memiliki aktivitas pembelahan dan pemanjangan

sel yang tinggi, sehingga mempercepat akumulasi biomassa harian. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh (Makmur et al., 2016) yang menyatakan bahwa penggunaan bibit dari bagian thallus muda memberikan laju pertumbuhan harian yang lebih tinggi dibandingkan bagian thallus tua.

Kondisi fisiologis bibit memegang peranan penting dalam menentukan keberhasilan pertumbuhan rumput laut. Bibit yang sehat, segar, dan tidak terpapar epifit memiliki kemampuan fotosintesis serta metabolisme yang lebih optimal, sehingga dapat meningkatkan laju pertambahan bobot harian. (Novandi et al., 2022) melaporkan bahwa proses seleksi bibit sebelum penanaman memberikan pengaruh signifikan terhadap laju pertumbuhan dan produksi *Kappaphycus alvarezii*.

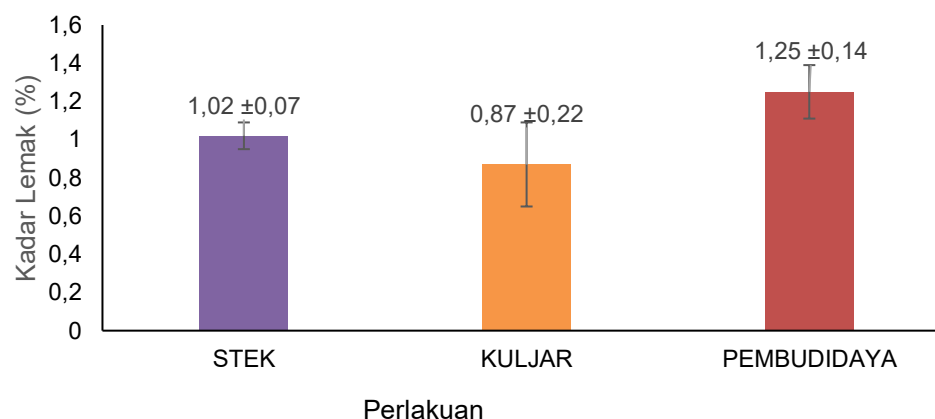


Gambar 3. Hasil protein kasar

Hasil penelitian pengaruh asal bibit rumput laut *K. alvarezii* terhadap metabolit primer terlihat pada kadar protein kasar pada rumput laut menunjukkan variasi pada setiap perlakuan sumber bibit. Perlakuan kultur jaringan (Kuljar) menunjukkan nilai protein kasar tertinggi yaitu sebesar $5,90 \pm 0,51\%$, diikuti oleh perlakuan pembudidaya sebesar $5,52 \pm 0,06\%$, sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan stek vegetatif (Stek) yaitu sebesar $4,69 \pm 0,79\%$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sumber bibit dari kultur jaringan cenderung menghasilkan kandungan protein yang lebih tinggi dibandingkan dengan bibit yang berasal dari pembudidaya maupun stek vegetatif. Tingginya kandungan protein pada perlakuan kultur jaringan diduga berkaitan dengan kondisi

pertumbuhan yang lebih terkontrol serta kualitas bibit yang lebih seragam sehingga proses metabolisme dan sintesis protein dapat berlangsung lebih optimal.

Perbedaan kadar protein tersebut menunjukkan bahwa asal bibit dapat mempengaruhi kualitas nutrisi organisme yang dihasilkan, termasuk kandungan protein. Bibit yang berasal dari sumber yang berbeda umumnya memiliki kondisi fisiologis, kualitas genetik, serta kemampuan adaptasi yang berbeda terhadap lingkungan pemeliharaan. Perbedaan karakteristik tersebut dapat mempengaruhi proses metabolisme dan pembentukan jaringan tubuh yang berhubungan dengan kandungan protein.

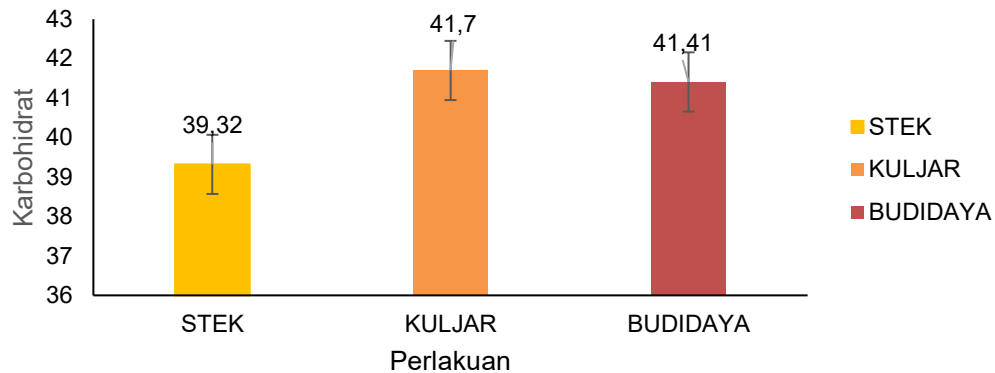


Gambar 4. Kadar lemak

Berdasarkan hasil penelitian (Gambar 4) diketahui bahwa kadar lemak rumput laut berbeda pada setiap perlakuan asal bibit. Perlakuan pembudidaya menunjukkan nilai kadar lemak tertinggi yaitu $1,25 \pm 0,14\%$, diikuti oleh perlakuan stek sebesar $1,02 \pm 0,07\%$, sedangkan kadar lemak terendah terdapat pada perlakuan kuljar yaitu $0,87 \pm 0,22\%$. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan stek tidak berbeda nyata dengan kuljar maupun pembudidaya sedangkan perlakuan kuljar berbeda nyata dengan perlakuan pembudidaya.

Perbedaan kadar lemak tersebut diduga dipengaruhi oleh asal bibit dan kondisi fisiologis rumput laut selama proses budidaya. Bibit yang berasal dari

pembudidaya umumnya telah beradaptasi dengan kondisi lingkungan perairan sehingga memiliki kemampuan metabolisme yang lebih baik dalam mensintesis komponen nutrisi, termasuk lemak. Kadar lemak pada rumput laut umumnya relatif rendah dibandingkan komponen nutrisi lainnya. Khotijah, Irfan, dan Muchdar (2020) menjelaskan bahwa rumput laut *Kappaphycus alvarezii* memiliki komposisi kimia yang terdiri atas air, protein, karbohidrat, serat kasar, mineral, dan lemak dalam jumlah yang relatif kecil. Variasi kandungan lemak tersebut dapat dipengaruhi oleh faktor umur panen, lokasi budidaya, serta metode pengolahan bahan baku.

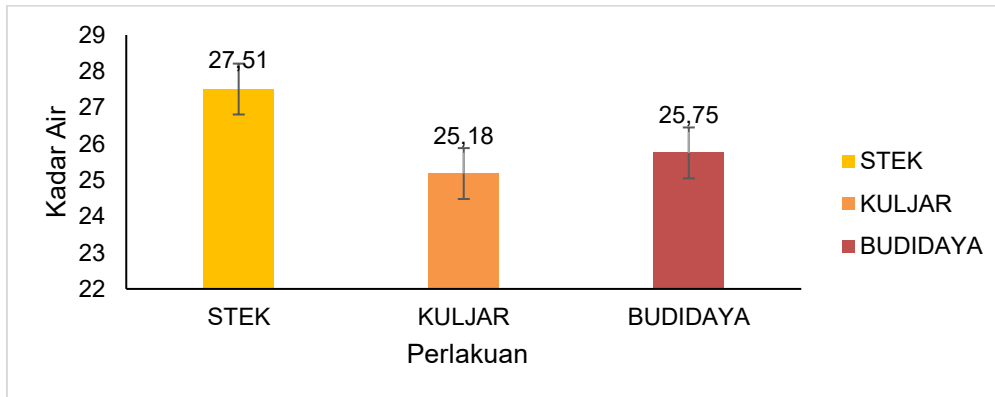


Gambar 5. Hasil karbohidrat

Berdasarkan grafik kadar karbohidrat (Gambar 5) pada setiap perlakuan asal bibit diperoleh nilai yang berbeda antar perlakuan. Perlakuan Kuljar menghasilkan kadar karbohidrat tertinggi yaitu 41,7%, sedangkan Budidaya memiliki kadar karbohidrat sebesar 41,41%, dan Stek sebesar 39,32%. Nilai kadar karbohidrat pada perlakuan Budidaya (41,41%) yang mendekati nilai Kuljar menunjukkan bahwa bibit dari sumber pembudidaya, yang kemungkinan besar juga berasal dari keturunan bibit unggul atau hasil seleksi sebelumnya, memiliki kapasitas metabolik yang relatif sebanding dalam mensintesis karbohidrat.

Sebaliknya, kadar karbohidrat yang sedikit lebih rendah pada perlakuan Stek (39,32%) diduga berkaitan dengan alokasi energi dan hasil metabolisme yang lebih banyak diarahkan untuk pemeliharaan jaringan (maintenance) dan

penyimpanan mineral (sebagaimana tercermin pada kadar abu yang lebih tinggi), dibandingkan untuk sintesis dan akumulasi karbohidrat baru. Karbohidrat merupakan komponen utama penyusun rumput laut, terutama dalam bentuk polisakarida seperti karaginan yang berperan sebagai cadangan energi dan komponen struktural sel. Perbedaan nilai rata-rata yang diperoleh diduga lebih dipengaruhi oleh variasi biologis maupun faktor lingkungan selama proses budidaya. Hal ini sejalan dengan pendapat Syahrin *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa karakteristik fisikokimia rumput laut, termasuk kandungan polisakarida, sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan umur panen selama proses budidaya.



Gambar 6. Hasil Kadar air

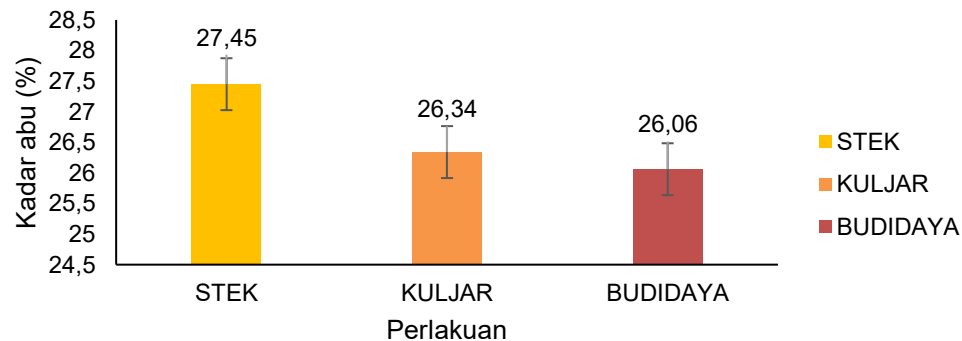
Berdasarkan hasil analisis kadar air (Gambar 6) pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii*, diperoleh nilai yang berbeda pada setiap perlakuan. Perlakuan Stek memiliki kadar air tertinggi yaitu 27,51%, diikuti oleh Pembudidaya sebesar 25,75%, sedangkan Kuljar memiliki kadar air terendah yaitu 25,18%. Nilai kadar air yang relatif tinggi pada perlakuan Stek (27,51%) diduga berkaitan dengan struktur jaringan thallus yang lebih matang dan memiliki kapasitas hidrasi (*water holding capacity*) yang lebih besar, karena thallus dari stek vegetatif umumnya berasal dari bagian tanaman yang sudah berkembang penuh sehingga jaringan intraselulernya lebih banyak menyimpan cairan.

Kadar air merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas rumput laut karena berhubungan dengan stabilitas bahan selama penyimpanan dan ketahanan terhadap kerusakan mikrobiologis. Nilai kadar air yang relatif rendah pada penelitian ini menunjukkan

bahwa proses pengeringan sampel kemungkinan dilakukan secara optimal sehingga kadar air pada setiap perlakuan menjadi relatif seragam. Penelitian mengenai komposisi kimia rumput laut *Kappaphycus alvarezii* juga melaporkan bahwa kadar air pada rumput laut kering umumnya berada pada kisaran rendah setelah proses pengeringan, yang bertujuan untuk meningkatkan daya simpan bahan tersebut (Khotijah *et al.*, 2020).

Perbedaan nilai kadar air antar perlakuan yang tidak signifikan juga dapat disebabkan oleh kondisi lingkungan dan perlakuan pascapanen yang relatif sama. Faktor-faktor seperti metode pengeringan, suhu, lama pengeringan, serta kondisi penyimpanan dapat mempengaruhi kandungan air dalam jaringan rumput laut. Selain itu, rumput laut diketahui memiliki kemampuan menyerap dan mempertahankan air dalam jaringan talusnya karena struktur polisakarida yang terdapat pada dinding selnya. Komponen seperti karagenan pada *Kappaphycus alvarezii* memiliki sifat hidrofilik

yang dapat mengikat air, sehingga kadar air (Rhein-Knudsen *et al.*, 2021).
pada rumput laut cenderung stabil meskipun berasal dari metode budidaya yang berbeda



Gambar 7. Hasil kadar abu

Berdasarkan hasil analisis kadar abu pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii*, diperoleh nilai kadar abu yang relatif berbeda pada setiap perlakuan, namun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (Gambar 10). Perlakuan Stek memiliki kadar abu tertinggi yaitu 27,45%, diikuti oleh Kuljar sebesar 26,34%, sedangkan Kuljar memiliki kadar abu terendah yaitu 26,06%. Hasil analisis (Anova) menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kadar abu ($P>0,05$). Tidak adanya perbedaan yang signifikan antarperlakuan ($P>0,05$) mengindikasikan bahwa metode perbanyakan bibit (asal genetik/vegetatif) bukan merupakan faktor utama yang menentukan kandungan mineral pada thallus rumput laut.

Kadar abu merupakan indikator jumlah mineral anorganik yang terkandung dalam bahan pangan atau biomassa setelah proses pembakaran pada suhu tinggi. Pada rumput laut, kandungan mineral umumnya cukup tinggi karena organisme ini mampu menyerap berbagai unsur mineral dari lingkungan perairan seperti kalsium (Ca), natrium (Na), kalium (K), dan besi (Fe).

Nilai kadar abu yang tinggi pada rumput laut juga telah dilaporkan dalam beberapa penelitian sebelumnya. Sebagai contoh, penelitian mengenai komposisi nutrisi *K. alvarezii* menunjukkan bahwa rumput laut ini memiliki kandungan abu sekitar 22,5% dari berat kering, yang mencerminkan tingginya kandungan mineral dalam jaringan rumput laut tersebut.

Kandungan Metabolit Sekunder

Makroalga atau rumput laut merupakan organisme laut yang diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif yang memiliki potensi besar dalam bidang pangan, kesehatan, dan farmasi. Senyawa bioaktif tersebut umumnya termasuk dalam kelompok metabolit sekunder yang dihasilkan oleh organisme sebagai bentuk adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang dinamis di perairan laut. Selain itu, keberadaan dan konsentrasi metabolit sekunder pada makroalga sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan tempat organisme tersebut tumbuh, seperti intensitas cahaya, suhu, nutrien, serta kondisi ekologi

perairan. Hasil uji fitokimia pada tiga jenis sampel rumput laut menunjukkan bahwa hanya senyawa fenol yang terdeteksi pada seluruh sampel, sedangkan flavonoid, alkaloid, dan terpenoid tidak terdeteksi Tabel 3. Sampel rumput laut kultur jaringan menunjukkan hasil positif kuat (++), sedangkan sampel pembudidaya dan stek vegetatif menunjukkan hasil positif lemah (+). Hal ini menunjukkan bahwa kandungan senyawa fenolik pada rumput laut kultur jaringan lebih tinggi dibandingkan dua jenis sampel lainnya.

Uji Fitokimia Rumput Laut Berdasarkan Sumber Sampel

Tabel 1. Hasil uji fitokimia rumput laut

No	Parameter	Kultur Jaringan	Pembudidaya	Stek Vegetatif
1	Flavonoid	-	-	-
2	Fenolik	++	+	+
3	Alkaloid	-	-	-
4	Terpenoid	-	-	-

Keterangan: (+) Positif lemah; (++) Positif kuat; (+++) Sangat kuat; (-) Tidak terdeteksi.

Berdasarkan hasil uji fitokimia pada metabolit sekunder yang terdeteksi pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii* hanyalah senyawa fenol. Senyawa ini ditemukan pada seluruh sumber sampel yang diuji, yaitu kultur jaringan, pembudidaya, dan stek vegetatif. Intensitas reaksi menunjukkan hasil positif kuat (++) pada sampel kultur jaringan, sedangkan pada sampel yang berasal dari pembudidaya dan stek vegetatif menunjukkan hasil positif lemah (+). Hal ini menunjukkan bahwa kandungan fenol terdapat pada semua sumber sampel, namun dengan tingkat konsentrasi yang berbeda.

Rumput laut *Kappaphycus alvarezii* diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti fenol, flavonoid, dan senyawa metabolit lainnya yang berpotensi dimanfaatkan dalam bidang pangan, farmasi, maupun kesehatan (Marhaeny *et al.*, 2024).

Penelitian internasional juga menunjukkan bahwa makroalga merah seperti *Kappaphycus alvarezii* mengandung berbagai komponen fitokimia yang memiliki aktivitas biologis penting. Das *et al.* (2023) melaporkan bahwa ekstrak *Kappaphycus alvarezii* mengandung senyawa fenolik yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan dan antimikroba. Senyawa fenol bekerja dengan cara mendonorkan atom hidrogen atau elektron untuk menetralkan radikal bebas sehingga mampu melindungi sel dari kerusakan yang disebabkan oleh stres oksidatif. Selain aktivitas antioksidan, senyawa bioaktif

yang terdapat pada *Kappaphycus alvarezii* juga diketahui memiliki aktivitas antibakteri.

Tingkat intensitas fenol yang lebih tinggi pada sampel kultur jaringan dibandingkan dengan sampel pembudidaya dan stek vegetatif diduga berkaitan dengan kondisi pertumbuhan yang lebih terkontrol pada sistem kultur jaringan. Kondisi lingkungan yang stabil serta ketersediaan nutrisi yang cukup memungkinkan metabolisme sel berlangsung lebih optimal sehingga dapat meningkatkan produksi metabolit sekunder tertentu.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, asal bibit *Kappaphycus alvarezii* berpengaruh signifikan terhadap kandungan protein dan lemak, tetapi tidak terhadap karbohidrat. Bibit hasil kultur jaringan menghasilkan kadar protein dan kandungan fenol tertinggi, sedangkan kadar lemak tertinggi ditemukan pada bibit dari pembudidaya. Senyawa metabolit sekunder yang terdeteksi pada seluruh perlakuan adalah fenol. Dengan demikian, bibit hasil kultur jaringan berpotensi meningkatkan kualitas biologis *K. alvarezii*, khususnya dalam produksi protein dan senyawa fenolik.

DAFTAR PUSTAKA

Andriyani, W. M., Komarudin, U., & Dwiyanto, F. S. (2019). Dampak sosial ekonomi pengembangan budidaya rumput laut kultur jaringan di Desa Agel, Kabupaten Situbondo. *Jurnal Penyuluhan*

- Perikanan dan Kelautan*, 13(3), 243–263.
- Cokrowati, N., Diniarti, N., Setyowati, D. N., & Mukhlis, A. (2020). Pertumbuhan rumput laut lokal dan rumput laut hasil kultur jaringan: *Performance growth of local and tissue culture seaweed Kappaphycus alvarezii*. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(1), 61–65.
- Das, D., Arulkumar, A., Paramasivam, S., Lopez-Santamarina, A., Mondragon, A. C., & Miranda, J. M. (2023). Phytochemical constituents, antimicrobial properties and bioactivity of marine red seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) and seagrass (*Cymodocea serrulata*). *Foods*, 12(14), 2811. <https://doi.org/10.3390/foods12142811>
- Fadilah, S., & Pratiwi, D. A. (2020). Peningkatan pertumbuhan rumput laut *Halymenia* sp. melalui penentuan jarak tanam rumpun. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 22(1).
- Hermund, D. B. (2018). Antioxidant properties of seaweed-derived substances. In *Bioactive Seaweeds for Food Applications*. Elsevier Inc.
- Khotijah, S., Irfan, M., & Muchdar, F. (2020). Nutritional composition of seaweed *Kappaphycus alvarezii*. *Agrikan Jurnal Agribisnis Perikanan*. <https://doi.org/10.52046/agrikan.v13i2.845>
- Marhaeny, A., Pramesti, R., & Suryono. (2024). Senyawa bioaktif *Kappaphycus alvarezii* sebagai antibakteri. *Journal of Marine Research*, 13(1). <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i1.40459s>
- Mohammad, S. M., Razali, S. F. M., Mohamad Rozaiman, N. H. N., Laizani, A. N., & Zawawi, N. (2019). Application of seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) in Malaysian food products. *International Food Research Journal*, 26(2), 1677–1687.
- Nuslan, Ola, L. O. La, & Riani, I. (2019). Strategi Pemasaran Rumput Laut Menuju Keberlanjutan Usaha Dan Keuntungan (Studi Kasus Desa Langere Kecamatan Bonegunu Kabupaten Buton Utara). *J. Sosial Ekonomi Perikanan FPIK UHO*, 4(2), 155–160.
- Parenrengi, A., Dworjany, S., Syah, R., Pong-Masak, P. R., & Fahrur, M. (2020). Strain selection for growth enhancement of wild and cultivated eucheumatoid seaweed species in Indonesia. *Sains Malaysiana*, 49(10), 2453–2464.
- Ridhowati, S., & Asnani. (2016). Potensi anggur laut kelompok *Caulerpa racemosa* sebagai kandidat sumber pangan fungsional Indonesia. *Oseana*, 41(4), 50–62.
- Rhein-Knudsen, N., Ale, M. T., & Meyer, A. S. (2021). Seaweed hydrocolloid production: An update on enzyme-assisted extraction and modification technologies. *Marine Drugs*, 19(6), 316. <https://doi.org/10.3390/md19060316>
- Simatupang, N.F., P.R. Pong-Mask, P. Ratnawati, Agusman, N.A. Paul, & M.A. Rimmer. 2021. Growth and product quality of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* from different farming location in Indonesia. *Aquaculture reports*, 20, 1–8.
- Sugumaran, R., Padam, B. S., Yong, W. T. L., Saallah, S., Ahmed, K., & Yusof, N. A. (2022). A Retrospective Review of Global Commercial Seaweed

Production—Current Challenges, Biosecurity and Mitigation Measures and Prospects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(12).
<https://doi.org/10.3390/ijerph19127087>

Syahrin, M., Asikin, N., Irawan, I., Zuraida, I., & Diachanty, S. (2025). Physicochemical characteristics of carrageenan from *Kappaphycus alvarezii* based on different harvest ages. *Food Scientia: Journal of Science and Technology*.
<https://doi.org/10.33830/fsj.v5i1.9670>

Wulandari, N. S., Pramesti, R., & Susanto, A. B. (2019). Analisis Parameter Fisika dan Kimia Karaginan *Kappaphycus alvarezii*.