Penerapan Biosecurity Dalam Menekan Kemunculan Penyakit Ice-Ice Pada Budidaya Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*)

Application Of Biosecurity To Suppress The Occurrence Of Ice-Ice Disease In Seaweed (Kappaphycus alvarezii) Cultivation

Yohanes Molo*[1], Yuliana Saloso[1], Asriati Djonu[1]

[1]Universitas Nusa Cendana Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Peternakan Kelautan Dan Perikanan, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto, Penfui, Kecamatan Maulafa, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur 85001, Indonesia.

*Korespondensi email: yohanesmolo23@gmail.com

Abstrak. Penerapan biosecurity melalui pengelolaan lingkungan budidaya dan pemeliharaan kebersihan thallus secara berkala menjadi salah satu upaya pencegahan penyakit ice ice. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh penerapan biosecurity terhadap kejadian penyakit ice-ice, pertumbuhan, dan kandungan karagenan *K. alvarezii*. Penelitian dilaksanakan selama 45 hari di perairan Kelapa Lima, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur, menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga perlakuan dan tiga ulangan, yaitu biosecurity penuh (P1), setengah biosecurity (P2), dan tanpa biosecurity (P3). Variabel yang diamati meliputi prevalensi penyakit ice-ice, pertumbuhan berat mutlak, kandungan karagenan, dan kualitas air. Data dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa prevalensi penyakit ice-ice mencapai 0% pada seluruh perlakuan. Penerapan biosecurity berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap pertumbuhan rumput laut, dengan pertumbuhan berat mutlak tertinggi pada P1 sebesar 447,33±51,29 g, diikuti P2 sebesar 167,00±7,55 g dan P3 sebesar 141,67±7,09 g. Kandungan karagenan tertinggi diperoleh pada P2 sebesar 28,976%, diikuti P1 sebesar 24,668% dan P3 sebesar 21,802%. Kualitas air selama penelitian berada pada kisaran yang mendukung pertumbuhan rumput laut. Penerapan biosecurity penuh efektif meningkatkan pertumbuhan *K.alvarezii*, sedangkan biosecurity setengah menghasilkan kandungan karagenan tertinggi tanpa ditemukannya penyakit ice-ice pada seluruh perlakuan.

Kata Kunci: Biosecurity, Ice-ice, *Kappaphycus alvarezii*, Karagenan, Pertumbuhan

Abstract The application of biosecurity through cultivation environment management and regular maintenance of thallus cleanliness is one approach to preventing ice ice disease. This study aimed to evaluate the effects of biosecurity application on the occurrence of ice-ice disease, growth, and carrageenan content in K. alvarezii. The study was conducted over 45 days in the waters of Kelapa Lima, Kupang City, East Nusa Tenggara, Indonesia, using a Randomized Block Design (RBD) with three treatments and three replications: full biosecurity (P1), partial biosecurity (P2), and no biosecurity (P3). The observed variables included ice-ice disease prevalence, absolute weight growth, carrageenan content, and water quality. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA). The results showed that ice-ice disease prevalence was 0% across all treatments. Biosecurity application had a significant effect ($P < 0.05$) on seaweed growth, with the highest absolute weight growth recorded in P1 at 447.33 ± 51.29 g, followed by P2 at 167.00 ± 7.55 g and P3 at 141.67 ± 7.09 g. The highest carrageenan content was obtained in P2 at 28.976%, followed by P1 at 24.668% and P3 at 21.802%. Water quality parameters throughout the study remained within ranges suitable for seaweed growth. Full biosecurity application was effective in improving the growth of K. alvarezii, whereas partial biosecurity resulted in the highest carrageenan content, with no ice-ice disease detected in any treatment.

Keywords: Biosecurity, carrageenan, Kappaphycus alvarezii, ice-ice disease, seaweed growth.

Pendahuluan

Provinsi Nusa Tenggara Timur merupakan salah satu daerah penghasil rumput laut terbesar di Indonesia (DJBP KKP, 2014). Wilayah ini memiliki potensi lahan budidaya rumput laut seluas 15.141,73 ha, dan 64.095 orang membudidayakan rumput laut di 21 kabupaten (Perindag, 2014). *Kappaphycus alvarezii* adalah salah satu spesies rumput laut paling populer yang ditemukan di perairan NTT (Maufa *et al*., 2023).

Rumput laut *K. alvarezii* merupakan komoditas unggulan pada sektor kelautan dan perikanan yang memiliki nilai ekonomis tinggi karena kandungan karaginan yang dapat digunakan sebagai bahan baku industri makanan, kosmetik, farmasi, dan lain-lain. Meningkatnya permintaan industri terhadap karaginan menyebabkan kebutuhan terhadap *K. alvarezii* terus meningkat (Afandi & Musadat, 2018). Teknologi produksinya yang mudah dan biaya produksi yang relatif rendah menjadikan rumput laut ini banyak dibudidayakan oleh masyarakat pesisir (Ikhsan *et al*., 2022).

Salah satu penyakit utama yang sering menyerang budidaya *K. alvarezii* adalah penyakit ice-ice. Penyakit ini ditandai dengan perubahan warna thallus menjadi putih, jaringan menjadi rapuh, dan akhirnya menyebabkan kematian tanaman (Largo *et al*., 1995). Penyakit ice-ice disebabkan oleh interaksi kompleks antara faktor lingkungan, mikroorganisme patogen, dan kondisi fisiologis rumput laut (Vairappan *et al*., 2008). Dampak serangan penyakit ini dapat menyebabkan kerugian ekonomi hingga 80% dari total produksi pada musim tertentu (Yulianto *et al*., 2017).

Biosekuriti merupakan serangkaian tindakan preventif yang diterapkan untuk mencegah masuk dan menyebarnya penyakit pada sistem budidaya perairan, termasuk budidaya rumput laut (Sukenda, 2017). Penerapan biosekuriti meliputi pemilihan lokasi bebas penyakit, penggunaan bibit sehat, sanitasi alat dan media, serta pengawasan faktor eksternal yang dapat membawa agen penyakit (Hurtado et al., 2019). Studi awal menunjukkan bahwa penerapan biosekuriti dapat menurunkan insiden penyakit dan meningkatkan produktivitas budidaya (Azanza & Ask, 2017). Salah satu cara meminimalisir penyakit ice-ice adalah penggunaan air tawar, yang didasarkan pada prinsip osmoregulasi sehingga diharapkan mampu mengurangi kolonisasi bakteri pathogen maupun organisme yang menempel pada rumput laut (Fadli *et al*., 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan biosecurity pada budidaya *K. alvarezii* berdasarkan tingkat kemunculan penyakit *ice-ice*, pertumbuhan berat mutlak, dan kandungan karagenan. Temuan penelitian diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah dalam pengembangan strategi

budidaya yang mampu meningkatkan kesehatan, pertumbuhan, dan kualitas rumput laut secara berkelanjutan.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2025 hingga Januari 2026 di Kelapa Lima, Kecamatan Kota Lama, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur. Analisis kadar karagenan dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Nusa Cendana. Alat yang digunakan meliputi tali ris, tali jangkar, pelampung, pemberat, bambu, penggaris/meteran, kamera, alat tulis, thermometer, pH meter, dan refraktometer. Bahan penelitian terdiri dari bibit rumput laut *K. alvarezii* sebagai objek penelitian dan air laut sebagai media tumbuh.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 3 perlakuan dan 3 ulangan, sehingga terdapat 9 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdiri dari 3 tali ris dengan panjang 10 meter, dan terdapat 10 titik tanam dengan jarak 20 cm antar titik. Bobot awal bibit yang digunakan adalah 50 g per ikatan. Perlakuan dalam penelitian adalah:

P1 = Biosecurity penuh (dibersihkan dengan air tawar setiap 3 hari)

P2 = Setengah biosecurity (dibersihkan tanpa air tawar setiap 3 hari)

P3 = Tanpa perlakuan (tidak dilakukan pengontrolan sama sekali)

Bibit *K. alvarezii* dipilih berdasarkan kriteria sehat, berwarna cerah, tidak terdapat luka atau gejala penyakit, serta memiliki thallus segar. Bibit dibersihkan dari kotoran, lumut laut menggunakan air tawar. Selanjutnya bibit diikatkan pada tali ris menggunakan metode *longline* dengan jarak tanam 20 cm antar ikatan. Pemeliharaan dilakukan selama 45 hari dengan mekanisme: (a) P1—rumput laut dibersihkan dengan air tawar untuk menghilangkan epifit dan organisme pengganggu setiap 3 hari; (b) P2—rumput laut dibersihkan langsung tanpa air tawar setiap 3 hari; (c) P3—rumput laut tidak diberikan perlakuan pembersihan dan dibiarkan secara alami. Penimbangan bobot rumput laut dilakukan setiap 11 hari sekali menggunakan timbangan digital.

Parameter Yang Diamati

Prevalensi Penyakit Ice Ice

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah prevalensi penyakit ice-ice. Pengamatan terhadap prevalensi penyakit *ice-ice* dilakukan untuk mengetahui persentase rumput laut yang menunjukkan gejala infeksi selama periode penelitian. Nilai prevalensi dihitung dengan membandingkan jumlah sampel yang terinfeksi terhadap keseluruhan sampel yang diamati, kemudian dinyatakan dalam bentuk persentase. Berikut adalah rumus Perhitungan prevalensi penyakit ice ice menurut Safia (2021):

$$P = \frac{\textit{Jumlah sampel yang terinfeksi}}{\textit{Total Jumlah Sampel}} x\ 100\%$$

Pertumbuhan Berat Mutlak:

Pertumbuhan mutlak merupakan pertambahan berat (g) dengan menghitung selisih antara berat akhir dengan berat awal rumput laut (Andis *et al*., 2021). Berikut adalah rumus untuk mengukur pertumbuhan berat mutlak :

$$W = Wt – Wo$$

Ket : W = pertumbuhan mutlak; Wt = berat basah akhir; Wo = berat basah awal.

Kadar karagenan :

Rumput laut mengandung senyawa hidrokoloid yang dikenal sebagai karagenan. Berdasarkan struktur kimia dan karakteristiknya, karagenan dibedakan menjadi tiga kelompok utama, yaitu kappa, iota, dan lambda. (Kurniawati *et al*., 2024). Pengukuran persentase kandungan karagenan rumput laut digunakan rumus sebagai berikut :

Karagenan (%) = (berat serat karagenan / berat sampel) × 100%

Kualitas air :

Kualitas air yang diukur meliputi suhu (thermometer), pH (pH meter), dan salinitas (refraktometer) secara rutin selama penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Prevalensi Penyakit Ice-Ice

Berdasarkan hasil penelitian selama 45 hari budidaya *K. alvarezii* di Kelapa Lima dengan tiga perlakuan, tidak ditemukan tanda-tanda penyakit ice-ice pada seluruh unit percobaan. Hasil pengamatan lapangan menunjukkan tidak ada gejala khas seperti pemutihan thallus, pelunakan jaringan, kerutan ujung cabang, atau lendir yang biasanya terjadi ketika infeksi sekunder berlangsung. Kondisi ini menghasilkan nilai prevalensi sebesar 0% pada setiap perlakuan.

Cuaca ekstrem selama penelitian berupa gelombang tinggi dan arus kuat menyebabkan kerusakan fisik pada sebagian thallus. Kerusakan tersebut bersifat mekanis dan berbeda secara karakteristik dengan gejala ice-ice: pada kerusakan mekanis, jaringan yang rusak tetap menunjukkan warna normal, sedangkan pada ice-ice kerusakan diawali dengan perubahan warna menjadi putih transparan, jaringan menjadi lunak, kemudian rapuh dan terputus.

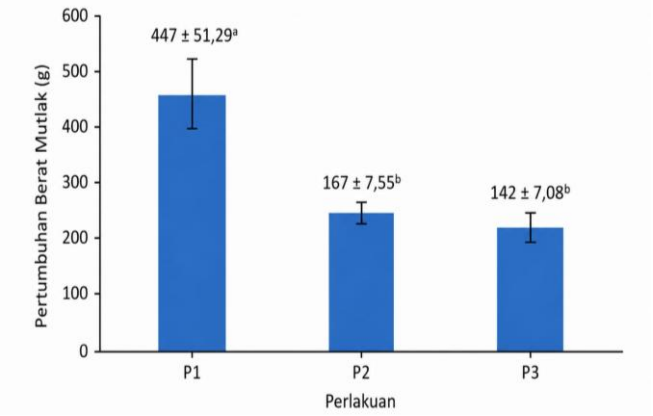
Tidak ditemukannya gejala penyakit ice-ice seperti pemutihan tallus selama 45 hari pemeliharaan pada seluruh perlakuan mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan perairan di lokasi penelitian masih berada dalam kisaran toleransi ekologis bagi *K. alvarezii*. Prevalensi 0% pada semua perlakuan menunjukkan bahwa faktor pemicu penyakit ice-ice tidak hadir secara signifikan selama periode pengamatan. Penyakit ice-ice umumnya dipicu oleh interaksi kompleks antara tekanan lingkungan dan infeksi sekunder patogen (Vairappan *et al*., 2008). Ketiadaan pemicu tersebut menyebabkan efektivitas komparatif antar perlakuan biosecurity tidak dapat dievaluasi secara langsung dari parameter prevalensi.

Kondisi ini diperkuat oleh hasil pengukuran kualitas air yang menunjukkan bahwa suhu, pH, dan salinitas masih berada dalam kisaran optimal selama penelitian. Kualitas air merupakan faktor penentu utama dalam menentukan apakah kondisi lingkungan berpotensi memicu kemunculan ice-ice (Erwansyah et al., 2021). Parameter yang stabil selama penelitian meminimalkan risiko stres fisiologis pada thallus yang menjadi pintu masuk infeksi sekunder. Penelitian Sihite *et al*. (2025) memperkuat temuan ini bahwa monitoring kualitas air secara rutin merupakan bagian penting dari pendekatan biosecurity.

Tidak ditemukannya penyakit *ice-ice* selama penelitian yang dilaksanakan pada periode Desember - Januari diduga dipengaruhi oleh kondisi musim hujan yang relatif lebih stabil, sehingga tidak menyebabkan tekanan lingkungan yang berarti pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii*, menurut maryunus (2018) menyatakan bahwa penyakit *ice-ice* lebih banyak muncul pada kondisi lingkungan yang tidak stabil, terutama pada musim kemarau atau peralihan musim yang ditandai dengan peningkatan suhu, perubahan salinitas, serta keterbatasan nutrien yang memicu stres pada rumput laut kerusakan fisik thallus akibat gelombang tinggi dan arus kuat tetap terjadi. Kerusakan ini dikategorikan sebagai *mechanical damage*, bukan manifestasi penyakit, karena tidak diawali dengan perubahan warna atau pelunakan jaringan sebagaimana karakteristik ice-ice yang dijelaskan Burhanuddin *et al*. (2019). Hal ini menegaskan bahwa manajemen risiko budidaya perlu mempertimbangkan tidak hanya aspek biosecurity terhadap penyakit, tetapi juga mitigasi risiko terhadap faktor fisik lingkungan yang ekstrem.

Pertumbuhan Mutlak

Pertumbuhan Berat Mutlak *K. Alvarezii* dapat dilihat pada gambar berikut :



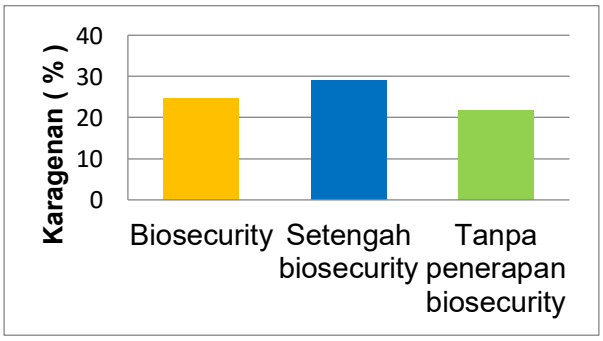
Gambar 1. Pertumbuhan Berat Mutlak *Kappaphycus Alvarezii*

Berdasarkan Gambar 1, perlakuan P1 menunjukkan pertumbuhan mutlak tertinggi sebesar 447 ± 51,29 g dan berbeda nyata dengan perlakuan P2 sebesar 167 ± 7,55 g serta P3 sebesar 142 ± 7,09 g. Sementara itu, perlakuan P2 dan P3 tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, sehingga dapat disimpulkan bahwa penerapan biosecurity penuh pada P1 memberikan hasil pertumbuhan mutlak terbaik dibandingkan perlakuan lainnya.Tingginya pertumbuhan berat mutlak pada P1 mengindikasikan bahwa

pembersihan dengan air tawar setiap 3 hari secara efektif mengurangi akumulasi epifit (alga/lumut laut) yang dapat menghambat penyerapan nutrien dan proses fotosintesis. Fadli *et al*. (2021) menjelaskan bahwa perlakuan air tawar didasarkan pada prinsip osmoregulasi, sehingga mampu mengurangi stress yang di akibatkan oleh organisme pengganggu dan potensi kolonisasi bakteri patogen. Arisandi (2018) menyatakan bahwa organisme (epifit) laut mampu tumbuh pada hampir seluruh kisaran salinitas air laut, sehingga pembersihan hanya dengan air laut tidak memberikan efek penekanan yang signifikan. Kondisi thallus yang bersih pada P1 mendukung proses fisiologis seperti fotosintesis, penyerapan nutrien, dan pembelahan sel secara optimal (Syahrul *et al*., 2023).

Kadar Karagenan

Kadar Karagenan *Kappaphycus alvarezii* pada Setiap Perlakuan Biosecurity dapat di lihat pada gambar berikut



Gambar 2. Kadar Karagenan *Kappaphycus Alvarezii*

Berdasarkan hasil uji laboratorium menggunakan metode ekstraksi alkali panas, diperoleh kadar karagenan tertinggi pada P2 sebesar 28,976%, diikuti P1 sebesar 24,668%, dan P3 sebesar 21,802%. Kadar karagenan tertinggi diperoleh pada P2 sebesar 28,976%, diikuti P1 sebesar 24,668%, dan P3 sebesar 21,802%. Tingginya kadar karagenan pada P2 mengindikasikan adanya kondisi stres ringan yang memicu peningkatan sintesis polisakarida sebagai respons adaptif. Karagenan merupakan komponen utama dinding sel rumput laut merah seperti *K. alvarezii*, yang produksinya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan tingkat stres tanaman (Marseno *et al*., 2010). Lingkungan yang stabil umumnya memungkinkan alokasi energi lebih besar ke pertumbuhan, namun stres ringan dapat merangsang pembentukan karagenan yang lebih tinggi.

Perbedaan kadar karagenan antara P2 dan P3 mencapai sekitar 7,174%, menunjukkan perbedaan yang signifikan secara biologis. Rendahnya kadar karagenan pada P3 diduga karena kondisi fisiologis rumput laut yang kurang terjaga akibat tidak adanya intervensi pengelolaan budidaya. Seluruh nilai karagenan yang diperoleh berada di atas standar mutu minimum FAO, menunjukkan kualitas produk yang layak secara komersial. Widyastuti (2010) menyatakan bahwa Proses fotosintesis yang berlangsung secara optimal selama periode

pemeliharaan hingga waktu panen berkontribusi terhadap peningkatan kandungan karagenan pada thallus.

Kualitas Air

Parameter Kualitas Air Selama Penelitian dapat dilihat pada table berikut :

Parameter	Hasil Pengukuran	Nilai Standar
Suhu (°C)	29–32	26–32 (SNI 2010)
pH	7,5–7,9	7,0–8,5 (Akib et al., 2015)
Salinitas (ppt)	29–32	28–34 (SNI 2010)

Tabel 1. Parameter Kualitas Air

Suhu perairan selama penelitian berkisar 29–32°C, masih dalam batas toleransi pertumbuhan *K. alvarezii* meskipun pada beberapa waktu sedikit di atas kisaran optimal 27–30°C (Arisandi et al., 2011). Peningkatan suhu yang masih dalam batas toleransi dapat mempercepat laju metabolisme, namun apabila terlalu tinggi dapat memicu stres fisiologis dan serangan penyakit ice-ice.

Nilai pH berkisar 7,5–7,9, berada dalam kisaran ideal 7,0–8,5. pH yang stabil mendukung proses fotosintesis serta penyerapan unsur hara. Nur *et al*. (2016) menjelaskan bahwa derajat keasaman yang rendah dapat menekan pertumbuhan *K. alvarezii*. Salinitas yang terukur berkisar 29–32 ppt, dalam kisaran optimal 28–34 ppt (Burdames, 2014). Salinitas yang stabil berperan menjaga tekanan osmotik sel sehingga proses fisiologis berlangsung normal. Salinitas merupakan salah satu parameter kimia perairan yang berperan dalam memengaruhi karakteristik fisik air, terutama terkait tekanan osmotik antara jaringan rumput laut dan lingkungan sekitarnya. Kondisi tekanan osmotik yang seimbang mendukung proses penyerapan unsur hara sebagai sumber nutrisi bagi rumput laut. Ketersediaan nutrisi yang optimal akan menunjang proses fotosintesis sehingga pertumbuhan rumput laut dapat berlangsung secara maksimal (Yuliyana *et al*.,2017).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: Selama 45 hari pemeliharaan tidak ditemukan kemunculan penyakit ice-ice pada semua perlakuan dengan nilai prevalensi 0%, mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan perairan selama penelitian masih dalam kisaran optimal, Penerapan biosecurity berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik, di mana biosecurity penuh (P1) memberikan hasil terbaik dengan pertumbuhan mutlak 447 ± 51,29 g dan SGR yang terus meningkat hingga 7,43%/hari, Kadar karagenan tertinggi diperoleh pada perlakuan setengah biosecurity (P2) sebesar 28,976%, diikuti P1 sebesar 24,668%, dan P3 sebesar 21,802%, dengan seluruh nilai memenuhi standar mutu minimum FAO.

Penerapan biosecurity direkomendasikan sebagai langkah pencegahan jangka panjang sekaligus strategi peningkatan produktivitas budidaya *K. alvarezii* secara berkelanjutan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak/Ibu Dosen Pembimbing Program Studi Budidaya Perairan Universitas Nusa Cendana yang telah memberikan arahan dan motivasi. Terima kasih kepada Fakultas Peternakan, Kelautan, dan Perikanan Universitas Nusa Cendana atas dukungan fasilitas akademik. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada UPT Laboratorium Terpadu Universitas Nusa Cendana atas bantuan analisis kadar karagenan, serta kepada seluruh pembudidaya rumput laut di Kelapa Lima yang telah memberikan dukungan selama pelaksanaan penelitian.

Daftar Pustaka

Abdan, Rahman A., & Rusliani. (2013). Pengaruh jarak tanam terhadap pertumbuhan dan kandungan keragenan rumput laut (*Euchema spinosum*) menggunakan metode long line. *Jurnal Mina Laut Indonesia*, 3(12), 113–123.

Afandi, A., & Musadat, F. (2018). Analysis suitability location for seaweed culture at Kamelanta and Pulau Panjang by using geographic information system. *Jurnal Perikanan*, 2, 1–10.

Akib, A., Litaay, M., & Asnady, M. (2015). Kelayakan kualitas air untuk kawasan budidaya *Eucheuma cottoni* berdasarkan aspek fisika, kimia dan biologi di Kabupaten Kepulauan Selayar. *Jurnal Kelautan Nasional*, 1(1), 1–12.

Arisandi, A., Marsoedi, Nursyam, H., & Sartimbul, A. (2011). Kajian pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii* hasil kultur jaringan pada perlakuan suhu yang berbeda. *Jurnal Kelautan*, 4(1), 1–10.

Burhanuddin, I., Kartina, & Fitriani, R. (2019). Identifikasi bakteri pada rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) yang terinfeksi penyakit ice-ice di Kota Tarakan. *Jurnal Agroqua*, 17(2), 115–125.

Burdames, Y., & Ngangi, E. L. A. (2014). Kondisi lingkungan perairan budi daya rumput laut di Desa Arakan, Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Budidaya Perairan*, 2(3), 69–75.

Erwansyah, Cokrowati, N., & Sunaryo. (2021). Kondisi perairan Pantai Jelenga Sumbawa Barat sebagai area budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. *Aquatic Science*, 9(2), 94–98.

Fadli, N., Widyastuti, S., & Suryati, E. (2021). Kajian fungsi perendaman rumput laut *Kappaphycus alvarezii* pada air tawar untuk meminimalisir serangan penyakit ice-ice. *ResearchGate Publication*.

Ikhsan, F., Irawan, H., & Wulandari, R. (2022). Laju pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* varietas hijau dan coklat pada metode budidaya yang berbeda. *Jurnal Budidaya Perairan*, 6, 82–91.

Kambey, C. S. B., et al. (2021). Penerapan biosecurity sebagai strategi peningkatan performa pertumbuhan dan kesehatan budidaya rumput laut. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*, 12(1), 33–42.

Kasnir, M., Syarifuddin, S., & Nisaa, K. (2023). Kajian kedalaman perairan terhadap pertumbuhan dan produktivitas rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 28(3), 11–20.

Khotijah, S., Irfan, M., & Fatma, D. (2020). Komposisi nutrisi pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 13(2), 139–146.

Kurniawati, I. D. R., Oedjoe, M. D. R., & Sunadji, S. (2024). Identifikasi spesies, kandungan proksimat dan hidrokoloid di

perairan Sulamu, Kabupaten Kupang. *Jurnal Vokasi Ilmu-Ilmu Perikanan (JVIP)*, 4(2), 194.

Marseno, D. W., Pranoto, Y., & Distantina, S. (2010). Peningkatan kualitas karagenan rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 11(2), 1–10.

Maryunus, R. P. (2018). Pengendalian penyakit ice-ice korelasi musim dan manipulasi terbatas lingkungan. *Jurnal Budidaya Perairan*, 10, 1–10.

Maufa, Y. A., Oedjoe, M. D. R., & Liufeto, F. C. (2023). Respon pertumbuhan rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) terhadap limbah panas PLTU di perairan Bolok, Kabupaten Kupang. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 6(1), 121–134.

Maulani, R. K., Achmad, M., & Latama, G. (2018). Karakteristik jaringan secara histologi dari strain rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) yang terinfeksi penyakit ice-ice. *Torani Journal of Fisheries and Marine Science*, 1(1), 45–56.

Nur, A. I., Husain, S., & Patang. (2016). Pengaruh kualitas air terhadap produksi rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 2, 27–40.

Parenrengi, A., & Sulaeman. (2007). Mengenal rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. *Media Akuakultur*, 2(7), 142–146.

Safia, W. (2021). Pengaruh kedalaman penanaman rumput laut *Eucheuma cottonii* dengan metode rakit gantung terhadap prevalensi serangan penyakit ice-ice. *Aquamarine (Jurnal FPIK Unidayan)*, 8(1), 20–26.

Sihite, P. S., Prasetyo, B. A., Muklis, N., & Syari, C. (2025). Monitoring kualitas air laut di lokasi budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii* Pulau Kongsi (studi kasus: musim barat). *Jurnal Riset Kelautan Tropis (JTropimar)*, 7(1), 27–37.

Sukenda. (2017). Biosekuriti dalam sistem budidaya perairan: Konsep dan penerapan. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 16(1), 1–12.

Suryaningrum, T. D., & Sari, E. (2020). Dampak penyakit ice-ice terhadap produksi rumput laut di Indonesia. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 15(3), 210–218.

Syahrul, Supriyono, E., Nirmala, K., & Lideman. (2023). Pertumbuhan dan kinerja kualitas rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) dengan kombinasi parameter suhu dan cahaya yang berbeda. *Jurnal Budidaya Perairan*, 11(2), 1–10.

Wibowo, I. S., Santosa, G. W., & Djunaidi, A. (2020). Metode lepas dasar dengan net bag pada pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii*. *Journal of Marine Research*, 9(1), 49–54.

Widyastuti, S. (2010). Sifat fisik dan kimiawi karagenen yang diekstrak dari rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *E. spinosum* pada umur panen yang berbeda. *Agroteksos*, 20, 41–50.

Yuli Andriani, Pratama, R. I., & Aisyah. (2024). Peran faktor lingkungan dalam optimalisasi budidaya *Kappaphycus alvarezii*. *Jurnal Ilmu Perikanan*, 13(2), 60–65.

Yulianto, I., Suhendar, U., & Suryaningrum, T. D. (2017). Analisis kerugian akibat serangan penyakit ice-ice pada budidaya rumput laut. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 16(2), 123–130.

Yuliyana, A., Rejeki, S., & Widowati, L. L. (2015). Pengaruh Salinitas Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut Latoh (Caulerpa Lentillifera) Di Laboratorium Pengembangan Wilayah Pantai (Lpwp) Jepara. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, *4*(4), 61–66.