

APLIKASI FERMENTASI DAUN MANGROVE (*Avicennia marina*) DAN (*Rhizophora mucronata*) PADA PRODUKSI RUMPUT LAUT MERAH (*Kappaphycus alvarezii*) DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA

*Application of Mangrove Leaf Fermentation (*Avicennia marina*) and (*Rhizophora mucronata*) in Red Seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) Production in Nunukan, North Kalimantan*

Soenarto^{1*}, Sinar Pagi Sektiana¹, Purwanto¹, Mulyadi¹

Program Studi Teknologi Akuakultur, Politeknik Ahli Usaha Perikanan, Jalan AUP nomor 1 Pasar Minggu, Jakarta Selatan, Indonesia

^{*}Korespondensi: dhade.kkp@gmail.com

Diterima: 28 Februari 2025; Disetujui: 24 April 2025

ABSTRAK

Cairan fermentasi daun *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* merupakan metode potensial untuk mengendalikan penyakit ice-ice dan mempercepat pertumbuhan rumput laut merah. Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara, dari bulan Februari hingga Mei 2024, dengan menggunakan metode eksperimen yaitu dengan percobaan skala di lapangan menggunakan jenis spesies rumput laut merah (*Kappaphycus alvarezii*). Rancangan Acak Lengkap digunakan pada penelitian ini, dimana tanpa perendaman cairan fermentasi sebagai kontrolnya, simbol A digunakan untuk perendaman rumput laut dengan cairan fermentasi *Avicennia marina*, simbol B untuk yang menggunakan *Rhizophora mucronata*, dan simbol C yang menggunakan *Avicennia marina* 50% dan *Rhizophora mucronata* 50%. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan memberikan cairan fermentasi daun mangrove (*Avicennia marina*) dan (*Rhizophora mucronata*) pada budidaya rumput laut dapat disimpulkan pemberian cairan *Avicennia marina* berpengaruh sangat signifikan dibandingkan dengan pemberian cairan *Rhizophora mucronata*.

Kata kunci: rumput laut merah, daun mangrove, pertumbuhan.

ABSTRACT

Avicennia marina and *Rhizophora mucronata* mangrove leaf fermented liquid is a potential method for controlling ice-ice illness and speeding up the growth of red seaweed. The research was conducted in Nunukan Regency, North Kalimantan, from February to May 2024, using an experimental method through field-scale trials involving red seaweed (*Kappaphycus alvarezii*). Completely Randomized Design was used for this study. The control treatment involved no immersion in fermentation liquid, while treatment A used the fermentation liquid of *Avicennia marina*, treatment B used *Rhizophora mucronata*, and treatment C used a 50% mixture of both *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata* liquids. The results indicated that the application of *Avicennia marina* fermentation liquid had a significantly greater effect on seaweed growth compared to the application of *Rhizophora mucronata* fermentation liquid.

Keywords: red seaweed, mangrove leaves, growth.

1. PENDAHULUAN

Terdapat tiga pendekatan umum untuk menanam rumput laut merah (*Kappaphycus alvarezii*), yaitu metode lepas dasar, metode rakit apung, dan tali panjang. Pemilihan metode ini sangat dipengaruhi oleh kondisi perairan serta skala usaha yang akan diterapkan (Soecahyadi & Febrina, 2017). Kondisi lokasi merupakan faktor utama dalam menentukan metode yang digunakan untuk produksi rumput laut merah. Metode yang biasa dilakukan oleh pembudidaya di Indonesia adalah dengan sistem *long line* (Tali Panjang). Dengan menghubungkan tali yang membentang sepanjang 25-50 meter, teknik *long line* dapat menumbuhkan rumput laut di kolom air permukaan air (eupotik), dengan bantuan pelampung dan jangkar yang terangkai dalam bentuk lajur lepas (Nurhalima *et al.*, 2022). Namun, budidaya rumput laut selama ini dirundung berbagai masalah yang belum teratasi, yang mengakibatkan kerugian finansial yang besar. Salah satu masalahnya adalah perkembangan rumput laut terhambat oleh munculnya penyakit *ice-ice* (Rahman, 2019).

Gejala penyakit *ice-ice* pada rumput laut antara lain: warna talus memudar atau muncul bintik-bintik putih; adanya lendir dan kotoran seperti bubuk putih pada permukaan talus; serta terkelupasnya epidermis bagian yang terinfeksi sehingga menampakkan jaringan medula di dalam talus. Faktor-faktor yang menyebabkan munculnya penyakit *ice-ice* pada rumput laut meliputi faktor fisika, kimia dan biologi perairan. Faktor fisika seperti suhu dan salinitas yang tidak stabil dapat memicu munculnya penyakit *ice-ice* karena pada kondisi tersebut rumput laut akan melepaskan substansi organik (*enzim hidrolitik*), mengakibatkan talus berlendir, yang ideal untuk pertumbuhan *Stenotrophomonas maltophilia*, yang hidup di rumput laut (Rahman, 2019). Fermentasi cairan daun *Avicennia marina* dan

Rhizophora mucronata merupakan salah satu cara untuk mengendalikan penyakit *ice-ice* dan mempercepat pertumbuhan. Pada penelitian sebelumnya masih menggunakan skala laboratorium, maka pada penelitian ini dilakukan dalam skala budidaya langsung di lapangan.

Dua spesies mangrove, *A. marina* dan *R. mucronata*, lebih toleran terhadap kadar garam dibandingkan kebanyakan spesies lainnya. Kedua spesies ini dapat menahan kadar garam hingga 90%, yang cukup mendekati kadar garam air tawar (Ansar, 2021). Ketersediaannya yang melimpah *A. marina* dan *R. mucronata* sangat potensial dikembangkan pada berbagai manfaat. Daun mangrove banyak dimanfaatkan sebagai bahan obat tradisional untuk berbagai penyakit. Daun mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* mengandung senyawa *fitokimia* meliputi *alkaloid*, *flavonoid*, *fenolik*, *steroid*, *terpenoid* dan mengandung bakteri endofit menghasilkan metabolit sekunder sebagai antimikroba (Rahmawati *et al.*, 2019). Fermentasi diharapkan dapat menstimulasi pertumbuhan bakteri endofit yang bermanfaat dan dapat menghasilkan berbagai senyawa antibakteri, senyawa bioaktif (Stepek & Bode, 2018).

Berdasarkan uji pendahuluan penggunaan cairan fermentasi daun mangrove mampu meningkatkan pertumbuhan rumput laut dengan 1 L cairan fermentasi daun mangrove pada pengenceran 100 L air laut. Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengevaluasi dan menganalisis penggunaan cairan fermentasi dari daun mangrove dengan pengenceran yang tepat untuk meningkatkan pertumbuhan dan pengendalian penyakit *ice-ice*. Penelitian ini bertujuan membandingkan penggunaan cairan fermentasi daun mangrove dengan pengenceran yang berbeda untuk pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii*.

2. METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian dilakukan mulai tanggal 15 Februari 2024 sampai 14 Mei 2024 yang berlokasi di Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara.

Untuk pembuatan cairan fermentasi daun mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*, masing-masing sebanyak 1 kg dalam kondisi masih segar dengan memisahkan daun antara *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* dengan wadah ember, kemudian daun yang akan dijadikan bahan ekstrak dicuci bersih dengan air tawar. Daun yang telah dicuci kemudian dicacah hingga hancur agar ekstrak yang berada pada daun mangrove dapat keluar, lalu di tambahkan air laut 2 l sebagai media, air gula 250 ml sebagai nutrisi, susu skim 150 g sebagai substrat, *Lactobacillus* 50 g sebagai bakteri sehingga mempercepat proses fermentasi.

Proses fermentasi dilakukan dalam wadah tertutup rapat tanpa ada pencahayaan dan dibiarkan selama dua minggu hingga tercium aroma tape. Setelah proses fermentasi selanjutnya di panen dengan cara cairan fermentasi disaring menggunakan kain saringan (*cheese cloth*) dengan ukuran lubang (*mesh size*) 200 mikron, kemudian dimasukkan ke dalam botol plastik.

Organisme uji yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dengan bobot 30 g dalam satu titik setiap ikat. Rumput laut selanjutnya direndam selama 30 menit dalam cairan fermentasi sesuai dengan masing-masing perlakuan.

Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan digunakan dalam penelitian ini, dimana tanpa perendaman cairan fermentasi sebagai kontrolnya, simbol A digunakan untuk perendaman rumput laut dengan cairan fermentasi *Avicennia marina*, simbol B untuk yang menggunakan *Rhizophora mucronata*, dan simbol C yang menggunakan *Avicennia marina* 50% dan *Rhizophora mucronata*

50%. Selain itu, dilakukan pengukuran pertumbuhan dan produktivitas.

Pertumbuhan mutlak adalah bertambahnya berat biomassa yang diamati dan diukur selama masa pemeliharaan (Erniati, 2016). Pertumbuhan mutlak Menurut rumus (Cokrowati *et al.*, 2020) sebagai berikut :

$$W = W_t - W_o$$

Keterangan:

- W : Pertambahan berat (gram)
- W_t : Berat akhir rumput laut (gram)
- W_o : Berat awal bibit (gram)

Laju perubahan berat biomassa dari awal hingga akhir suatu penelitian yang dinyatakan dalam persentase dikenal sebagai pertumbuhan spesifik atau laju pertumbuhan spesifik (*Specific Growth Rate*, SGR). Perhitungannya menurut (Tuiyo, 2017) sebagai berikut:

$$SGR = \frac{(\ln W_t - \ln W_o)}{t} \times 100\%$$

Keterangan :

- SGR : Laju pertumbuhan spesifik (%/hari)
- W_o : Bobot awal bibit (gram)
- W_t : Bobot akhir rumput laut (gram)
- t : Waktu Pemeliharaan (hari)

Produktivitas rumput laut yaitu berat total yang di hasilkan selama pemeliharaan rumput laut. Menurut (Patajai, 2007) sistem pemeliharaan rumput laut berbeda dengan tanaman laut lainnya yaitu tidak berdasarkan luasan area penanaman, sehingga menghitung produktivitas rumput laut dengan mengurangi berat akhir dan berat awal rumput laut lalu di kalikan dengan jumlah titik tanam rumput laut dan di bagi panjang tali ris yang digunakan. Menghitung Produktivitas rumput laut menggunakan rumus (Mahdaliana *et al.*, 2023) yaitu:

$$Pr = \frac{(W_t - W_o)B}{A}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Keterangan :

Pr : Produktivitas rumput laut
 (gram/meter)

Wo : Berat awal bibit (gram)

Wt : Berat akhir rumput laut (gram)

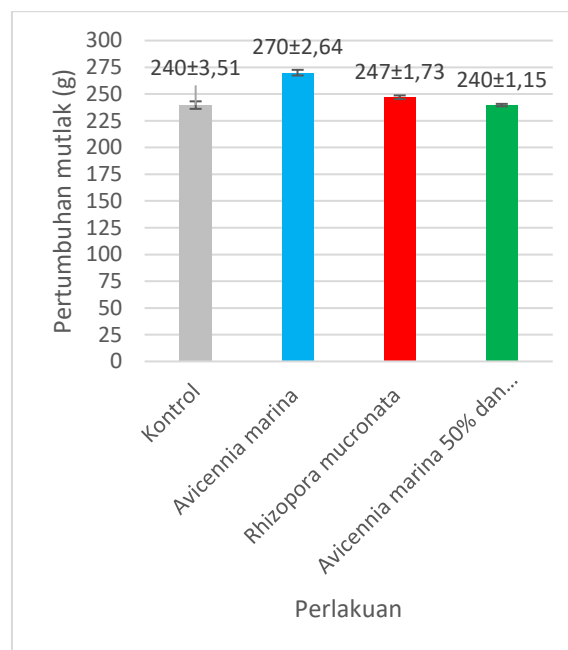
A : Panjang tali (meter)

B : Jumlah titik tanam

Data kualitas air yang diukur selama penelitian terdiri dari suhu, salinitas, pH, kecerahan dan kecepatan arus. Pengukuran parameter kualitas air tersebut dilakukan 1 minggu sebanyak 1 kali.

Data pertumbuhan mutlak, pertumbuhan harian, dan produktivitas rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dianalisis varian (ANOVA) dengan metode Uji *One Way* ANOVA. Sementara data kualitas air dianalisis secara deskriptif.

Perhitungan pertumbuhan mutlak dilakukan untuk mengetahui selisih total dan penambahan biomassa rumput laut yang telah dipelihara selama periode waktu tertentu. Penimbangan dilakukan pada kondisi rumput laut basah. Pertumbuhan mutlak rumput laut dihitung dengan rumus pertumbuhan mutlak. Hasil pengukuran pertumbuhan mutlak rumput laut merupakan hasil dari awal penanaman rumput laut hingga panen selama 42 hari. Hasil pengukuran pertumbuhan mutlak pada perlakuan *Avicennia marina* yaitu $270 \pm 2,64$ g, perlakuan *Rhizopora mucronata* yaitu $247 \pm 1,73$ g, perlakuan *Avicennia marina* 50% dan *Rhizopora mucronata* 50% yaitu $240 \pm 1,15$ g dan pada kontrol yaitu $240 \pm 3,51$ g. Pertumbuhan mutlak rumput laut merah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pertumbuhan Mutlak

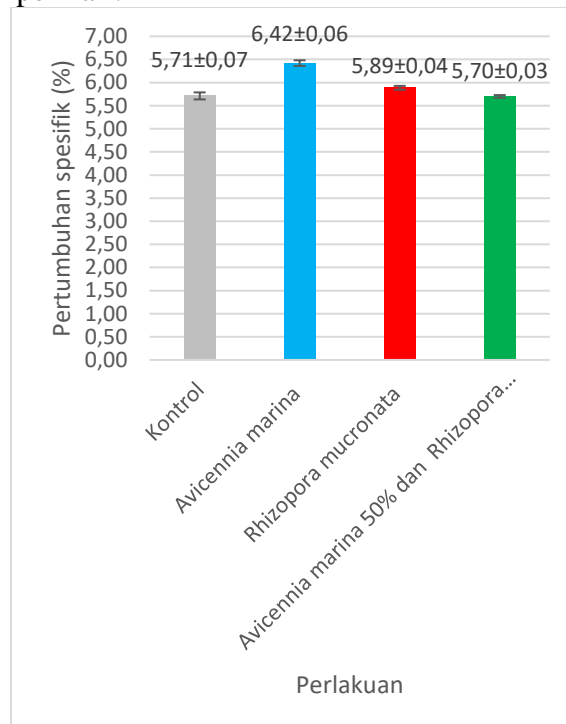
Perlakuan yang melibatkan cairan fermentasi dari *A. marina* menghasilkan pertumbuhan rumput laut yang lebih cepat dibandingkan perlakuan lain, dan pertumbuhan absolut maksimum diamati pada perlakuan ini. Perendaman cairan fermentasi dengan benar dapat membantu proses osmosis dan difusi, sehingga rumput

laut dapat menyerap dan menggunakan nutrisi dalam cairan secara lebih efektif. Hal ini sejalan dengan pendapat Rahman *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi penyerapan pupuk (unsur hara) adalah durasi perendaman yang terlalu cepat, yang menyebabkan kekurangan nutrisi dan

penyerapan pupuk yang tidak seimbang. Sisi buruknya adalah keracunan rumput laut dapat terjadi jika Anda merendamnya terlalu lama.

Berdasarkan hasil perhitungan statistik SPSS untuk menentukan hasil analisis keseragaman terhadap pertumbuhan mutlak, didapatkan hasil bahwa terjadi perbedaan yang signifikan dengan nilai Sig.<0,05 (0,00) dengan kata lain pemberian perlakuan terjadi perbedaan yang signifikan terhadap pertumbuhan mutlak. Laju Pertumbuhan Spesifik (*Spesifik Growth Rate*) adalah ukuran seberapa cepat biomassa rumput laut meningkat dalam waktu tertentu biasanya dinyatakan dalam persen per hari.

Laju pertumbuhan spesifik rumput laut dihitung menggunakan rumus laju pertumbuhan spesifik. Hasil pengukuran laju pertumbuhan spesifik rumput laut ini merupakan hasil perhitungan persentase pertambahan bobot perhari selama 42 hari yang dilakukan mulai dari awal pemeliharaan rumput laut hingga panen. Pengukuran laju pertumbuhan spesifik rumput laut merah berkisar antara $5,70\pm 0,03\%$ - $6,42\pm 0,06\%$, sesuai temuan Gultom *et al.*, (2016), yang menyatakan bahwa tingkat pertumbuhan harian sebesar 3% adalah optimal untuk produksi rumput laut (Gambar 2).



Gambar 2. Laju Pertumbuhan Spesifik

Grafik menjelaskan bahwa laju pertumbuhan spesifik yang baik yaitu pada perlakuan *Avicennia marina* dengan pertumbuhan spesifik $6,42\pm 0,06\%$, perlakuan *Rhizopora mucronata* dengan pertumbuhan spesifik $5,89\pm 0,04\%$, kontrol dengan pertumbuhan spesifik $5,71\pm 0,08\%$, dan perlakuan *Avicennia marina* 50% dan *Rhizopora mucronata* 50% dengan pertumbuhan spesifik $5,70\pm 0,03\%$.

Menurut (Supiandi *et al.*, 2020) laju pertumbuhan rumput laut optimal pertumbuhannya diatas 3% juga didukung (Ikhsan *et al.*, 2022) menyatakan kegiatan budidaya rumput laut menguntungkan apabila laju pertumbuhan spesifik melebihi 3%.

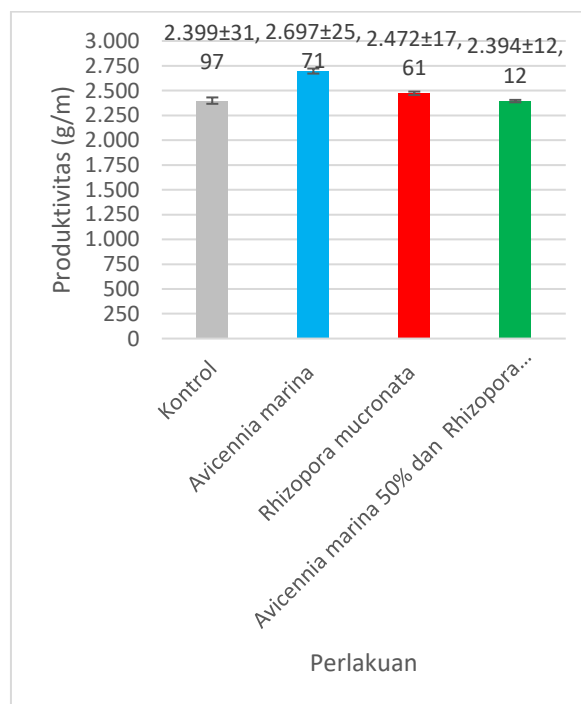
Selain itu pada penelitian (Nur & Rahmawati, 2019) menyatakan *Rhizopora mucronata* memiliki kandungan senyawa flavonoid, saponin, steroid, dan tanin dan

memiliki memiliki aktivitas *Antifouling*. Hal ini didukung (Yanti Mutalib, 2018) tanin secara ilmiah didefinisikan sebagai senyawa *poliphenol* yang mempunyai berat molekul tinggi dan memiliki gugus *hidroksil* dan gugus lainnya sehingga dapat membentuk kompleks dengan protein dan makromolekul lainnya. Oleh karena itu daun *Avicennia marina* dapat dijadikan cairan fermentasi yang efektif dalam menunjang pertumbuhan rumput laut dikarenakan kandungan yang dimiliki *Avicennia marina* lebih banyak dibandingkan dengan *Rhizopora mucronata*.

Berdasarkan hasil perhitungan statistik SPSS untuk menentukan hasil analisis keseragaman terhadap laju pertumbuhan spesifik, didapatkan hasil bahwa terjadi perbedaan yang signifikan dengan nilai Sig.<0,05 (0,00). Dengan kata lain pemberian perlakuan terjadi perbedaan yang signifikan terhadap laju pertumbuhan spesifik.

Produktivitas rumput laut merujuk pada kemampuan atau kapasitas rumput laut untuk tumbuh dan menghasilkan biomassa. Panen rumput laut dilakukan setelah berumur 42 hari selama penelitian.

Hasil produksi yang diperoleh dari masing-masing perlakuan yaitu pada kontrol dengan jumlah produksi yaitu 2.399±31,97 g/m, pada perlakuan *Avicennia marina* dengan jumlah produksi yaitu 2.697±25,71 g/m, pada perlakuan *Rhizopora mucronata* dengan jumlah produksi yaitu 2.472±17,61 g/m, dan pada perlakuan *Avicennia marina* 50% dan *Rhizopora mucronata* 50% dengan jumlah produksi yaitu 2.394±12,12 g/m. Produksi pada setiap perlakuan berbeda disebabkan karena laju pertumbuhan setiap perlakuan berbeda. Hal ini sejalan dengan pendapat Priono, (2016). Produktivitas rumput laut merah dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Produktivitas Rumput Laut

Kandungan unsur hara yang cukup sangat dibutuhkan untuk pembentuk klorofil dalam proses fotosintesis untuk menghasilkan senyawa seperti glukosa dan bahan lainnya untuk pembentukan jaringan dan pertumbuhan rumput laut (Rahman *et al.* 2021).

Berdasarkan hasil perhitungan statistik SPSS untuk menentukan hasil analisis keseragaman terhadap produktivitas, diperoleh hasil yang menunjukkan perbedaan signifikan dengan nilai Sig.<0,05 (0,00). Dengan kata lain pemberian perlakuan menyebabkan perbedaan yang signifikan terhadap produktivitas.

Suhu perairan selama penelitian, yaitu pagi hari berkisar antara 25-29⁰C, siang hari 27-29⁰C, dan sore hari antara 27-28⁰C. Rata-rata suhu perairan selama penelitian sebesar 27⁰C. Suhu ini masih ideal untuk pertumbuhan rumput laut dengan fluktuasi suhu yang tidak terlalu berpengaruh. Hal ini sesuai dengan pendapat Anggadiredja *et al.* (2011) bahwa kisaran suhu perairan yang baik untuk pertumbuhan rumput laut adalah berkisar 26-30⁰C. Salinitas perairan sangat penting untuk pertumbuhan rumput laut. Salinitas perairan yang diperoleh selama penelitian berkisar 30-32 ppt. Nilai salinitas yang diperoleh masih berada pada kisaran yang baik untuk pertumbuhan rumput laut. Menurut Zalnika dan Angkasa (1994) menyatakan bahwa salinitas perairan yang baik untuk budidaya rumput laut berkisar 28-34 ppt. pH perairan selama penelitian berada pada kondisi normal, yaitu 8. Selama pengamatan pH perairan relatif stabil dan berada pada kisaran normal dalam mendukung kehidupan dan pertumbuhan rumput laut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sudradjat (2009) bahwa pH yang baik untuk pertumbuhan rumput laut berkisar 7.3-8.2.

4. SIMPULAN

Dengan perlakuan perendaman cairan fermentasi daun mangrove (*Avicennia marina*) dan (*Rhizopora mucronata*) pada budi daya rumput laut dapat disimpulkan pemberian cairan *Avicennia marina* berpengaruh sangat signifikan dibandingkan dengan pemberian cairan *Rhizopora mucronata* terhadap pertumbuhan mutlak, laju pertumbuhan spesifik dan produktivitas rumput laut.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pemberian dosis dari fermentasi daun mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizopora mucronata* untuk menghasilkan pertumbuhan rumput laut yang lebih baik dan bersih untuk keberlanjutan budidaya rumput laut sehingga dapat memberikan pengaruh yang baik terhadap kinerja produksi budidaya rumput laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, N. A., Wijaya, N. I., dan Prasita, V. D. 2017. Kriteria Lahan Untuk Budidaya Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Di Pulau Gili Genting, Madura. *Seminar Nasional Kelautan XII*, 109–116.
- Ansar, R. A. 2021. Struktur Komunitas Mangrove Di Dusun Kuri Caddi Desa Nisombalia Kecamatan Marusu Kabupaten Maros.
- Asni, A. 2015. Analisis Poduksi Rumput Laut (*Kappaphycus Alvarezii*) Berdasarkan Musim Dan Jarak Lokasi Budidaya Di Perairan Kabupaten Bantaeng. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 6(2), 243950.
- Burdames Yanis, N. E. L. A. 2014. Kondisi Lingkungan Perairan Budi Daya Rumput Laut di Desa Arakan, Kabupaten Minahasa Selatan. *Budidaya Perairan*, 2(3), 69–75.
- Cokrowati, N., Diniarti, N., Setyowati, D. N., dan Mukhlis, A. 2020. Pertumbuhan Rumput Laut dan Rumput Laut Lokal Hasil Kultur Jaringan *Kappaphycus alvarezii*. *Jurnal Biologi Tropis*, 4(1), 61–65.
- Dahliati, D. 2022. Analisis daya dukung lahan budidaya rumput laut di teluk laikang kabupaten takalar. 1–25.
- Diana, F., Nirmala, K., dan Soelistyowati, D. T. 2019. Analisis Kualitas Rumput Laut *Gracilaria Gigas* Yang Dibudidaya Pada Habitat Laut Dan Tambak, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Riset Akuakultur*, 9(1), 59. <https://doi.org/10.15578/jra.9.1.2014>.

- 59-65
- Dinda, H. S. A., Danakusumah, E., & Rahmani, U. 2016. Analisis Usaha Budidaya Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) di Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Jurnal Ilmiah Satya Minabahari*, 1(2), 22–31. <https://doi.org/10.53676/jism.v1i2.11>
- Erniati. 2016. *Seaweed potential: bioactive compounds studies and its utilization as a functional food product*. *Acta Aquatica Aquatic Sciences Journal Potensi*, 1(2014), 12–17.
- Gultom, R. C., Dirgayusaa, I. G. N. P., dan Puspitha, N. L. P. R. 2016. Perbandingan Laju Pertumbuhan Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Dengan Menggunakan Sistem Budidaya Ko-kultur dan Monokultur di Perairan Pantai Geger, Nusa Dua, Bali. *Journal of Marine Research and Technology*, 5(1), 146–154.
- Halidah, H., dan Kama, H. 2013. Penyebaran Alami *Avicennia marina* (Forsk) Vierh dan *Sonneratia alba* Smith Pada Substrat Pasir. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 1(1), 51–58. <http://ejournal.fordamof.org/ejournal-litbang/index.php/IFRJ/article/view/520/503>
- Hasibuan, N., Azka, A., Basri, dan Mujiyanti, A. 2022. Skrinning fitokimia ekstrak etanol daun *avicennia marina* dari kawasan bandar bakau dumai. *Aurelia Journal*, 4(2), 137–142.
- Ikhsan, F., Irawan, H., dan Wulandari, R. 2022. Laju Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Varietas Hijau dan Coklat Pada Metode Budidaya yang Berbeda Falih Ikhsan 1, Henky Irawan 1, Rika Wulandari 1. *Intek Akuakultur*, 6(1), 82–91.
- Indarjo, A., Salim, G., Dyta Nugraeni, C., Zein, M., Yudho Prakoso, L., Achmad Daengs, G. S., Hariyadi, dan Wiharyanto, D. 2020. *The analysis of economic feasibility from Bubu Dasar fishing gear (Bottom fish pots) in Tepian Muara Sembakung, Nunukan (Indonesia)*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 564(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/564/1/012070>
- Ismail, R. A., Ngangi, E., dan Lasut, M. T. 2014. *Effect of NPK fertilizer (nitrogen, phosphorus, potassium) on seaweed, Kappaphycus alvarezii, growth and white spot disease prevention* Pengaruh pupuk NPK (nitrogen, fosfor, kalium) terhadap pertumbuhan dan penanggulangan penyakit “white spot” pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. *Aquatic Science & Management*, 2(1), 7–11. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jasm/index>
- Kase, A. G. O., Emola, I. J., Supit, R. R. L., dan Merryanto, Y. 2022. Budidaya Rumput Laut Metode Long Line Di Perairan Banli Desa Op Kecamatan Nunkolo, Kabupaten Timor Tengah Selatan, Propinsi Nusa Tenggara Timur. 2(1), 3643–3650.
- Khaldun, R. I. 2017. Strategi Kebijakan Peningkatan Daya Saing Rumput Laut Indonesia di Pasar Global. *Jurnal Sosial Politik*, 3(1), 99. <https://doi.org/10.22219/sospol.v3i1.4403>
- Mahdaliana, M., Salamah, S., Khalil, M., dan Akmal, Y. 2023. Efektivitas pertumbuhan rumput laut (*Eucheuma cottoni*) dengan metode long line menggunakan hormon auxin di Perairan Pulau Banyak Aceh Singkil. *Jurnal Sains Pertanian (JSP)*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.51179/jsp.v7i1.1780>
- Marak, H. K. ., Sunadji, dan Paulus, C. A. 2018. Negara indonesia yang memiliki banyak pulau sehingga indonesia memiliki Potensi sumberdaya hayati pesisir dan laut yang sangat besar, Salah satu nya sumberdaya hayati laut cukup potensial adalah rumput laut atau di kenal dengan sebutan *kappaphychus alvarezii*. 1, 24–33.
- Mulyono, M., Suharyadi, S., Marlina, E.,

- Farchan, M., Sektiana, S. P., Rasid, A., dan Samsuهران, S. B. 2022. *The Application of Smart Fish Method Cultivation for Seaweed Kappaphycus alvarezii to Increase in Production in the Waters of Seribu Island, Indonesia. Aquacultura Indonesiana*, 23(2), 96. <https://doi.org/10.21534/ai.v23i2.284>
- Nur, R. M., dan Rahmawati. 2019. Kombinasi uji Aktivasi *Antifouling (Rhizophora mucronata)* di kabupaten pulau Morotai. *Ilmu-Ilmu Perikanan Dan Budidaya Perairan*, 14, 8.
- Nurhalima, S., Sunaryo, A., dan Suhwardan, H. 2022. Teknik Dan Manajemen Usaha Budidaya Rumput Laut (*Eucheuma Cottonii*) Menggunakan Metode *Long Line* Di Pelaku Utama Waetuwo Kecamatan Tanete Riattang Timur, Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan. 23–24.
- Priono, B. 2016. Budidaya Rumput Laut Dalam Upaya Peningkatan Industrialisasi Perikanan. *Media Akuakultur*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.15578/ma.8.1.2013.1-8>
- Radiarta, I. N., Erlania, Haryadi, J., dan Rosdiana, A. 2017. Analisis Pengembangan Budidaya Rumput Laut Di Pulau Sebatik, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 8(1), 29.
- Rahayu, N. W. S. 2016. Hidroekstraksi Daun Ketapang (*Terminalia Catappa L.*) Sebagai Pengendali Penyakit.
- Rahman SA, Djawa SK, Syahrul. 2021. Penggunaan produk cairan fermentasi daun mangrove untuk pengendalian penyakit *ice-ice* dan peningkatan produksi rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. Monsu'ani Tano. 5 (1). Accepted.
- Rahman, S. A. 2019. *Avicennia marina* Dan Pemanfaatannya Untuk Pengendalian Bakteri Penyebab Penyakit *Ice-Ice* Samsu Adi Rahman.
- Rahman, S. A., Sangkia, F. D., Athirah, A., 2021. Performa cairan fermentasi daun mangrove *Sonneratia alba* dengan pengenceran berbeda untuk pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. In *Octopus: Jurnal ...* (Vol. 9, Issue 2, pp. 4–9). <https://journal.unismuh.ac.id/index.php/octopus/article/view/7542>
- Rahmawati, S. I., Izzati, F. N., Hapsari, Y., Septiana, E., Rachman, F., Bustanussalam, dan Simanjuntak, P. 2019. *Endophytic microbes and antioxidant activities of secondary metabolites from mangroves Avicennia marina and Xylocarpus granatum. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 278(1).
- Ramdhan, M., Arifin, T., dan Arlyza, I. S. 2018. Pengaruh lokasi dan kondisi parameter fisika-kimia aseanografi untuk produksi rumput laut di wilayah pesisir Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. *Jurnal Kelautan Nasional*, 13(3), 163–172.
- Rasnijal, M., Kurniaji, A., Anton, A., Budiayati, B., Putri Renitasari, D., Suhermanto, A., Mulyono, M., Djunaidah, I. S., Rahardjo, S., Sektiana, S. P., dan Ridwan, R. 2024. *Characteristics of seaweed caraginan Kappaphycus alvarezii on cultivation system with different seed weight. Jurnal Akuakultur Indonesia*, 23(1), 71–78. <https://doi.org/10.19027/jai.23.1.71-78>
- Rohman, A., Restiana Wisnu, dan Rejeki, S. 2018. Penentuan Kesesuaian Wilayah Pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi Untuk Lokasi Pengembangan Budidaya Rumput Laut Dengan Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Sains Akuakultur Tropis*, 2(1), 73–82.
- Rollán, G. C., Gerez, C. L., dan Leblanc, J. G. 2019. *Lactic fermentation as a strategy to improve the nutritional and functional values of pseudocereals. Frontiers in Nutrition*, 6 (September 2017).

- Septyaningsih, E., Ardli, E. R., dan Widyastuti, A. 2014. Studi Morfometri Dan Tingkat Herbivori Daun Mangrove Di Segara Anakan Cilacap. *Scripta Biologica*, 1(2), 137. <https://doi.org/10.20884/1.sb.2014.1.2.438>
- SNI. 2010. Produksi rumput laut kotoni (*Eucheuma cottonii*) - Bagian 2: Metode *long-line*. Badan Standar Indonesia SNI 7579.2:2010, 2, 1–9.
- Soecahyadi, dan Febrina, L. 2017. Kelayakan Budi Daya Rumput Laut *Eucheuma cottonii* di Pulau Semak Daun Kepulauan Seribu. *Jurnal Ekonomi Bisnis Dan Kewirausahaan*, VII(1), 1–9.
- Stepek, I. A., dan Bode, J. W. 2018. *Synthetic fermentation of bioactive molecules*. *Current Opinion in Chemical Biology*, 46, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2018.03.014>
- Supiandi, M., Cokrowati, N., dan Rahman, I. 2020. Pengaruh Perbedaan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Hasil Kultur Jaringan Dengan Metode Patok Dasar Di Perairan Gerupuk. *Jurnal Perikanan*, 10(2), 158–166.
- Suriyanti, S., Arfah, A., dan Wahyuni, N. 2022. Alternatif Pemberdayaan Masyarakat melalui Pemanfaatan Rumput Laut (Nori) sebagai Produk Olahan Makanan Padat Gizi Kimbab Pada Kelompok Mitra Desa Tana Toa Kecamatan Kajang Kabupaten Bulukumba. *Celebes Journal of Community Services*, 1(1), 36–46. <https://doi.org/10.37531/celeb.v1i1.185>
- Tuiyo, R. 2017. Pengembangan Model Sistem Budidaya Laut Terhadap Pertumbuhan Alga Laut (*Kappaphycus Alvarezii*) Dan Kandungan Karaginan Dan Kekuatan Gel Dengan Menggunakan Poc Organik Basmingro Di Loka Pengembangan Budidaya Rumput Laut Kementerian Kelautan Di Kecamatan Mana. *Jurnal Penelitian*, 37–42.
- Wijayanto, T., Hendri, M., dan Riris, A. 2011. Studi Pertumbuhan Rumput Laut *Eucheuma Cottonii* Dengan Berbagai Metode Penanaman Yang Berbeda Di Perairan Kalianda, Lampung Selatan. *Maspari Journal : Marine Science Research*, 3(2), 51–57.
- Yanti Mutalib, S. A. R. 2018. Pertumbuhan Dan Kandungan Karaginan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Pada Dosis Mikroorganisme Lokal (Mol) Buah Maja. *Jbo*, 02(01), 1–8.
- Yusuf, M. J. 2018. Studi Tentang Pemberdayaan Masyarakat Pesisir Di Kabupaten Nunukan. 1(4), 1594–1607.