



Produktivitas Primer *Kappaphycus alvarezii* Berdasarkan Perbedaan Biomassa Awal Di Perairan Bone-Bone

Primary Productivity of *Kappaphycus alvarezii* Based on Initial Biomass Differences in Bone-Bone Waters

Agista Ariani^{1*}, Ma'ruf Kasim¹, Abdul Hamid¹

¹⁾ Jurusan Manajemen Sumber Daya Perairan, FPIK, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

*email; agistaariani_i1a121010@student.uho.ac.id

Received : 22 October 2025 ; Accepted : 21 December 2025

Published: 22 December 2025 © Author(s) 2025. This article is open access

Abstract

*Primary productivity is an important factor in marine ecosystems, as it plays a vital role in the carbon cycle and food chain for heterotrophic organisms. The purpose of this study was to determine the level of primary productivity and analyze how the initial biomass of *K. alvarezii* produced in Bone-Bone Waters differs. The benefit of this study is that it can provide information and help strengthen understanding of the role of *K. alvarezii* in supporting primary productivity and the balance of the Bone-Bone aquatic ecosystem. This study was conducted from November 2024 to March 2025 at Bone-Bone Beach, Bau-Bau City, Southeast Sulawesi. The results showed that the initial biomass treatment of 30 g produced the highest gross and net primary productivity values compared to the 10 g and 20 g treatments. The respiration value in the treatment with a higher biomass was due to increased tissue metabolic activity. Higher biomass means there are more physiologically active cells, so the respiration process also increases.*

Keywords : Biomass, *Kappaphycus alvarezii*, Primary Productivity, Respiration

Abstrak

Produktivitas primer merupakan salah satu faktor penting dalam ekosistem perairan laut, karena berperan penting dalam siklus karbon dan rantai makanan untuk organisme heterotrof. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat produktivitas primer dan menganalisis bagaimana perbedaan biomassa awal *K. alvarezii* yang dihasilkan di Perairan Bone-Bone. Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi dan membantu memperkuat pemahaman tentang peran *K. alvarezii* dalam mendukung produktivitas primer dan keseimbangan ekosistem perairan Bone-Bone. Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2024 - Maret 2025 di Pantai Bone-Bone, Kota Bau-Bau, Sulawesi Tenggara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan biomassa awal 30 g menghasilkan nilai produktivitas primer kotor dan bersih tertinggi dibandingkan perlakuan 10 g dan 20 g. Nilai respirasi pada perlakuan dengan biomassa lebih besar disebabkan oleh peningkatan aktivitas metabolisme jaringan. Biomassa yang lebih tinggi berarti terdapat lebih banyak sel yang aktif secara fisiologis, sehingga proses respirasi juga meningkat.

Kata kunci : Biomassa awal, *Kappaphycus alvarezii*, Produktivitas Primer, Respirasi

1. Pendahuluan

Rumput laut *Kappaphycus alvarezii* merupakan produk ekspor yang saat ini banyak dibudidayakan oleh masyarakat pesisir. Budidaya rumput laut memiliki nilai ekonomis tinggi, selain sangat mudah budidayanya serta tidak memerlukan modal investasi yang besar. Sebagai komoditas hasil

perikanan yang menjadi sumber utama dalam penghasil karagenan yaitu banyak sekali dimanfaatkan baik dalam industri kosmetik, farmasi, makanan dan industri lainnya seperti industri tekstil, pasta, pengalengan ikan, kertas dan fotografi (Utojo et al., 2018).

Produktivitas primer adalah energi yang digunakan oleh organisme autotrof perairan dalam proses pengubahan energi matahari

Sulawesi Tenggara merupakan salah satu daerah dengan jumlah produksi rumput laut yang cukup besar. Total produksi rumput laut di Sulawesi Tenggara hingga tahun 2020 mencapai 776441,61 ton dengan spesies yang dibudidayakan adalah *K. alvarezii* (Mualam et al., 2022). International Trade Center (2015) menyatakan bahwa kondisi rumput laut yang di produksi di Indonesia belum maksimal. Hal

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2024 - Maret 2025, Bertempat di Perairan Bone-Bone, Kecamatan Batupoaro, Kota Bau-Bau, Provinsi Sulawesi Tenggara. Data pengamatan kualitas air dilakukan di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo, Sulawesi Tenggara dapat di lihat pada gambar 1.



2.2. Metode Pengambilan Sampel

Pengukuran Produktivitas Primer

Pengambilan sampel rumput laut dilakukan satu kali dalam seminggu selama 45 hari. Penelitian ini menggunakan tiga perlakuan berbeda berdasarkan bobot awal rumput laut, yaitu 10 g, 20 g, dan 30 g. Setiap thalus *K. alvarezii* dibersihkan terlebih dahulu dari epifit yang menempel sebelum dimasukkan ke dalam media penelitian. Setelah penentuan biomassa awal, rumput laut dimasukkan ke dalam 12 toples berukuran 20 x 20 x 30 cm. Enam toples diletakkan dalam kondisi terang dan enam lainnya dalam kondisi gelap, masing-masing dengan dua kali ulangan. Pengukuran oksigen terlarut (DO) dilakukan pada awal penelitian untuk setiap toples menggunakan DO meter. Setelah inkubasi selama empat jam, kandungan oksigen terlarut kembali diukur. Rumput laut kemudian dikembalikan ke area budidaya. Pengukuran dilakukan sebanyak empat kali ulangan untuk memperoleh data yang representatif.

Pengukuran Parameter Kualitas Air

Pengambilan sampel kualitas air laut dilakukan sebanyak satu kali dalam seminggu selama 45 hari. Parameter kualitas air yang diukur seperti salinitas menggunakan hendrefraktometer, fosfat menggunakan spektrofotometer, nitrat menggunakan botol sampel dan larutan H_2SO_4 . Parameter kimia dianalisa langsung di Laboratorium Pengujian Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo.

Hipotesis Penelitian

- Pengambilan H_0 (Hipotesis Nol) : perbedaan biomassa awal *K. alvarezii* tidak berpengaruh signifikan terhadap produktivitas di Perairan Bone-Bone
- H_1 (Hipotesis Alternatif) : perbedaan biomassa awal *K. alvarezii* berpengaruh signifikan terhadap produktivitas di Perairan Bone-Bone.

2.3 Analisis Data

Pengukuran Produktivitas Primer

Perhitungan produktivitas primer bersih, produktivitas nilai kotor dan respirasi rumput laut *K. alvarezii* yang dinyatakan sebagai produksi oksigen atau karbon dihitung

dengan persamaan Umaly & Cuvin (1989) sebagai berikut:

$$NPP = \frac{(O_2BT) - (O_2BA) \times 1000 \times 0,375}{PQ(t)}$$

$$GPP = \frac{(O_2BT) - (O_2BG) \times 1000 \times 0,375}{PQ(t)}$$

$$R = GPP - NPP$$

Keterangan :

- NPP : Produktivitas primer bersih (mg C/m³/jam)
- GPP : Produktivitas primer kotor (mg C/m³/jam)
- R : Respirasi
- O₂BT : Oksigen pada botol terang setelah inkubasi (mg/l)
- O₂BG : Oksigen pada botol gelap setelah inkubasi (mg/l)
- O₂BA : Oksigen pada botol awal (BA) (mg/l)
- PQ : *Photosyntetic quotien* = 1,2
- T : Waktu inkubasi (jam)
- 1000 : Konversi liter menjadi m³
- 0,375 : Koefisien konversi oksigen menjadi karbon

Respirasi

Laju respirasi dapat dihitung dari selisih antara produktivitas primer kotor (GPP) dan produktivitas primer bersih (NPP) dengan rumus sebagai berikut:

$$R = GPP - NPP$$

Keterangan :

- R : Respirasi (mg/C/m³/jam)
- GPP : Produktivitas primer kotor (mg/C/m³/jam)
- NPP : Produktivitas primer bersih (mg/C/m³/jam)

Data produktivitas primer dianalisis menggunakan *Analysis of variance* (Anova) satu arah untuk melihat pengaruh perbedaan biomassa awal terhadap produktivitas rumput laut *K. alvarezii*. Jika terdapat perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$), maka dilanjutkan dengan uji lanjutan (post-hoc) Tukey HSD untuk mengetahui perlakuan yang memberikan hasil tertinggi. Analisis kualitas air dilakukan secara deskriptif.

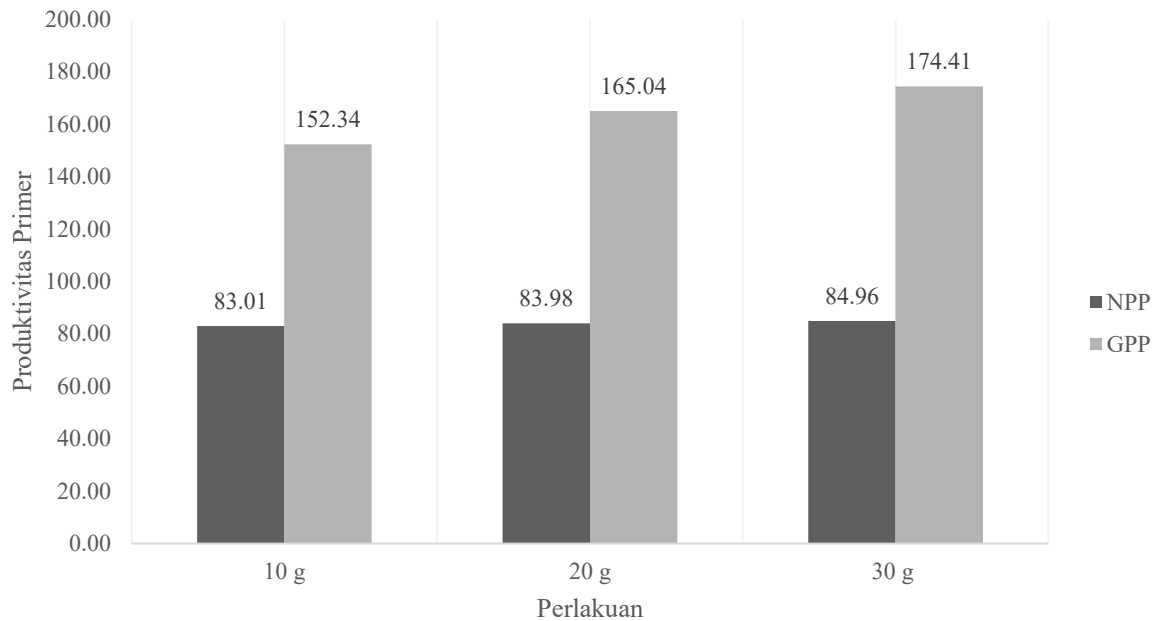
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Produktifitas Primer

Hasil pengukuran produktivitas primer kotor dan produktivitas primer bersih selama 4 minggu menunjukkan bahwa pada perlakuan bobot awal 30 g memiliki nilai tertinggi, berkisar 174,41 mg/C/m³/jam untuk produktivitas primer kotor dan 84,96 mg/C/m³/jam produktivitas primer bersih.

Sedangkan, nilai terendah terdapat pada perlakuan biomassa 10 g berkisar 152,34 mg/C/m³/jam (kotor) dan 83,01 mg/C/m³/jam (bersih) (Gambar 4 dan Lampiran 1).

Hasil uji anova menghasilkan nilai ($P > 0,05$), yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara perlakuan biomassa awal terhadap produktivitas primer *K. alvarezii*.



Gambar 2. Produktivitas Primer Bersih (NPP) dan Produktivitas Primer Kotor (GPP) *K. alvarezii*

Produktivitas primer kotor dan bersih *K. alvarezii* menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya biomassa awal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biomassa awal 30 g memberikan nilai produktivitas tertinggi, yaitu 174,41 mg C/m³/jam untuk GPP dan 84,96 mg C/m³/jam untuk NPP. Sementara biomassa awal 10 g menghasilkan nilai terendah, yakni 152,34 mg C/m³/jam dan 83,01 mg C/m³/jam (NPP). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan biomassa awal mendukung peningkatan kapasitas fotosintetik, karena jumlah jaringan fotosintetik yang lebih besar dapat menyerap lebih banyak cahaya dan nutrisi (Nelson, 2019).

Perlakuan biomassa awal 30 g menghasilkan nilai produktivitas primer kotor dan bersih tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar biomassa awal, maka kemampuan fotosintesis *K. alvarezii* juga cenderung

meningkat. Biomassa awal yang lebih besar memungkinkan adanya lebih banyak jaringan fotosintetik, sehingga laju fiksasi karbon melalui fotosintesis menjadi lebih tinggi (Kurniawan, 2021). Kapasitas fotosintesis *K. alvarezii* dipengaruhi oleh karakteristik fisiologi jaringan, dimana morfotipe dengan jaringan fotosintetik yang lebih efisien menunjukkan laju fotosintesis dan pertumbuhan yang lebih tinggi. Dengan demikian, biomassa awal yang lebih besar mencerminkan volume jaringan fotosintetik yang lebih luas (Cabello-Pasini et al., 2001).

Peningkatan biomassa awal juga memiliki batas optimal. Bila terlalu tinggi, bisa terjadi kompetisi antartanaman untuk cahaya dan nutrisi, yang justru menurunkan efisiensi pertumbuhan (Hayashi et al., 2018). Pada penelitian ini, nilai produktivitas tertinggi pada perlakuan 30 g menunjukkan bahwa nilai tersebut masih dalam kisaran optimal yang

mendukung produktivitas, tanpa menyebabkan efek kompetitif berlebih.

Hal tersebut dipengaruhi oleh persaingan antar rumput laut dalam menyerap cahaya matahari yang masuk ke perairan. Semakin besar jumlah biomassa dalam satu ikatan maka semakin tinggi kepadatannya sehingga persaingan untuk menyerap nutrisi dari perairan akan semakin tinggi. Namun akan membutuhkan energi yang lebih besar juga untuk pertumbuhannya (Prihaningrum et al., 2001).

Biomassa awal yang tinggi cenderung meningkatkan produktivitas sehingga terdapat batas optimum. Bila biomassa terlalu tinggi, dapat terjadi kompetisi antar individu terhadap cahaya dan nutrisi, yang justru menurunkan efisiensi fotosintesis (Firdaus et al., 2022). Oleh karena itu, pemilihan biomassa awal yang tepat sangat penting untuk memaksimalkan produktivitas rumput laut.

Berdasarkan hasil pengamatan produktivitas primer NPP dan GPP terendah pada perlakuan biomassa 10 g diperoleh nilai berkisar 152,34 mg/C/m³/jam (kotor) dan 83,01 mg/C/m³/jam(bersih). Tinggi atau rendahnya nilai produktivitas primer antar perlakuan dapat disebabkan adanya faktor lingkungan. Variasi produktivitas antar perlakuan ini diduga terkait dengan perbedaan faktor lingkungan seperti ketersediaan nutrisi, intensitas cahaya, dan suhu, yang memengaruhi kapasitas fotosintesis dan pertumbuhan *K. alvarezii* (Sari & Wijaya, 2021). Ketersediaan nutrisi terlarut disuatu perairan mengindikasikan nilai produktivitas primer yang terkandung di dalamnya (Nastiti dan Kartamihardja 2017).

K. alvarezii memiliki kemampuan adaptasi fisiologis yang baik terhadap perubahan kondisi lingkungan, termasuk variasi biomassa awal. Kemampuan ini dapat menstabilkan laju fotosintesis dan pertumbuhan meskipun biomassa awal berbeda (Senthilkumar et al., 2016). Faktor lingkungan seperti kualitas air (nutrisi, suhu, salinitas) sering kali memiliki pengaruh lebih besar terhadap produktivitas primer dibandingkan perbedaan biomassa awal. Jika kondisi lingkungan kurang optimal, produktivitas akan terbatas meskipun biomassa awal berbeda-beda (Holdt & Kraan, 2011).

Hasil uji ANOVA dengan nilai ($P < 0,05$) mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antar perlakuan biomassa awal terhadap produktivitas primer. Biomassa awal memengaruhi efisiensi pertumbuhan dan produktivitas rumput laut. Semakin besar biomassa awal, semakin besar peluang rumput laut untuk mencapai laju fotosintesis maksimum, meskipun hal ini tetap bergantung pada faktor eksternal seperti kecerahan dan nutrisi (Hurtado et al., 2019).

Faktor eksternal seperti kecerahan, suhu, dan ketersediaan nutrisi turut berperan dalam mendukung pengaruh positif biomassa awal terhadap produktivitas primer. Misalnya, tingkat kecerahan 100% pada lokasi penelitian memungkinkan penetrasi cahaya maksimal, mendukung aktivitas fotosintesis pada seluruh bagian talus. Cahaya merupakan faktor pembatas utama dalam budidaya rumput laut tropis dan dapat memengaruhi hubungan antara biomassa awal dan produktivitas primer (Largo et al., 2020).

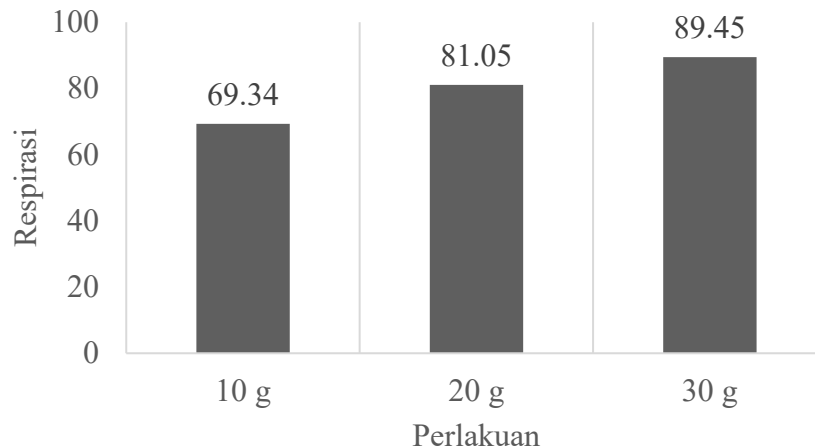
3.2. Respirasi

Hasil pengukuran respirasi selama 4 minggu menghasilkan nilai tertinggi pada perlakuan biomassa 30 g berkisar 84,45 mg/C/m³/jam. Sedangkan, nilai terendah pada perlakuan 10 g berkisar 69,33 mg/C/m³/jam (Gambar 3).

Respirasi merupakan proses biologis yang menghasilkan energi melalui oksidasi bahan organik, sehingga semakin banyak biomassa, semakin tinggi pula aktivitas metabolik dan konsumsi oksigen yang terjadi (Smith & Jones, 2015). Hasil pengukuran respirasi menunjukkan nilai tertinggi pada perlakuan biomassa 30 g, yaitu sekitar 89,45 mg C/m³/jam. Hal ini disebabkan oleh peningkatan nilai respirasi dengan kebutuhan energi yang lebih besar dari organisme untuk mempertahankan aktivitas metabolisme yang lebih tinggi akibat kepadatan biomassa yang lebih besar. Aktivitas respirasi dalam alga merah seperti *K. alvarezii* mencerminkan penggunaan energi oleh sel untuk mempertahankan proses kehidupan seperti

pertumbuhan dan perbaikan sel, yang meningkat seiring dengan meningkatnya

biomassa dan ketersediaan substrat organik dalam jaringan thallus (Fitriani et al., 2021).



Gambar 3. Respirasi *K. alvarezii*

Peningkatan nilai respirasi pada perlakuan dengan biomassa lebih besar disebabkan oleh peningkatan aktivitas metabolisme jaringan. Biomassa yang lebih tinggi berarti terdapat lebih banyak sel yang aktif secara fisiologis, sehingga proses respirasi juga meningkat. Selain itu, jaringan talus yang lebih besar membutuhkan energi yang lebih banyak untuk proses pemeliharaan struktur, transport internal, dan perbaikan jaringan akibat stres lingkungan (Duarte et al., 2018).

Perlakuan dengan biomassa 10 g menghasilkan nilai respirasi yang lebih rendah karena jumlah organisme dan aktivitas metabolisme yang lebih sedikit. Kondisi ini menyebabkan penurunan kebutuhan energi yang tercermin dari rendahnya laju respirasi (Lee & Park, 2018). Peningkatan kepadatan biomassa dalam budidaya *K. alvarezii* dapat meningkatkan respirasi karena meningkatnya aktivitas metabolik dan laju konsumsi oksigen (Cai et al., 2018). Pada kondisi biomassa padat, distribusi cahaya dan difusi oksigen dapat terhambat, memicu peningkatan respirasi sebagai respons adaptif jaringan dalam (Hernández et al., 2019).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Produktivitas primer *Kappaphycus alvarezii* di Perairan Bone-Bone

menunjukkan nilai yang bervariasi tergantung pada perlakuan biomassa awal. Perlakuan biomassa awal 30 g menghasilkan nilai produktivitas primer kotor (GPP) tertinggi sebesar 174,41 mg C/m³/jam dan produktivitas primer bersih (NPP) sebesar 84,96 mg C/m³/jam.

- Perbedaan biomassa awal mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antar perlakuan biomassa awal terhadap produktivitas primer.

5. Ucapan Terima Kasih

1. Kepada kedua orang tua dan keluarga tercinta atas doa dan dukungannya.
2. Dosen pembimbing Bapak Prof. Ma'ruf Kasim, S.Pi., M.Si., Ph. D. dan Bapak Prof. Dr. Ir. Abdul Hamid, M.Si. yang telah membimbing penulis dalam menyusun skripsi dan memberikan banyak ilmu serta solusi pada setiap permasalahan atas kesulitan dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Mansur dan Ibu Hasriani, S.I.P yang telah membantu penulis dalam hal memberikan tempat tinggal dari awal hingga akhir penelitian.

Daftar Pustaka

- Cabello-Pasini, A., Aguirre-von-Wobeser, E., & Figueroa, F. L. 2001. Photosynthesis and growth of red and green morphotypes of

- Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta) from the Philippines. *Marine Biology*, 138(4) : 679–686.
- Cai, J., Yuan, J., & Huang, X. 2018. Effects of initial biomass density on growth and nutrient uptake of *Kappaphycus alvarezii*. *Journal of Applied Phycology*, 30(4) :2203–2210.
- Firdaus, M., Rasyid, A., & Abdullah, A. 2022. Growth performance and carrageenan yield of *Kappaphycus alvarezii* cultivated at different initial weights in coastal waters of Indonesia. *Aquaculture Reports*, 24, 101-136.
- Fikri, M., Rejeki, S., &Widowati, L. L. 2015. Produksi dan Kualitas Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) dengan Kedalaman Berbeda di Perairan Bulu Kabupaten Jepara. *Jurnal Of Aquaculture Management and Thecnology*, 4 (2) : 64-67.
- Fitriani, S., Adnan, A., & Rahmat, R. 2021. Physiological Response of *Kappaphycus alvarezii* Under Different Stocking Densities. *Aquaculture Reports*, 21, 100843.
- Fitriani, N., Wahyuni, S., & Idris, M. 2021. Pengaruh Kecepatan Arus Terhadap Pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii*. *Jurnal Ilmu Kelautan Tropis*, 10(2): 55–62.
- Kurniawan, B. 2021. Biomass Production, Growth Rate, and Carrageenan Content of *Kappaphycus alvarezii* Performed by Vertikulture Method with Different Initial Weight, *Aquasains*, 9(2) : 123-130.
- Handayani, T., Prasetyo, L., & Nugroho, H. 2019. Pengaruh Parameter Lingkungan Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* di Perairan Pesisir. *Jurnal Oseonografi*, 14(12): 123-130
- Hariyadi, S., Adiwilaga, E. M., Partono, T., Hardjomidjojo, S., & Damar. 2010. Produktivitas Primer Eustuari Sungai Cisadane pada Musim Kemarau. *Limnotik*, 17(1) : 49-57.
- Hayashi, L., Reis, R. P., dos Santos, A. A., & Bulboa, C. 2018. Development of *Kappaphycus* and *Eucheuma* farming in the Americas: Challenges and opportunities. *Journal of Applied Phycology*, 30(1) : 1–15.
- Hernández, I., Gómez, A., & Pérez, L. 2019. Effects of salinity and pH on growth and photosynthetic pigments of *Kappaphycus alvarezii*. *Journal of Applied Phycology*, 31(2): 987–995.
- Holdt, S. L., & Kraan, S. 2011. Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology*, 23(3) : 543–597.
- Hurtado, A. Q., Neish, I. C., Critchley, A. T., & Luhan, M. R. J. 2019. Seaweed Production and Utilization in the Philippines. In A. T. Critchley, M. Ohno, & D. Largo (Eds.), *World Seaweed Resources* (pp. 305–324). Tokyo: FAO Fisheries and Aquaculture Circular.
- Largo, D. B., Fukami, K., & Ohno, M. 2020. Effects of light quality on growth and pigment content of *Kappaphycus alvarezii*. *Journal of Applied Phycology*, 32, 4035–4042.
- Lee, S.H., & Park, Y.H. 2018. Influence of Biomass Density on Oxygen Consumption in Seaweed Cultures. *Journal of Applied Phycology*, 30(2) : 703-711.
- Lobban, C. S., & Harrison, P.J. 2020. *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge University Press.
- Marisca, N. 2013. Aklimatisasi Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Hasil Kultur Jaringan Dengan Kepadatan yang Berbeda dalam Akuarium di Rumah Kaca [skripsi]. Bogor : Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. 73 hal.
- Mualam, A., Widigo, B., & Zairion. 2022. Analisis Kawasan Budidaya Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) Berdasarkan Indikator Kesesuaian dan Daya Dukung Di Pesisir Kota BauBau.

- Jurnal Ilmu dan Teknologi Tropis, 14 (1) : 81-93.
- Nastiti, A.S. & Kartamihardja, E.S. 2017. Status Trofik Perairan Waduk Kedungombo, Jawa Tengah, Sebagai Dasar Pengelolaan Perikanannya. Jurnal Perikanan Indonesia, 1(3) : 26-35.
- Nelson, E. J. 2019. "Influence of biomass density on photosynthetic efficiency in macroalgae." Journal of Applied Phycology, 31(2) :123-131.
- Putri, R. A., Susilowati, T., & Hidayat, R. 2020. Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Kandungan Fosfat dan Nitrat untuk Budidaya Rumput Laut. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, 12(1): 13-21
- Prasetyarto & Suhendar. 2010. Modul Tentang Laut dan Pesisir. Jakarta.
- Prihaningrum, D., Zatnika, A., & Anggoro, S. 2001. Pembesaran Rumput Laut Jenis *Eucheuma cottoni* di Perairan Jepara. Jurnal Oseanologi dan Limnologi Indonesia, 34(1) : 45-54.
- Sahoo, D., Yarish, C., & Critchley, A. T. 2020. Sustainable Global Seaweed Industries: Economic and Environmental Aspect. Academic Press.
- Sari, D. P., & Wijaya, H. 2021. Pengaruh Nutrien dan Cahaya Terhadap Produktivitas Primer Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* di Perairan Pesisir. Jurnal Biologi Laut, 15(2): 89-98.
- Sari, M. I., Perwira, I. Y., & Ernawati, N. M. 2023. Kandungan nutrien nitrat dan fosfat pada air di kawasan estuari DAM, Badung, Bali. Jurnal Ilmiah Platax, 11(2) : 465-474.
- Senthilkumar, P., Ravichandran, S., & Anantharaman, P. 2016. Physiological responses of *Kappaphycus alvarezii* to environmental stresses. *Phycological Research*, 64(1): 1-10.
- Smith, J.A., & Jones, M.L. 2015. Metabolism and respiration in aquatic plants. *Aquatic Botany Journal*, 122: 10-18.
- Suardiani, N. K., Arthana, I. W., & Kartika, G. R. A. 2018. Produktivitas primer fitoplankton pada daerah penangkapan ikan di Taman Wisata Alam Danau Buyan, Buleleng, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 1(1) : 8-15.
- Urnaly, R. C., & Cuvin, L. A. 1989. Limnology: Laboratory and Field Guide Physico-Chemical Factors. Biology Factors. National Book Store Publ. Manila.
- Utojo, A. Mansyur., B. Pantjara, A. M., Pirzan., & Hasnawati. 2018. Kondisi Lingkungan Perairan Teluk Mallasaro yang Layak untuk Lokasi Pengembangan Budidaya Rumput Laut (*Eucheuma sp.*). Jurnal Akuakultur, 2(2): 243-255.
- Valderrama D, J. Cai, N. Hishamunda, and N. Ridler. 2013. Social and Economic Dimensions of Carrageenan Seaweed Farming. Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 580. FAO. Rome.
- Wantasen, A.S. & Tamrin. 2012. Analisis Kelayakan Lokasi Budidaya Rumput Laut di Perairan Teluk Dodinga Kabupaten Halmahera Barat. Jurnal Perikanan (2019), 9 (1): 17-29.
- Wibowo, P., Prasetyo, A., & Kurniawati, E. 2022. Peran Intensitas Cahaya terhadap Produktivitas Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* di Perairan Terbuka. Jurnal Kelautan Nasional, 17(2): 105-112
- Yulianur, H., Zahara, N., & Fadli, N. 2020. Pengaruh Suhu terhadap Pertumbuhan dan Morfologi *Kappaphycus alvarezii*. Jurnal Biologi Tropis, 20(1): 60-67.
- Zulfia, N., & Aisyah. 2013. Status Trofik Perairan Rawa Pening Ditinjau dari Kandungan Unsur. Bawal, 5(3): 189-199.