
Penentuan Bobot Awal dan Jenis Tali pada Budidaya Rumput Laut *Halymenia sp.* (Halymeniales, Rhodophyta) dengan Sistem Long-line dan Lepas Dasar

[Determination of Initial Weight and Rope Type in the Seaweed Farming of *Halymenia sp.* (Halymeniales, Rhodophyta) with Long-line and Off-bottom Systems]

Siti Fadilah^{1*}, Petrus Rani Pong-Masak², Aditia Farman²

¹Program Studi Teknologi Akuakultur, Politeknik Ahli Usaha Perikanan, Jakarta, Indonesia

²Pusat Riset Perikanan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong, Bogor, Indonesia

*E-mail Korespondensi: siti.fadilah@kkp.go.id

ABSTRAK

Halymenia sp. adalah salah satu karaginofit yang berpotensi untuk dikembangkan, namun komponen teknologi budidayanya belum diketahui. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan bobot awal rumpun dan jenis tali yang sesuai untuk budidaya rumput laut *Halymenia sp.* dengan menggunakan sistem lepas dasar dan long-line. Perlakuan dirancang dengan desain rancangan faktorial. Faktor pertama adalah bobot awal rumpun, yaitu 10, 30 dan 50 g. Faktor kedua adalah jenis tali, berupa tali plastik dan polietilen. Perlakuan tersebut diuji pada dua sistem budidaya, yaitu long-line dan lepas dasar. Jarak antar rumpun adalah 25 cm dan masa budidaya dilakukan selama 45 hari. Hasil menunjukkan bahwa pertumbuhan tertinggi dihasilkan oleh bobot rumpun 50 g pada sistem lepas dasar dan bobot rumpun 30 g pada sistem long-line. Sistem budidaya long-line menghasilkan biomassa sekitar 25% lebih tinggi daripada sistem lepas dasar. Tali polietilen juga menghasilkan pertumbuhan rumput laut yang lebih tinggi dibandingkan tali plastik. Pembudidaya disarankan menggunakan bobot rumpun awal 30 g, jenis tali polietilen dan sistem budidaya long-line untuk mengoptimalkan hasil panen rumput laut *Halymenia sp.*

Kata Kunci: *Karaginan, Karaginofit, Polietilen*

ABSTRACT

Halymenia sp. is one of the potential carrageenophytes to be developed, but the components of its farming technology are not yet known. The objective of this study was to determine the suitable of initial clump weight and rope type for seaweed *Halymenia sp.* farming using the off-bottom and long-line systems. Treatments were designed with a factorial design. The first factor was the initial weight of 10, 30 and 50 g. The second factor was the rope type of plastic and polyethylene. The treatments were tested on two farming systems, long-line and off-bottom. The distance between clumps was 25 cm and farming period was 45 days. The results showed that the highest growth was produced by clump weight of 50 g in the off-bottom system and clump weight of 30 g in the long-line system. The long-line system produced about 25% higher biomass than the off-bottom system. Polyethylene ropes also produced higher seaweed growth than plastic ropes. Farmers are recommended to use an initial clump weight of 30 g, polyethylene rope, and long-line farming system to optimize the *Halymenia* yield.

Key words : *Carrageenan, Carrageenophyte, Polyethylene*

PENDAHULUAN

Rumput laut merupakan salah satu komoditas utama perikanan budidaya yang bernilai ekonomis tinggi dengan peluang pasar yang cukup luas. Beberapa jenis rumput laut dari kelompok alga merah (Rhodophyta) menjadi penghasil karaginan (karaginoFit). KaraginoFit yang berasal dari kelompok Eucheumatoids seperti *Kappaphycus* dan *Eucheuma* telah banyak dibudidayakan oleh pembudidaya di Indonesia. Karaginan adalah hidrokoloid yang digunakan dalam industri makanan dan farmasi, terutama digunakan sebagai pengental dan penstabil (Khalil *et al.*, 2018).

Permintaan rumput laut terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Tercatat produksi rumput laut Indonesia tahun 2020 adalah 9,6 juta ton dengan volume ekspor sebesar 225.612 ton di tahun 2021 (KKP, 2022). Tingginya permintaan rumput laut ini menunjukkan peluang bagi usaha budidaya rumput laut untuk terus meningkatkan produksi rumput laut.

Selain pemakaian lahan pada sentra-sentra budidaya yang harus dioptimalkan, perlu juga dilakukan diversifikasi karaginoFit sebagai usaha dalam meningkatkan produksi karaginan Indonesia. Indonesia diketahui memiliki

kekayaan sumberdaya rumput laut setidaknya 555 spesies (Waters *et al.*, 2019), namun spesies yang telah didomestikasi untuk budidaya masih sangat terbatas. *Halymenia sp.* adalah salah satu karaginoFit yang berpotensi untuk dikembangkan. Pertumbuhan rumput laut ini termasuk cepat karena laju pertumbuhannya bisa mencapai 7%/hari selama 15 hari (Dewi & Saraswati, 2016). Rumput laut ini juga diketahui tidak disukai oleh ikan sehingga terhindar dari aktifitas *grazing* hama ikan herbivora (Dianto *et al.*, 2017).

Walaupun rumput laut ini sudah mulai dibudidayakan oleh beberapa pembudidaya di Bali, namun teknologi budidayanya belum dikembangkan. Pembudidaya cenderung menggunakan bobot awal rumpun melebihi ketentuan dan waktu panen yang dipercepat. Padahal produksi rumput laut sangat dipengaruhi oleh kondisi lokasi perairan, pemilihan bibit dan teknologi budidaya seperti jarak tanam, bobot awal, dan kedalaman (Pong-Masak, 2015; Pong-Masak *et al.*, 2014).

Bobot awal bibit mempengaruhi pada keberhasilan budidaya rumput laut. Setiap jenis rumput laut mempunyai bobot awal yang berbeda untuk mengoptimalkan pertumbuhannya. Rumput laut *Kappaphycus alvarezii* memiliki

pertumbuhan terbaik pada bobot awal 50 g (Jaya *et al.*, 2022), begitu juga pada *Eucheuma spinosum* (Kasim *et al.*, 2018). Namun pada *Gracilaria verrucosa* kecepatan pertumbuhan terbaik didapatkan pada bobot awal 25 g (Susilowati *et al.*, 2019). Sementara pada rumput laut *Gelidium*, laju pertumbuhan tertinggi dicapai pada bobot awal 10 g (Muslimin *et al.*, 2018).

Selama masa budidaya rumput laut, jenis tali pengikat rumpun yang digunakan juga harus dipilih yang mampu menahan beban bobot rumpun yang terus meningkat. Tali nilon dan tali benang telah diketahui mendukung pertumbuhan rumput laut *Halymenia sp.* (Fadilah & Sari, 2018), sedangkan rumput laut *Gelidium sp.* didukung jenis tali benang (Sarira & Muslimin, 2019). Penggunaan tali plastik dapat menghasilkan produksi rumput laut *Silvetia siliquosa* lebih tinggi daripada tali nilon, tali sabut dan tali rami (Sobuj *et al.*, 2023). Pemilihan jenis tali penting untuk mengoptimalkan hasil budidaya rumput laut. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan bobot awal rumpun dan jenis tali yang sesuai untuk budidaya rumput laut *Halymenia sp.* dengan menggunakan sistem lepas dasar dan long-line.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di perairan Desa Patas, Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng, Bali. Bibit *Halymenia sp.* berasal dari lokasi sekitar perairan. Panjang tali budidaya adalah 15 m dan jarak antar tali bentangan adalah 1 m. Jarak antar rumpun diatur 25 cm berdasarkan hasil penelitian Fadilah & Pratiwi (2020). Perlakuan dirancang dengan desain rancangan faktorial dan rancangan lingkungan berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor pertama adalah bobot awal rumpun yang terdiri dari 3 taraf yaitu 10, 30 dan 50 g. Faktor kedua adalah jenis tali yang terdiri dari 2 taraf, yaitu tali plastik dan polietilen. Kombinasi perlakuan ini diuji pada dua sistem budidaya yaitu sistem long-line dan lepas dasar (Gambar 1).

Pertumbuhan rumput laut *Halymenia sp.* diamati setiap 5 hari dengan menimbang bibit uji, sedangkan pengamatan variabel kualitas air dilakukan setiap 15 hari. Variabel kualitas air yang diukur secara *in situ* berupa salinitas, pH, kecerahan, kecepatan arus dan suhu, serta nitrat, nitrit, fosfat dan amonia yang diukur secara *ex situ*. Sampel rumput laut diambil setiap 15 hari sebagai data rendemen karaginan. Pengujian proksimat dilakukan pada awal

dan akhir siklus untuk mengamati kandungan air, abu, protein, lemak dan serat dalam rumput laut.

Data ditabulasi dan dihitung dengan MS excel, sedangkan analisis ragam

(ANOVA) menggunakan SPSS. Analisis lanjutan dilakukan menggunakan *Duncan's Multiple Range Test* dengan tingkat kepercayaan 95%.



A

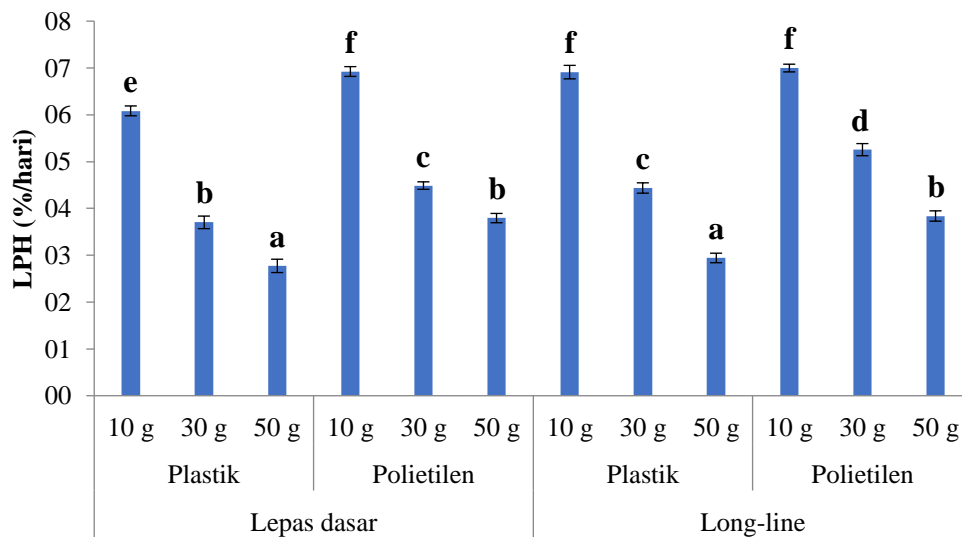
B

Gambar 1. Sistem budidaya yang diuji pada *Halymenia sp.* A. long-line B. lepas dasar

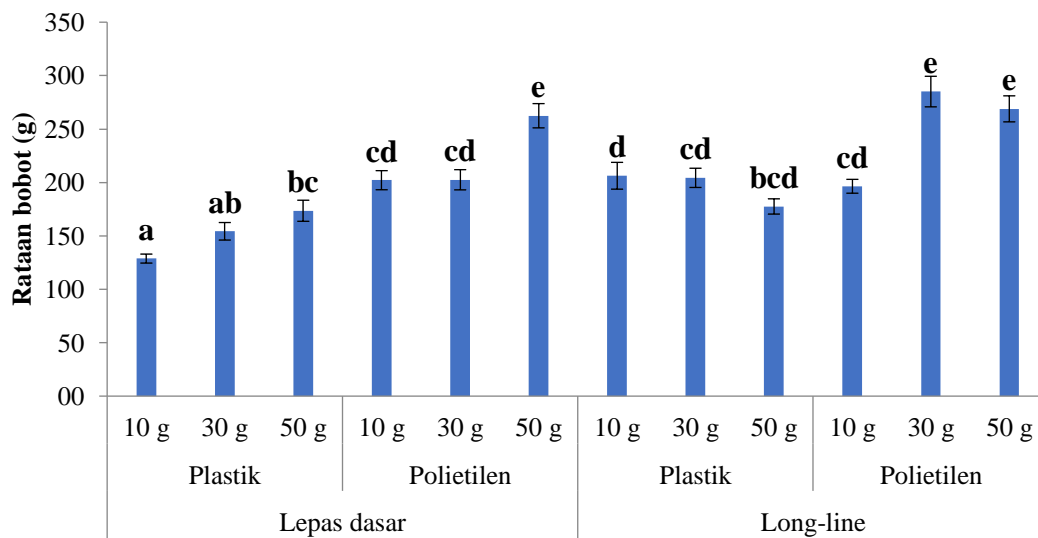
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bobot awal rumpun sebesar 10 g mempunyai Laju Pertumbuhan Harian (LPH) lebih tinggi dibandingkan bobot rumpun lainnya pada kedua sistem budidaya ($p < 0,05$; Gambar 2). LPH *Halymenia sp.* tertinggi mencapai sekitar 7% pada long-line dan 6-7% pada lepas dasar. Sementara LPH terendah yang mencapai hampir 3% terjadi pada bobot rumpun 50 g yang diikat dengan tali plastik ($p < 0,05$). Menurut Muslimin *et al.* (2018), talus yang mempunyai bobot rumpun yang lebih sedikit mendapatkan kesempatan untuk menyerap nutrisi dan cahaya matahari lebih banyak sehingga mampu tumbuh dan berkembang lebih optimal.

Tali polietilen pada masing-masing sistem budidaya cenderung lebih mendukung pertumbuhan daripada tali plastik (Gambar 3). Rataan bobot tertinggi terjadi pada kombinasi bobot 50 g dengan tali polietilen pada sistem lepas dasar dan kombinasi bobot 30 g dan 50 g juga dengan tali polietilen pada sistem long-line. Bobot rumpun 30 g menghasilkan peningkatan rata-rata bobot akhir sekitar 850%, sedangkan jika menggunakan bobot rumpun 50 g terjadi peningkatan rata-rata bobot akhir sekitar 430%. Berdasarkan hasil ini maka bobot rumpun awal 30 g lebih optimal untuk dapat diterapkan pada budidaya *Halymenia sp.*



Gambar 2. Laju Pertumbuhan Harian *Halymenia sp.* setelah 45 hari budidaya dengan berbagai perlakuan berbeda. Huruf yang berbeda di atas bar menunjukkan beda signifikan ($p < 0,05$)



Gambar 3. Rataan bobot *Halymenia sp.* setelah 45 hari budidaya dengan berbagai perlakuan berbeda. Huruf yang berbeda di atas bar menunjukkan beda signifikan ($p < 0,05$)

Bobot awal bibit yang optimal sangat penting pada budidaya tanaman. Bobot awal mempengaruhi komponen pertumbuhan vegetatif tanaman yang pada akhirnya mempengaruhi pula potensi

produksi (Arifin *et al.*, 2014). Selain itu juga penggunaan bobot awal minimal yang masih dapat menghasilkan produksi tinggi dapat mengurangi biaya produksi (Azmi *et al.*, 2011).

Penggunaan tali polietilen cenderung lebih baik daripada tali plastik diduga karena cara ikat tali polietilen. Tali polietilen yang digantung pada sistem long-line, memberikan ruang lebih luas dalam pertumbuhan bibit. Berdasarkan pengamatan, saat bibit mengalami penambahan dan pembesaran jaringan talus, maka ikatan merenggang dan memberi ruang untuk talus tumbuh. Sementara itu, cara ikat tali plastik seperti ikat pita tidak memberikan ruang pertumbuhan pada talus. Sifat plastik yang tidak elastis membuat talus yang semakin membesar tidak punya cukup ruang sehingga mengganggu pertumbuhan.

Tali polietilen juga telah banyak digunakan oleh pembudidaya dalam budidaya rumput laut selama ini (Standar Nasional Indonesia, 2010). Pembudidaya lebih familiar menggunakan tali polietilen dibandingkan jenis tali lainnya. Oleh karena itu, tali polietilen dianggap menjadi jenis tali terbaik untuk budidaya *Halymenia sp.*

Tali polietilen terdiri atas banyak senar halus yang memberikan banyak celah yang terisi air laut, mengurangi pengeringan dan meningkatkan pertumbuhan rumput laut di bawah stress kekeringan di zona intertidal (Gao *et al.*, 2017). Tali polietilen memiliki sifat

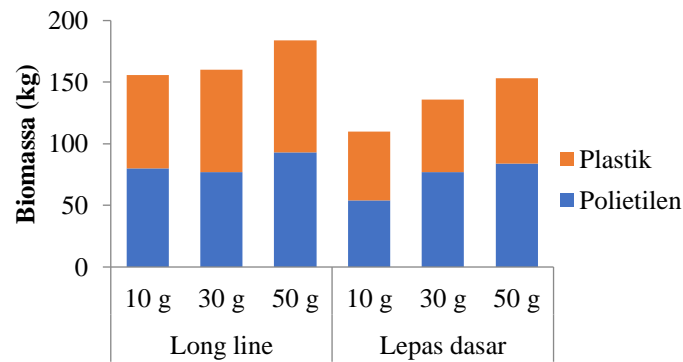
mekanik yang baik, tahan terhadap perubahan kimia, kepadatannya rendah, mudah diproses dan murah, sehingga banyak digunakan di bidang perikanan (Yu *et al.*, 2017).

Rataan bobot setelah 45 hari budidaya menunjukkan bahwa sistem long-line secara umum lebih mendukung pertumbuhan *Halymenia sp.* dibandingkan lepas dasar (Gambar 3). Hal ini terlihat pada seluruh perlakuan yang diletakkan pada sistem long-line cenderung memiliki rata-rata bobot lebih tinggi dibandingkan lepas dasar ($p < 0,05$). Sistem long-line menghasilkan sekitar 25% biomassa lebih tinggi dibandingkan lepas dasar (Gambar 4). Dengan demikian, sistem long-line menjadi sistem terbaik untuk diterapkan pada budidaya *Halymenia sp.*

Pemilihan sistem budidaya menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan budidaya karena disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan jenis rumput laut yang dibudidayakan (Wibowo *et al.*, 2020). Sistem budidaya long-line diduga memberi kesempatan pada rumput laut *Halymenia sp.* untuk mendapat lebih banyak cahaya matahari dibandingkan lepas dasar, karena berada dekat dengan permukaan perairan. Intensitas cahaya berkorelasi langsung dengan produktivitas rumput laut, sehingga semakin banyak

cahaya maka semakin tinggi produktivitas (Wahyuningtyas *et al.*, 2020). Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan pertumbuhan tertinggi rumput laut *Kappaphycus alvarezii*

(*E. cottonii*) dicapai pada kedalaman dekat dengan permukaan perairan yaitu 20 cm (Pong-Masak & Sarira, 2020) dan 30 cm (Maulana *et al.*, 2023).



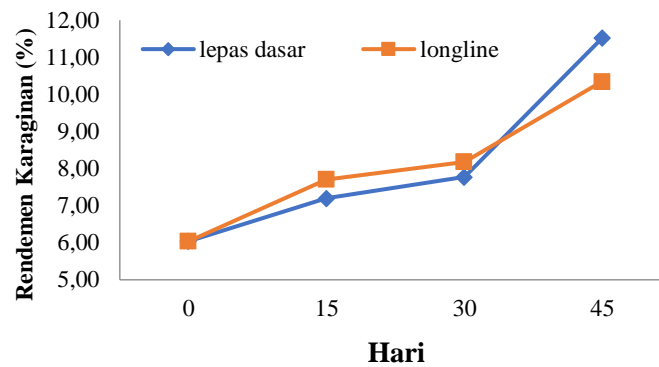
Gambar 4. Biomassa *Halymenia sp.* setelah 45 hari masa budidaya

Selain itu berdasarkan pengamatan, sistem long-line lebih mudah ditangani oleh pembudidaya daripada lepas dasar. Monitoring pada rumput laut yang dibudidayakan dengan sistem lepas dasar terkadang harus dilakukan dengan menyelam, sementara untuk long-line dapat dilakukan dari atas perahu atau permukaan perairan.

Halymenia sp. yang dibudidayakan dengan dua sistem budidaya menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan rendemen karaginan seiring dengan bertambahnya hari di masa budidaya (Gambar 5). Namun tidak ada perbedaan yang signifikan pada rendemen karaginan akhir antara kedua sistem budidaya yang berada pada kisaran 10-11% ($p > 0,05$). Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian

Pong-Masak & Sarira (2020) yang menyatakan kedalaman perairan tidak mempengaruhi secara signifikan pada kandungan karaginan rumput laut.

Rendemen karaginan *Halymenia floresii* dapat mencapai 26-28% (Freile-Peigrín *et al.*, 2011) dan *Halymenia durvillei* mencapai 39% (Maghfiroh, 2016). Karaginan pada *Halymenia sp.* bertipe lambda. Lambda karaginan memiliki sedikit kandungan gugus 3,6-anhidrogalaktoza yang merupakan pembentuk gel, sehingga kekuatan gel dari karaginan rumput laut pada penelitian ini sulit diukur. Berdasarkan hasil penelitian Maghfiroh (2016), kekuatan gel yang dihasilkan *H. durvillei* hanya 0,05 g/cm².



Gambar 5. Rendemen karaginan rumput laut *Halymenia sp.* pada dua sistem budidaya berbeda selama 45 hari masa budidaya

Kandungan protein *Halymenia sp.* berkisar antara 12-14%, kadar air sekitar 10%, sementara kandungan lemak pada penelitian ini tidak bisa terukur karena konsentrasinya terlalu rendah (Tabel 1). Kadar abu menjadi komponen terbesar dalam *Halymenia sp.* yang berkisar 43-47%, sedangkan serat kasar adalah komponen terkecilnya. Semua variabel proksimat *Halymenia sp* yang dibudidaya di sistem lepas dasar dan long-line tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Diduga hal ini disebabkan oleh kandungan nitrat dan fosfat tersebar merata di kolom perairan, sehingga rumput laut di permukaan dan di dasar perairan mendapatkan jumlah nutrisi yang hampir sama untuk membentuk protein, karbohidrat dan lemak. Nitrat dan fosfat diketahui berkorelasi positif dengan protein, karbohidrat dan lemak dalam jaringan rumput laut (Banerjee *et al.*, 2019). Kadar abu berhubungan dengan

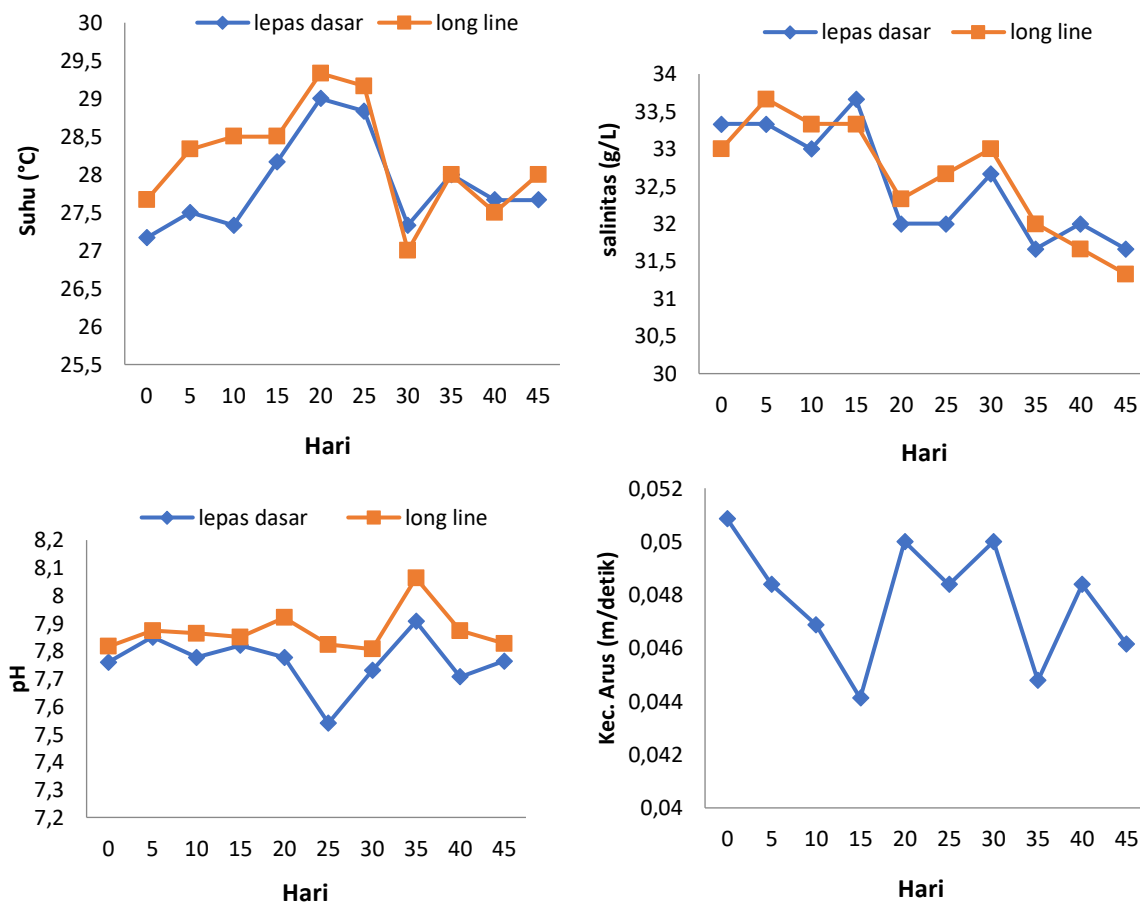
kandungan mineral dalam rumput laut. Kadar abu pada rumput laut dapat mencapai 40% berat kering dengan kandungan mineral mencapai 10-100 kali lebih tinggi dari sayuran darat (Circunciso *et al.*, 2018).

Menurut Banerjee *et al.*, (2019), kandungan protein pada rumput laut *Catenella repens* adalah 14,34%; *Ulva lactuca* 14,8%; *Caulerpa racemosa* 16,33%, *Enteromorpha intestinalis* 12,15% dan *Chaetomorpha melagonium* 17,97%. Sementara itu kandungan lemak *C. repens* adalah 0,58%; *U. lactuca* 0,54%; *C. racemosa* 0,7%, *E. intestinalis* 0,62% dan *C. Melagonium* 0,51%. Menurut Tapotubun (2018), kadar abu *Caulerpa lentillifera* berkisar 40%. Hasil penelitian Sormin (2011) menyebutkan rumput laut *Porphyra sp.* memiliki kandungan protein sebesar 11,3%; kandungan lemak 0,42%; serat kasar 4,36% dan kadar abu 16,46%.

Tabel 1. Komposisi proksimat *Halymenia sp.* pada dua sistem

Konstruksi/ Sistem	Komposisi proksimat (%)			
	Air	Abu	Protein	Serat kasar
Awal	10.84 ^a	43.08 ^a	14.83 ^a	4.09 ^a
Lepas dasar	10.97 ^a	47.66 ^b	12.65 ^a	3.17 ^b
Long-line	10.22 ^a	46.27 ^{ab}	13.44 ^a	3.44 ^b

Angka yang diikuti huruf yang berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan beda signifikan ($p < 0,05$)



Gambar 6. Kualitas perairan selama 45 hari budidaya *Halymenia sp.*

Suhu perairan berada pada kisaran 27-29°C, salinitas pada kisaran 31-33 g/L dan pH pada kisaran 7,5-8,1 pada kedua sistem budidaya (Gambar 6). Kisaran suhu, salinitas dan pH tersebut masih berada pada kisaran yang mendukung

pertumbuhan rumput laut berdasarkan Mustafa *et al.* (2017). Salinitas dan suhu perairan laut adalah faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan makroalga. Suhu dan salinitas optimal pada *Hypnea cervicornis* adalah 25°C dan

25 g/L (Ding *et al.*, 2013), sedangkan *Acanthopora spicifera* toleran pada salinitas 25-40 g/L (Pereira *et al.*, 2017). Selanjutnya *C. repens*, *U. lactuca*, *C. racemosa*, *E. intestinalis* dan *C. melagonium* ditemukan pada perairan bersuhu 26-27°C, salinitas 28-30 g/L dan pH 8,3 (Banerjee *et al.*, 2019).

Berdasarkan pengamatan, mulai hari ke-10 hingga ke-15 terjadi ledakan populasi (*blooming*) rumput laut jenis lain yaitu *Ulva*. *Ulva* menjadi biofouling dan menempel di *Halymenia sp.* pada dua sistem budidaya. Warna rumput *Halymenia sp.* juga mengalami perubahan warna menjadi lebih pucat. Kedua hal ini terjadi diduga karena menurunnya kecepatan arus (Gambar 6). Kecepatan arus mempengaruhi pada ketersediaan nutrisi dan *blooming* biofouling. Kecepatan arus tampak menurun dari hari ke-0 sampai hari ke-15. Kemudian arus mulai menguat pada hari ke-20. Warna rumput laut mulai pulih menjadi merah lagi dan jumlah *Ulva* berkurang.

Arus perairan menyuplai nutrisi pada jaringan rumput laut yang mempengaruhi kerapatan pertumbuhan (Wulandari *et al.*, 2015). Peningkatan arus dapat menurunkan biofouling dari 10% menjadi 6% pada lokasi terlindung dan

cukup terpapar, dan menjadi 3% di lokasi yang terpapar (Visch *et al.*, 2020).

Pada hari ke-35, talus *Halymenia sp.* mengalami kerontokan. Ukuran talus rumput laut yang membesar dan jaringan yang mulai menua diduga menjadi penyebab kerontokan. Kerontokan ini lebih banyak terjadi di sistem long-line karena rumput laut yang menggantung di tali lebih mudah patah terpapar arus yang lebih kuat dibanding lepas dasar yang disangga oleh dasar perairan. Pergerakan arus yang terlalu kuat dapat merusak jaringan rumput laut dan berakibat rendahnya kerapatan rumput laut (Wulandari *et al.*, 2015).

Kandungan nutrisi perairan selama budidaya mengalami fluktuasi (Tabel 2). Berdasarkan hasil pengamatan, variabel nitrat, nitrit, fosfat dan amonia cenderung lebih tinggi di permukaan perairan (sistem long-line) dibandingkan di dasar perairan (sistem lepas dasar). Secara umum kondisi perairan ini masih mendukung pertumbuhan rumput laut menurut Mustafa *et al.* (2017). Rumput laut berperan sebagai agen bioremediasi dalam membersihkan perairan karena dapat menyerap sejumlah besar nutrisi, seperti nitrat dan fosfat, yang kemudian digunakan untuk membentuk biomasnya (Banerjee *et al.*, 2019).

Tabel 2. Kualitas perairan selama 45 hari budidaya *Halymenia sp.* pada 2 sistem budidaya berbeda

Sistem Budidaya	Hari	Konsentrasi (mg/l)			
		Nitrat	Nitrit	Fosfat	Amonia
Lepas Dasar	0	0.046	< 0.002	< 0.013	< 0.006
	15	0.039	0.010	< 0.014	0.025
	30	0.042	0.026	0.022	< 0.006
	45	0.109	0.024	0.020	< 0.006
Long-line	0	0.072	< 0.002	< 0.013	0.078
	15	0.076	< 0.003	< 0.014	0.032
	30	0.081	< 0.004	0.045	0.042
	45	0.101	0.029	0.040	0.053

SIMPULAN

Pembudidaya direkomendasikan menggunakan bobot awal rumpun 30 g, jenis tali polietilen dan sistem budidaya long-line untuk budidaya rumput laut *Halymenia sp.*

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Arman Manangkari yang telah membantu teknis penelitian ini. Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Loka Riset Budidaya Rumput Laut (LRBRL) Gorontalo.

DAFTAR PUSTAKA

Arifin, M. S., Nugroho, A., & Suryanto, A. (2014). Kajian Panjang Tunas Dan Bobot Umbi Bibit Terhadap Produksi Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum L.*) Varietas Granola. *Jurnal Produksi Tanaman*, 2(3), 221–229.

Azmi, C., Hidayat, I. M., & Wiguna, G. (2011). Pengaruh varietas dan ukuran umbi terhadap produktivitas bawang merah. *Jurnal Hortikultura*, 21(3), 206–213. <https://doi.org/10.21082/jhort.v21n3.2011.p206-213>

Banerjee, K., Turuk, A. S., & Khemundu, G. R. (2019). Role of Physico-Chemical Variables on Growth of Seaweeds. *Acta Scientific Agriculture*, 3(5), 40–54.

Circuncisão, A. R., Catarino, M. D., Cardoso, S. M., & Silva, A. M. S. (2018). Minerals from macroalgae origin: Health benefits and risks for consumers. In *Marine Drugs* (Vol. 16, Issue 11). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/md16110400>

Dewi, A. P. W. K., & Saraswati, S. A. (2016). Kajian Pengembangan Usaha Budidaya Rumput Laut Di Pantai Kutuh, Badung, Provinsi Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 2(1), 1–5. <https://doi.org/10.24843/jmas.2016.v2.i01.1-5>

Dianto, I. K., Arthana, I. W., & Ernawati, N. M. (2017). The utilization of *Halymenia durvillaei* to support the management of *Euclima spinosum* seaweed farming in Geger coastal area, Bali. *Metamorfosa: Journal of*

- Biological Sciences*, 4(1), 65–71.
<https://doi.org/10.24843/metamorfoa.2017.v04.i01.p11>
- Ding, L., Ma, Y., Huang, B., & Chen, S. (2013). Effects of seawater salinity and temperature on growth and pigment contents in *Hypnea cervicornis* J. Agardh (Gigartinales, Rhodophyta). *BioMed Research International*, 1–10.
<https://doi.org/10.1155/2013/594308>
- Fadilah, S., & Pratiwi, D. A. (2020). Peningkatan Pertumbuhan Rumput Laut *Halymenia* sp. melalui Penentuan Jarak Tanam Rumpun. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 22(1), 37.
<https://doi.org/10.22146/jfs.48254>
- Fadilah, S., & Sari, W. K. P. (2018). Pengaruh jenis tali pengikat rumpun yang berbeda terhadap pertumbuhan rumput laut *Halymenia* sp. *Seminar Nasional Tahunan XV Hasil Penelitian Perikanan Dan Kelautan Tahun 2018*, 109–114.
- Freile-Peegrín, Y., Azamar, J. A., & Robledo, D. (2011). Preliminary characterization of carrageenan from the red seaweed *Halymenia floresii*. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 20(1), 73–83.
<https://doi.org/10.1080/10498850.2010.541590>
- Gao, X., Choi, H. G., Park, S. K., Lee, J. R., Kim, J. H., Hu, Z. M., & Nam, K. W. (2017). Growth, reproduction and recruitment of *Silvetia siliquosa* (Fucales, phaeophyceae) transplants using polyethylene rope and natural rock methods. *Algae*, 32(4), 337–347.
<https://doi.org/10.4490/algae.2017.32.12.6>
- Jaya, L. S. S., Junaidi, M., & Diniarti, N. (2022). The Effect of Seed Weight on Growth of Seaweeds *Kappaphycus alvarezii* in Integrated Marine Aquaculture of Ekas Bay, East Lombok Regency. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(2), 629–640.
<https://doi.org/10.29303/jbt.v22i2.3551>
- Kasim, M., Asjan, Effendy, I. J., Wanurgayah, & Ishak, E. (2018). Influence of initial weight of seeds in variation of growth and carrageenan content of *Eucheuma spinosum*. *AAFL Bioflux*, 11(4), 1155–1163.
- Khalil, H. P. S. A., Lai, T. K., Tye, Y. Y., Rizal, S., Chong, E. W. N., Yap, S. W., Hamzah, A. A., Fazita, M. R. N., & Paridah, M. T. (2018). A review of extractions of seaweed hydrocolloids: properties and applications. *Express Polymer Letters*, 12(4), 296–317.
<https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2018.27>
- KKP. (2022). *Kelautan dan perikanan dalam angka tahun 2022* (R. R. Damayanti, R. Rahadian, D. Arriyana, & Susiyanti (eds.)). Pusat Data, Statistik dan Informasi.
- Maghfiroh, Y. (2016). Pengaruh Penggunaan Isopropanol dengan Konsentrasi yang Berbeda Terhadap Nilai Rendemen Karaginan yang Diekstraksi dari Rumput Laut *Halymenia durvillei*. In *Skripsi*. Universitas Airlangga.
- Maulana, F. W., Minsas, S., & Safitri, I. (2023). Laju Pertumbuhan Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Berdasarkan Perbedaan Kedalaman dengan Metode Keramba Jaring Apung di Perairan Pulau Lemukutan. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 6(2), 58–70.
<https://doi.org/10.26418/lkuntan.v6i2.58126>
- Muslimin, Sarira, N. H., & Pong-Masak, P. R. (2018). Pengaruh bobot bibit dan jarak tanam terhadap pertumbuhan rumput laut *Gelidium corneum*. In A. Isnansetyo, Alimuddin, A. Husni, B. Triyatmo, B. Slamet, C. P. H. Simanjuntak, & D. W. K. Sari (Eds.), *Seminar*

- Nasional Tahunan XV Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan, 28 Juli 2018* (pp. 45–52). Departemen Perikanan Fakultas Pertanian UGM.
- Mustafa, A. A., Tarunamulia, T., Hasnawi, H., & Radiarta, I. N. (2017). Karakteristik Dan Kesesuaian Perairan Untuk Budidaya Rumput Laut Di Kabupaten Kepulauan Sangihe, Sulawesi Utara. *Jurnal Riset Akuakultur, 12*(2), 187. <https://doi.org/10.15578/jra.12.2.2017.187-196>
- Pereira, D. T., Simioni, C., Filipin, E. P., Bouvie, F., Ramlov, F., Maraschin, M., Bouzon, Z. L., & Schmidt, É. C. (2017). Effects of salinity on the physiology of the red macroalga, *Acanthophora spicifera* (Rhodophyta, Ceramiales). *Acta Botanica Brasiliica, 31*(4), 555–565. <https://doi.org/10.1590/0102-33062017abb0059>
- Pong-Masak, P. R. (2015). *Petunjuk teknis produksi bibit unggul rumput laut Kappaphycus alvarezii dengan metode seleksi varietas* (M. Muslimin & S. Fadilah (eds.)). Loka Penelitian dan Pengembangan Budidaya Rumput Laut.
- Pong-Masak, P. R., Parenrengi, A., & Ratnawati, P. (2014). *Petunjuk teknis produksi bibit unggul rumput laut Gracilaria verrucosa dengan metode seleksi varietas* (M. Muslimin & S. Fadilah (eds.)). Loka Penelitian dan Pengembangan Budidaya Rumput Laut.
- Pong-Masak, P. R., & Sarira, N. H. (2020). Effect of Depth on the Growth and Carrageenan Content of Seaweed *Kappaphycus alvarezii* Cultivated Using Verticulture Method. *E3S Web of Conferences, 147*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014701011>
- Sarira, N. H., & Muslimin. (2019). Pengaruh Jenis Tali Pengikat Rumpun yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Rumput Laut *Gelidium* sp. *Seminar Nasional Tahunan XVI Hasil Penelitian Perikanan Dan Kelautan Tahun 2019*, 119–123.
- Sobuj, M. K. A., Mostofa, M. G., Islam, Z., Rabby, A. F., Rahman, T., Sonia, S. S., Hasan, S. J., & Rahman, S. (2023). Floating raft culture of *Gracilariopsis longissima* for optimum biomass yield performance on the coast of Cox's Bazar, Bangladesh. In *Scientific Reports* (Vol. 13, Issue 1). Nature Publishing Group UK. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28675-0>
- Sormin, R. B. (2011). Komposisi Kimia dan Potensi Bioaktif Sayur Laut (*Porphyra* sp). *Prosiding Seminar: Pengembangan Pulau-Pulau Kecil, 77–85*.
- Standar Nasional Indonesia. (2010). Produksi rumput laut kotoni (*Eucheuma cottonii*) - Bagian 2: Metode long-line. *Badan Standar Indonesia SNI 7579.2:2010, 2*, 1–9.
- Susilowati, T., Fawwaz, C. B., Harwanto, D., Haditomo, A. H. C., & Sarjito. (2019). Growth of seaweed *Gracilaria verrucosa* cultured on different initial weight with longline methods in Karimunjawa Waters. *Scripta Biologica, VI*(4), 1–7. <https://doi.org/10.20884/1.SB.2019.5.4.1120>
- Tapotubun, A. M. (2018). Komposisi Kimia Rumput Laut (*Caulerpa lentillifera*) dari Perairan Kei Maluku dengan Metode Pengeringan Berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 21*(1), 13. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v21i1.21257>
- Visch, W., Nylund, G. M., & Pavia, H. (2020). Growth and biofouling in

- kelp aquaculture (*Saccharina latissima*): the effect of location and wave exposure. *Journal of Applied Phycology*, 32(5), 3199–3209. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02201-5>
- Wahyuningtyas, A. F., Prayogo, Abdillah, A. A., Amin, M. N. G., & Alamsjah, M. A. (2020). The Effectivity of Plantation Depth on Seaweed *Sargassum* sp. Growth Using Longline Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 416(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/416/1/012021>
- Waters, T., Lionata, H., Wibowo, T. P., Jones, R., Theuerkauf, S., Usman, S., Amin, M. I., & Ilman, M. (2019). Coastal Conservation and Sustainable Livelihoods through Seaweed Aquaculture in Indonesia: A Guide for Buyers, Conservation Practitioners, and Farmers, Version 1. *The Nature Conservancy*, July, 1–47.
- Wibowo, Y., Nafi, A., & Jawara, R. R. (2020). Effect of seed type and harvest time of seaweed (*Eucheuma cottonii*) on the quality of alkali treated *cottonii*. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 10(4), 1669–1674. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.10.4.11534>
- Wulandari, S. R., Hutabarat, S., & Ruswahyuni. (2015). Pengaruh arus dan substrat terhadap distribusi kerapatan rumput laut di perairan pulau Panjang sebelah barat dan selatan. *Diponegoro Journal of Maquares*, 4(3), 91–98.
- Yu, W., Shi, J., Wang, L., Chen, X., Min, M., Wang, L., & Liu, Y. (2017). The structure and mechanical property of silane-grafted-polyethylene/SiO₂ nanocomposite fiber rope. *Aquaculture and Fisheries*, 2(1), 34–38. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2017.01.003>.