

Pengaruh Lama Penyinaran Terhadap Pelepasan dan Penempelan Spora Rumput Laut *Gracilaria* sp.

*Effect of Photoperiod on the Releasing and Attaching of seaweed (*Gracilaria* sp.) spores*

Muhammad Hirijal¹, Khusnul Khatimah², Sri Wahidah³, Aldy Mulyadin^{3*}

¹Mahasiswa Program Studi Teknologi Budi Daya Perikanan, Jurusan Budidaya Perikanan Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan

²Mahasiswa Program Magister Ilmu Akuakultur, Institut Pertanian Bogor

³Program Studi Teknologi Budi Daya Perikanan, Jurusan Budidaya Perikanan, Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan

Article history:

Received November 20, 2024

Accepted December 28, 2024

Keyword:

attaching, Gracilaria sp.,
releasing, spores

*Corresponding author:

aldymulyadin@polipangkep.co.id

Abstrak: Penyinaran berperan penting dalam pertumbuhan dan reproduksi rumput laut *Gracilaria* sp. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama penyinaran terhadap pelepasan dan penempelan spora *Gracilaria* sp. Penelitian dilaksanakan pada bulan februari 2024 bertempat di Laboratorium Kultur Jaringan Jurusan Budidaya Perikanan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan 3 kali ulangan yaitu 12 Jam terang dan 12 Jam gelap (kontrol), 16 Jam terang dan 8 Jam gelap (A) dan 8 Jam terang dan 16 Jam gelap (B). Hasil penelitian menunjukkan lama penyinaran terhadap pelepasan dan penempelan yang diamati selama 6 hari diperoleh data spora berfluktuatif tetapi tidak memberikan pengaruh yang signifikan ($P>0,05$). Nilai rata-rata spora terlepas tertinggi pada perlakuan dengan lama penyinaran 8 jam terang dan 16 jam gelap (B) di hari ke-5 sebanyak 560.00 ± 295.97 spora/Cystocarp. Sedangkan pada penempelan spora tertinggi diperoleh pada perlakuan B pada hari ketiga sebanyak 6783.75 ± 8688.05 spora/Cystocarp.

Abstract: Photoperiod functioned in the growth and reproduction of seaweed *Gracilaria* sp. The purpose of this study is to determine the effect of photoperiod on the releasing and attaching of seaweed (*Gracilaria* sp.) spores. This research was carried out in February 2024 at the Tissue Culture Laboratory and seawater hatchery laboratory of the Department of Aquaculture, Pangkap State of Agricultural Polytechnic. This study used a complete random design (RAL) with 3 treatments and 3 repeats i.e., 12 light hours and 12 dark hours (control), 16 light hours and 8 dark hours (treatment A) and 8 light hours and 16 dark hours (treatment B). The results showed that the duration of irradiation to release and attachment observed for 6 days was obtained with fluctuating spore release data. The average value of spores released was highest in treatment with a photoperiod of 8 hours of light and 16 hours of darkness (B) on day 5 of 560.00 ± 295.97 spores/Cystocarp. Meanwhile, in the attached of the highest spores, it was obtained in the long treatment B on the third day as many as 6783.75 ± 8688.05 spores/Cystocarp.

DOI: <https://doi.org/10.51978/jlpp.v29i2.917>

PENDAHULUAN

Rumput laut *Gracilaria* sp. memiliki peranan penting baik dalam ekosistem laut maupun dalam industri. Pada ekosistem laut, *Gracilaria* sp. berfungsi sebagai habitat dan sumber makanan bagi berbagai organisme laut seperti ikan, moluska, dan krustasea. Keberadaan rumput laut juga membantu dalam penyerapan karbon dan produksi oksigen, yang sangat penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem laut

(Ferdouse *et al.*, 2018). Rumput laut dapat dijadikan bahan pangan serta bermanfaat untuk kesehatan karena mengandung serat, asam-asam amino, lemak yang rendah karbohidrat, mineral, dan vitamin. Komposisi proksimat rumput laut kering *Gracilaria gracilis* yaitu protein (10,86%), karbohidrat (63,13%), lemak (0,19%), kadar abu (6,78%) dan serat (27,48%) (Rasyid *et al.*, 2019). Selain kandungan nutrisi yang terdapat pada rumput laut, ekstrak *Gracilaria* sp memiliki kandungan komponen bioaktif seperti alkaloid, fenol, saponin, flavonoid, triterpenoid (Purwaningsih & Deskawati, 2020). Kandungan yang terdapat pada rumput laut membuat permintaan yang terus meningkat yang menempatkan *Gracilaria* sp. sebagai komoditi perikanan penting, yang secara langsung berdampak pada perekonomian masyarakat pesisir yang bergantung pada kegiatan budidaya dan pengolahan rumput laut ini. Peluang yang muncul dari budidaya rumput laut sangat relevan di masyarakat pedesaan dan pesisir, di mana Industri akuakultur yang maju semakin penting bagi pembangunan ekonomi pedesaan (Flaherty *et al.*, 2019).

Produksi rumput laut diharapkan terus meningkat, akan tetapi mengalami beberapa kesulitan seperti mendapatkan benih berkualitas tinggi dan tingkat ekspansi pertanian yang lambat (Permani *et al.*, 2024). Kegiatan budi daya rumput laut selama ini adalah dengan menggunakan teknik vegetatif (talus sebagai bibit), pemanfaatan yang berlebihan menyebabkan *over harvesting* sehingga diperoleh bibit dengan kualitas yang kurang baik. Untuk menghadapi permasalahan tersebut dapat menggunakan spora (generatif). Perkembangbiakan secara generatif yaitu dengan spora juga dipengaruhi oleh beberapa kondisi lingkungan seperti suhu, salinitas dan penyinaran. Penyinaran memainkan peran krusial dalam pertumbuhan dan reproduksi rumput laut, termasuk *Gracilaria* sp. Kondisi alam berupa suhu dan cahaya merupakan salah satu faktor pembatas terpenting di alam yang perlu untuk dipertimbangkan. Laju fotosintesis dan parameter fotosintesis umumnya berkorelasi dengan kondisi pertumbuhan, penyinaran, dan suhu yang ditemukan di lingkungan (Singh & Singh, 2015). Suhu dan cahaya sangat penting untuk proses fotosintesis, di mana salah satu indikasi peningkatan produksi *K. alvarezii* adalah dengan menambah bobot dan meningkatkan kualitas rumput laut seperti yang ditunjukkan dengan tidak menghambat proses fotosintesis (Failu, *et al.*, 2016). Intensitas dan durasi penyinaran dapat mempengaruhi laju fotosintesis, yang pada gilirannya mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksi rumput laut. Salah satu cara untuk meningkatkan laju fotosintesis pada rumput laut yaitu dengan memanipulasi lama penyinaran terhadap pertumbuhannya.

Meskipun pentingnya penyinaran dalam pertumbuhan dan reproduksi rumput laut telah dilakukan, masih banyak aspek yang belum sepenuhnya dipahami, terutama mengenai durasi penyinaran yang optimal untuk pelepasan dan penempelan spora *Gracilaria* sp. Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui hubungan antara lama penyinaran dengan pelepasan dan penempelan spora dapat membantu dalam meningkatkan efisiensi budidaya rumput laut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi durasi penyinaran yang optimal yang dapat memaksimalkan pelepasan dan penempelan spora pada *Gracilaria* sp. yang pada akhirnya dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan industri rumput laut.

METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2024. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan dan laboratorium pembenihan air laut Jurusan Budidaya Perikanan Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian yaitu timbangan analitik, autoclave, refraktometer, DO meter, pH meter, rak kultur, petridish/cawan petri, pingset, pisau/silet, erlenmeyer, gelas ukur, pipet skala, sedgewick rafter, handcounter, mikroskop, kamera, lampu, bulb, dan pompa vakum. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rumput laut (*Gracilaria* sp.), label, kertas whatman, betadine, tissu, akuades, alkohol, sabun, air laut steril, air tawar, pupuk grund, aluminium foil, dan plastik hitam.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktor, adapun perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 perlakuan dan 3 kali ulangan dengan jumlah keseluruhan unit percobaan adalah 9 unit. Adapun perlakuan dalam penelitian ini adalah percobaan penyinaran pada

pelepasan dan penempelan spora diantaranya K (kontrol) = 12 jam terang dan 12 jam gelap; A= 16 Jam terang dan 8 Jam gelap; B = 8 Jam terang dan 16 jam gelap.

Prosedur Penelitian

Persiapan Wadah dan Media

Wadah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cawan petri sebanyak 54 unit. Peralatan yang akan digunakan seperti cawan petri, erlenmeyer, pipet ukur dan beaker glass dicuci terlebih dahulu dan dikeringkan. Selanjutnya peralatan yang akan digunakan dibungkus menggunakan aluminium foil kemudian diikat menggunakan karet gelang dan di autoclave pada suhu 121°C selama 20 menit dengan tekanan 1 atm. Media air laut yang akan digunakan diendapkan pada bak tandon selama 1-2 hari. Selanjutnya salinitas disesuaikan pada 30-33 ppt untuk persiapan aklimatisasi indukan dan untuk media pelepasan spora. Air laut disaring terlebih dahulu menggunakan kertas whatman 0,45 µm kemudian di autoclave pada suhu 121°C selama 20 menit pada tekanan 1 atm. Selanjutnya air laut didinginkan dan siap untuk digunakan.

Aklimatisasi Indukan *Gracilaria* sp.

Rumput laut *Gracilaria* sp. yang digunakan adalah bibit yang mengandung spora (fertil) atau berada pada fase carpospore (Carposporophyte). Indukan *Gracilaria* sp. berasal dari desa biringkassi kabupaten pangkep. *Gracilaria* sp. fertil yang diperoleh melalui seleksi, kemudian ditampung pada kantong plastik (plastik packing benih) yang telah diisi air laut dan ditempatkan di dalam wadah styrofoam dan selanjutnya diangkut ke laboratorium pembenihan air laut dengan suhu yang dipertahankan ± 25°C. Menurut Aslan, (1998) suhu yang baik untuk proses aklimatisasi dan pelepasan spora Alga laut berkisar antara 26-33°C. Jumlah spora menempel terbanyak pada salinitas 26 ppt dan spora yang tumbuh pada salinitas 23 ppt (Hasim *et al.*, 2019)

Gracilaria sp. dibersihkan dengan air laut tujuannya spora bersih dari kotoran atau lumut yang menempel kemudian dipelihara sebagai tahap aklimatisasi di akuarium selama 2-7 hari. Aklimatisasi ini bertujuan untuk menyesuaikan fisiologis dari *Gracilaria* sp. terhadap lingkungan barunya.

Setelah aklimatisasi indukan diangkut ke laboratorium kultur jaringan untuk proses pemotongan indukan. Pemotongan dilakukan dengan menggunakan pisau bedah atau silet dengan memotong talus alga laut yang mengandung 5 kantong spora yang dijepit dengan menggunakan pinset di atas talenan kemudian potongan-potongan talus direndam kembali ke dalam cawan petri plastik yang telah diisi air laut steril.

Pupuk Grund

Pupuk yang digunakan untuk pemeliharaan adalah grund. Komposisi dan prosedur pembuatannya mengacu pada Andersen (2005) yaitu pembuatan media grund menggunakan air laut alami sebanyak 940 ml yang telah disaring kemudian disterilkan dan ditambahkan 10 ml masing-masing larutan stok secara aseptik.

Sterilisasi talus

Hasil pemotongan talus yang terdapat kantong spora (Cystocarp) kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml yang berisi air laut steril lalu dikocok agar kotoran yang tersisa hilang, kegiatan ini dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

Kemudian masih dalam erlenmeyer diberi air laut steril sebanyak 100 mL dan dicampurkan dengan sunlight (sabun) sebanyak 1 tetes/100 mL dan betadine sebanyak 1% lalu dikocok selama 2-3 menit hingga lumut atau kotoran yang menempel hilang kemudian ditiriskan. Selanjutnya dilakukan pencucian dan pembilasan sampai aroma sunlight (sabun) dan betadine hilang hal ini dilakukan 3 kali dimana pada saat penirisan dilakukan penyemprotan air laut steril ke agar, kotoran yang menempel lebih mudah bersih. Setelah itu dilakukan pengeringan talus dengan cara ditata di atas tisu sampai air yang menempel pada talus hilang. Hal ini berfungsi untuk menghilangkan aroma sunlight (sabun) dan iodine pada talus, setelah itu talus dimasukkan ke dalam cawan petri.

Kultur Biakan Spora *Gracilaria* sp.

Talus yang sudah mengalami proses sterilisasi kemudian dimasukkan ke dalam media. Perlakuan berisi air laut steril yang sudah dicampur dengan pupuk grund sesuai perlakuan. Adapun suhu ruangan

selama kultur biakan spora adalah 25-27°C dengan intensitas penyinaran 500-1000 lux, Kultur spora dilakukan dengan perlakuan metode siklus terang dan gelap dengan periode penyinaran selama 12 jam terang-12 jam gelap, 16 jam gelap -8 jam terang dan 8 jam terang- 16 jam gelap untuk proses fotosintesis dan respirasi. Biasanya, spora yang tidak mengalami pembuahan akan mengalami kematian dalam waktu 24 jam setelah dilepaskan dari cystocarp (kantong spora). Spora yang mati ditandai dengan warna yang pucat dan sel-selnya tidak mengalami perkembangan.

Pengamatan Spora

Pengamatan terhadap spora dibagi dalam 2 tahap pengamatan yaitu 5 hari pertama untuk pelepasan spora, dan 5 hari kedua untuk pengamatan penempelan spora, Spora yang terlepas baru bisa diamati setelah 24 jam dari penebaran talus dalam media kultur, pengamatan spora yang terlepas dilakukan setelah pemindahan talus pada media kultur untuk hari selanjutnya. Spora diamati setiap hari selama penelitian pada suhu ruangan 25-27°C.

Parameter yang Diamati

Spora Terlepas

Spora yang terlepas diamati di bawah mikroskop, pengambilan sampel spora pada media kultur dilakukan dengan cara diaduk merata dan diambil sebanyak 1 mL untuk dimasukkan ke dalam penampang sedgwick rafter kemudian dilakukan penghitungan jumlah spora menggunakan sedgwick rafter. Jumlah spora yang diamati per-10 bidang pandang. Rumus menghitung spora yang terlepas (Lidemna *et al.*, 2019) sebagai berikut:

$$Sc = (St/C) \times V$$

Keterangan :

Sc: Spora yang dilepaskan per cystocarp (spora/cystocarp)

St: Jumlah spora dalam sedgwick (x 1000 kotak / ml)

C : Jumlah cystocarp yang dikultur dalam medium (25 cystocarp)

V : Volume media (30 ml)

Spora Menempel

Spora yang menempel pada cawan petri diamati dari hari pertama hingga hari ketujuh. Spora yang menempel diamati di bawah mikroskop stereo pada pembesaran 10x5 dan luas pandang 0,1256 cm² dan penempelan spora dihitung pada hari ke 7 setelah pengamatan pelepasan spora, pengamatan penempelan spora dilakukan setiap hari selama 6 hari berturut-turut. Rumus menghitung spora yang menempel mengaju pada Lideman *et al.*, 2019 yaitu:

$$Sm = Sa \times A$$

Keterangan:

Sm : Jumlah spora yang menempel pada substrat (spora/cystocarp)

Sa : Jumlah rata-rata spora yang diamati pada bidang pandang mikroskop

A : Luas substrat di dasar wadah dengan diameter 9 cm.

Analisis Data

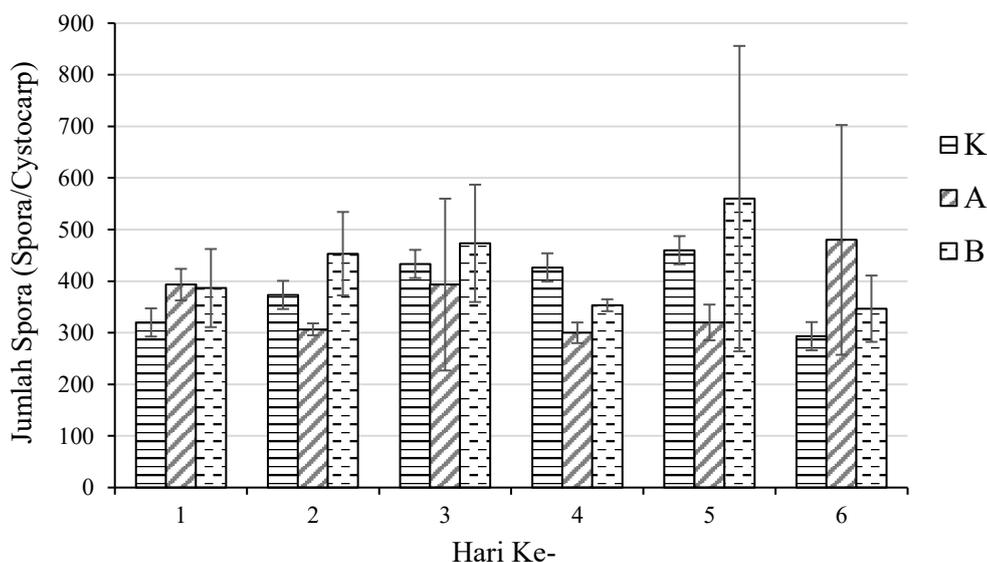
Data yang diperoleh diolah dengan bantuan microsoft excel 2019. Analisis data pelepasan dan penempelan spora dilakukan uji sidik ragam satu arah (*one way Anova*) jika didapati adanya pengaruh yang nyata dilanjutkan dengan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 95% dengan menggunakan software SPSS Versi 22.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelepasan Spora

Penelitian dengan perlakuan lama penyinaran diperoleh data spora terlepas yang diamati selama 6 hari berfluktuatif atau naik turun. Nilai rata-rata spora terlepas tertinggi pada perlakuan (B) dengan lama penyinaran 8 jam terang dan 16 jam gelap di hari ke-5 sebanyak 560.00±295.97 spora/Cystocarp. Nilai

rata-rata terendah di peroleh pada perlakuan kontrol (12 jam terang dan 12 jam gelap) yaitu 293.33 ± 50.33 spora/Cystocarp. Data spora terlepas ditampilkan pada Gambar 1.



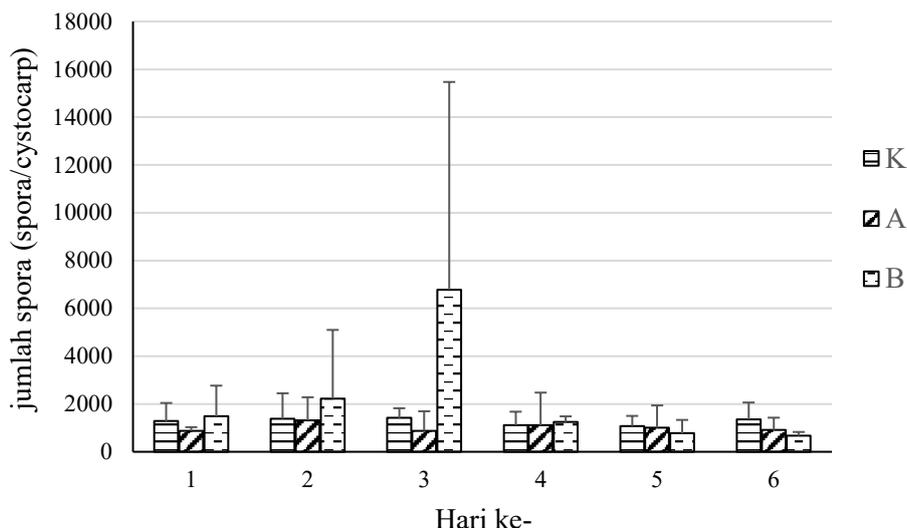
Gambar 1. Jumlah spora terlepas

Setelah dilakukan analisis secara statistik menggunakan uji sidik ragam ANOVA pada perlakuan lama penyinaran menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ($P > 0,05$). Pada awal pengamatan, semua perlakuan menunjukkan tingkat pelepasan spora yang cukup tinggi. Perlakuan A (16 jam terang dan 8 jam gelap) memiliki rata-rata tertinggi pada hari pertama (386,7 spora/Cystocarp) dan meningkat pada hari kedua (450,0 spora/Cystocarp). Hal ini sejalan dengan temuan Guo *et al.* (2016) yang menunjukkan bahwa periode penyinaran yang lebih panjang dapat meningkatkan aktivitas metabolisme dan mempercepat proses pelepasan spora. Lingkungan (penyinaran, suhu dan nutrisi) rumput laut mempengaruhi kesuburan dan pelepasan spora/gamet (Charrier *et al.*, 2017) fotoperiode adalah faktor yang memengaruhi laju pertumbuhan sporofit, ukuran, biomassa dan akumulasi nutrisi rumput laut (Purcell *et al.*, 2024) Perlakuan kontrol (12 jam terang dan 12 jam gelap) juga menunjukkan peningkatan, selanjutnya pada perlakuan A mencapai puncak pelepasan spora pada hari ketiga (473,3 spora/Cystocarp) sebelum mengalami penurunan pada hari keempat (353,3 spora/Cystocarp). Pola ini menunjukkan adanya sinkronisasi pelepasan spora yang mungkin terkait dengan ritme sirkadian alga. Ritme sirkadian pada alga merupakan proses internal dan alami yang mengatur siklus aktivitas dan tidur alga, berlangsung kira-kira setiap 24 jam. Proses ini dapat merespon terutama terhadap perubahan cahaya, suhu, dan lingkungan, serta memengaruhi berbagai fungsi tubuh seperti fotosintesis, pertumbuhan, dan reproduksi (Choi *et al.*, 2020).

Perlakuan B menunjukkan pelepasan spora tertinggi terjadi pada hari kelima (560,0 spora/Cystocarp). Hal ini mengindikasikan adanya siklus pelepasan spora sekunder atau respons terhadap perubahan kondisi lingkungan mikro (Rao & Rangaswamy, 2019). Perlakuan A menunjukkan jumlah pelepasan spora yang lebih stabil pada hari pertama sampai hari keenam.

Penempelan Spora

Penelitian dengan perlakuan lama penyinaran diperoleh data penempelan spora yang diamati selama 6 hari berfluktuatif atau naik turun. Nilai rata-rata penempelan spora tertinggi pada perlakuan lama penyinaran 8 jam terang dan 16 jam gelap (B) pada hari ketiga sebanyak 6783.75 ± 8688.05 spora/Cystocarp. Pada hari keenam nilai rata-rata terendah di peroleh pada perlakuan (B) 8 jam terang dan 16 jam gelap) yaitu 675.0 ± 154.66 spora/Cystocarp. Data spora terlepas ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Jumlah spora menempel

Setelah dilakukan analisis secara statistik menggunakan uji sidik ragam ANOVA pada perlakuan lama penyinaran menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ($P > 0,05$). Pada hari pertama dan kedua, terlihat adanya peningkatan jumlah spora yang menempel di semua perlakuan, dengan perlakuan A (16 jam terang dan 8 jam gelap) menunjukkan peningkatan paling drastis dari 381,48 menjadi 686,6 spora. Fenomena ini sejalan dengan temuan Guo *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa periode penyinaran yang lebih panjang dapat meningkatkan cadangan energi spora melalui fotosintesis yang lebih intensif, sehingga memfasilitasi proses penempelan yang lebih efisien. Rumput laut yang terkena cahaya dinamis mendorong fotosintesis dan pertumbuhan. Demikian juga, intensitas cahaya memengaruhi penyerapan nutrisi. Akibatnya, di bawah tingkat cahaya yang tidak optimal, penambahan nutrisi akan memiliki efek minimal pada laju pertumbuhan (Roleda & Hurd, 2019). Peningkatan ini berlanjut hingga hari ketiga, di mana perlakuan A mencapai puncaknya dengan 2110,8 spora, jauh melampaui perlakuan lainnya. Lonjakan drastis ini mungkin terkait dengan sinkronisasi antara ritme endogen spora dan kondisi lingkungan yang optimal (Choi *et al.*, 2020).

Pada hari keempat, semua perlakuan mengalami penurunan, dengan perlakuan K (12 jam terang dan 12 jam gelap) menunjukkan nilai tertinggi (1248,75 spora/Cystocarp). Penurunan ini berlanjut hingga hari kelima dan keenam, meskipun dengan beberapa fluktuasi. Rao & Rangaswamy (2019) menjelaskan bahwa penurunan penempelan spora seiring waktu bisa disebabkan oleh berkurangnya nutrisi dalam media kultur. Sementara itu, Zhang & Wang (2017) menyarankan bahwa akumulasi metabolit sekunder dari spora yang telah menempel dapat menghambat penempelan spora baru. Selain itu, Kumar *et al.* (2018) membahas kemungkinan perubahan dalam parameter kualitas air seperti pH atau konsentrasi oksigen terlarut yang dapat mempengaruhi viabilitas dan kemampuan penempelan spora.

Pola fluktuasi yang teramati selama 6 hari pengamatan menekankan kompleksitas proses penempelan spora *Gracilaria sp.* Meskipun perlakuan B menunjukkan puncak penempelan tertinggi, penurunan tajam yang diikuti pada hari-hari berikutnya menunjukkan bahwa efek positif dari penyinaran yang lebih lama mungkin bersifat sementara atau dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang belum teridentifikasi dalam penelitian ini yang menekankan interaksi kompleks antara fotoperiode, ritme endogen, dan faktor lingkungan lainnya.

KESIMPULAN

Perbedaan lama penyinaran tidak memberikan pengaruh yang signifikan ($P > 0,05$) pada pelepasan dan penempelan spora rumput laut *Gracilaria sp.* Pada penelitian ini perlakuan B (8 jam terang dan 16 jam gelap) memiliki pelepasan spora tertinggi pada hari ke-5 dan jumlah spora yang menempel terbanyak terjadi pada hari ke-3.

REFERENSI

- Andersen, R.A. (2005). Algal Culturing Technique. Elsevier Academic Press. California, USA.
- Aslan, L. (1998). Budidaya Rumput Laut, Edisi Revisi. Yogyakarta.
- Charrier, B., Abreu, H., Araujo, R., Bruhn, A., Coates, J. C., Clerck, O., Katsaros, C., Robaina, R., & Wichard, T. (2017). Furthering knowledge of seaweed growth and development to facilitate sustainable aquaculture. *New Phytologist*, 216 (4).
- Choi, H. G., & Lee, H. Y. (2020). Circadian rhythms in marine algae: understanding the molecular mechanism of spore release synchronization. *Journal of Biological Rhythms*, 35(3), 215-227.
- Failu, I., Supriyono, E., & Suseno, S. H. (2016). Peningkatan kualitas karagenan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dengan metode budidaya keranjang jaring. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 15(2): 124-131
- Ferdouse, F., Holdt, S. L., Smith, R., Murúa, P., Yang, Z., & Lønborg, C. (2018). The global status of seaweed production, trade and utilization. *Globefish Research Programme* Vol 124.
- Flaherty, M., Reid, G., Chopin, T., & Latham, E. (2019). Public attitudes towards marine aquaculture in Canada: insights from the Pacific and Atlantic coasts. *Aquaculture International*, 27(1), 9–32.
- Guo, L., Xu, J., Liu, Y. (2016). Effects of photoperiod on spore release and settlement of *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta, Gracilariaceae). *Journal of Applied Phycology*, 28(1), 111-118.
- Hasim, Mulis, & Basman B. I. (2019). Pertumbuhan spora *Gracilaria* sp. pada salinitas berbeda. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik* Vol.3 No. 2.
- Kumar, M., Gupta, V., Trivedi, N., & Kumari, P. (2018). Effect of light quality on the growth and reproduction of marine algae: A review. *Aquatic Botany*, 148, 45-55.
- Lideman, Bahri, S., Marwan, Hartanto, N., Laining, A., & Tassakka, A.C.M.A.R. (2019). Releasing, attaching and growing of seaweed (*Gracilaria* sp.) spores in several culture media. *AACL Bioflux* Vol. 12, 6
- Permani, R., Muflikh, Y.N., & Sjahrudin, F.F. (2024). Mapping the complex web of policies for seaweed industry development in indonesia: what is the role of a national roadmap?. *Ocean & Coastal Management* Vol 11.
- Purcell, D., Wheeler, T.T., Hayes, M., & Packer, M.A. (2024). Effect of photoperiod and temperature on bioproduct production from juvenile sporophytes of *Macrocystis pyrifera*. *Frontiers in Marine Science*.
- Purwaningsih S, & Deskawati E. (2020). Karakteristik dan aktivitas antioksidan rumput laut *Gracilaria* sp. asal Banten. *Jurnal Pengolahan Hasi Perikanan Indonesia*. 23(3): 503-512.
- Rao, K. S., & Rangaswamy, V. (2019). Nutrient limitation in spore attachment of red seaweed *Gracilaria edulis*. *Indian Journal of Fisheries*, 66(2), 113-119.
- Rasyid, A., Ardiansyah, A., & Pangestuti, R. (2019). Nutrient composition of dried seaweed *Gracilaria gracilis*. *Ilmu Kelautan: Indonesia Journal of Marine Sciences* Vol. 24.
- Singh, S. P., & Singh, P. (2015). Effect of temperature and light on the growth of algae species: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 50, 431-444.
- Zhang, Q., & Wang, C. (2017). Effects of water quality on spore germination and early development of *Gracilaria lemaneiformis*. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 315-320.