



## Respon Pertumbuhan Kultur Mikroalga *Porphyridium* sp. Dalam Wadah Kaca dan Plastik Pada Skala Laboratorium

### Growth Response of *Porphyridium* sp. Culture on Glass and Plastic Container in Laboratory

Lutfiyah Al Adawiyah<sup>1</sup>, Mohammad Faizal Ulkhaq<sup>1\*</sup> dan Hapsari Kenconoaji<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Perikanan dan Kelautan, Kampus Banyuwangi, Universitas Airlangga, Jl. Wijayakusuma 113, Giri, Banyuwangi 68425, Indonesia

\*Correspondence :  
m-faizalulkhaq@fpk.unair.ac.id

Received : 2020-01-06

Accepted : 2020-02-18

**Kata Kunci :**  
Kultur *Porphyridium*, Skala laboratorium, Wadah kaca dan plastik

**Keywords :**  
*Porphyridium* culture, Laboratory scale, Glass and plastic container

#### Abstrak

Pemanfaatan mikroalga *Porphyridium* sp. mulai dikembangkan sebagai obat anti kanker, anti inflamasi, anti bakteri, anti fungi, produksi biogas, dan produksi biodiesel sehingga perlu dilakukan kegiatan kultur untuk menjaga kontinuitas ketersediaan *Porphyridium* sp. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis wadah kultur yang menghasilkan respons pertumbuhan mikroalga *Porphyridium* sp. dengan biomassa tertinggi. Tahapan dalam penelitian ini yaitu persiapan wadah dan sterilisasi media, pembuatan pupuk diatom dan media agar, kultur *Porphyridium* sp. pada media agar, kultur *Porphyridium* sp. dalam tabung reaksi, kultur *Porphyridium* sp. dalam masing-masing tiga wadah kaca dan plastik steril bervolume 10 Liter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan *Porphyridium* sp. yang dikultur dalam wadah kaca ( $18,9 \pm 0,21 \times 10^5$  sel/mL) menunjukkan respons pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan wadah plastik ( $15,57 \pm 0,03 \times 10^5$  sel/mL). Hal ini membuktikan bahwa kultur *Porphyridium* sp. pada wadah kaca lebih baik dibandingkan menggunakan wadah plastik.

#### Abstract

Utilization of *Porphyridium* sp. began to be developed as an anticancer, anti-inflammatory, antibacterial, antifungal, and production of biogas and biodiesel so that necessary to carry out culture activities to ensure continuity of *Porphyridium* sp. This study aims to determine the type of culture container that showed the best growth response of *Porphyridium* sp. with the highest biomass. The stages in this research were the preparation of containers and media sterilization, making diatom fertilizers and agar media, the culture of *Porphyridium* sp. on agar media, test tube, and glass and plastic containers. The results showed that the growth response of *Porphyridium* sp. that cultured in glass containers ( $18,9 \pm 0,21 \times 10^5$  cells/mL) was higher than plastic ( $15.57 \pm 0,03 \times 10^5$  cells/ml). This study indicates

that *Porphyridium* sp. was cultured in the glass is better than cultured in plastic.

## PENDAHULUAN

Larva ikan laut atau udang yang baru menetas hanya dapat mengonsumsi pakan alami berupa mikroalga. Hal ini dikarenakan ukuran sel mikroalga yang mikroskopis dan sesuai dengan lebar bukaan mulut ikan. Selain itu, mikroalga juga mengandung enzim pencernaan yang sangat dibutuhkan untuk larva ikan dimana kondisi saluran pencernaannya yang belum tumbuh sempurna serta kandungan enzim pencernaan yang masih belum lengkap (Erlina *et al.*, 2004). Salah satu jenis mikroalga yang digunakan sebagai pakan alami larva ikan berasal dari genus *Porphyridium*. Genus *Porphyridium* merupakan mikroalga merah yang termasuk dalam kelas Rhodophyceae, hidup soliter atau berkoloni dengan menyekresikan senyawa polisakarida sebagai pelindung sel (Csögör *et al.*, 2001).

Mikroalga *Porphyridium* sp. mengandung protein sebesar 56% pada kondisi kering (Safi *et al.*, 2013), asam lemak tak jenuh *eicosapentanoic acid* (EPA), *docosahexanoic acid* (DHA), dan *arachidonic acid* (AA) (Li-beisson dan Nakamura, 2016) serta berbagai jenis vitamin seperti vitamin A, B, B1, B2, B6, B12, C, E, nikotinat, biotin, asam folat, dan asam pantotenat yang berperan sebagai antioksidan (Tannin-spitz *et al.*, 2005). Selain dimanfaatkan sebagai pakan alami larva ikan dan udang, mikroalga *Porphyridium* sp. sudah mulai dimanfaatkan sebagai obat anti kanker dan anti inflamasi (Patil *et al.*, 2007), anti bakteri dan anti fungi (Falaise *et al.*, 2016), produksi biogas (Mudimu *et al.*, 2014), dan produksi biodiesel (Mata *et al.*, 2010). Mengingat pentingnya manfaat dan kegunaan dari *Porphyridium* sp., maka perlu dilakukan kegiatan kultur untuk menjaga kontinuitas ketersediaan *Porphyridium* sp.

Metode kultur *Porphyridium* sp. sudah mulai banyak dikembangkan untuk

memenuhi kebutuhan *Porphyridium* sp. Berbagai teknologi dan modifikasi metode kultur telah dilakukan untuk mempercepat pertumbuhan dan meningkatkan kapasitas produksi *Porphyridium* sp. diantaranya modifikasi kandungan nitrogen dalam pupuk (Li *et al.*, 2019), pencahayaan (Velea *et al.*, 2011), dan komposisi pupuk (Afriza *et al.*, 2015).

Modifikasi wadah kultur terbukti dapat mempercepat pertumbuhan mikroalga *Spirulina* sp. (Wahyuni *et al.*, 2018) dan *Chaetoceros calcitrans* (Jannah *et al.*, 2019). Namun, masih belum terdapat laporan penelitian sebelumnya untuk kultur *Porphyridium* sp. sehingga diperlukan penelitian yang bertujuan untuk menentukan jenis wadah kultur yang menghasilkan respons pertumbuhan mikroalga *Porphyridium* sp. dengan biomassa tertinggi. Penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi para pembudidaya yang melakukan kultur *Porphyridium* sp. agar diperoleh biomassa panen yang tinggi sehingga dapat memenuhi kebutuhan *Porphyridium* sp. yang semakin meningkat.

## METODOLOGI

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada 23 Januari - 23 Februari 2018 di Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) Situbondo.

### Materi Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu stoples kaca dan plastik bervolume masing-masing 5 liter, cawan petri (Iwaki Pyrex, Jepang), tabung reaksi (Iwaki Pyrex, Jepang), labu Erlenmeyer (Iwaki Pyrex, Jepang), autoclave (Mommert, Schwabach), filter bag (Profilter, Indonesia), mikroskop (Nikon E100, Jepang), dan

hemositometer Neubauer (Assistent, Jerman).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit *Porphyridium* sp. yang merupakan koleksi dari Laboratorium Pakan Alami BPBAP Situbondo, air laut bersalinitas 25-35 ppt, media *Bacto Agar* (Merck, Jerman), kaporit (Tjiwi Kimia, Indonesia), pupuk Diatom/*Guillard*, natrium tiosulfat (Bratachem, Indonesia), silikat (Merck, Jerman), vitamin tiamin dan kobalamin (Merck, Jerman), dan akuades (Bratachem, Indonesia).

### Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 2 perlakuan dan 10 ulangan yaitu P1: kultur *Porphyridium* sp. dalam wadah kaca dan P2 : kultur *Porphyridium* sp. dalam wadah plastik. Variabel independen dalam penelitian ini yaitu jenis wadah kultur (kaca dan plastik), sedangkan variabel dependen yaitu respons pertumbuhan *Porphyridium* sp.

### Prosedur Kerja

#### Persiapan Wadah dan Sterilisasi Media

Wadah yang digunakan yaitu cawan petri, tabung reaksi, dan labu *Erlenmeyer* direndam dengan larutan kaporit 200 ppm selama 24 jam, dicuci dengan detergen, dibilas dengan air tawar, dikeringkan dan disterilisasi dengan *autoclave* pada suhu 121°C, 1 atm selama 20 menit. Sedangkan peralatan kultur lain seperti stoples kaca, stoples plastik, selang, dan batu aerasi direndam dalam larutan kaporit 200 ppm selama 24 jam, dicuci dengan detergen, dibilas dengan air tawar dan dijemur sampai kering. Sterilisasi air laut dilakukan dengan penyaringan menggunakan *filter bag* bertingkat dengan diameter lubang mulai 1  $\mu\text{m}$  sampai 5  $\mu\text{m}$  dan ditampung dalam drum bervolume 250 Liter.

Sebelum digunakan, air laut didesinfeksi dengan kaporit dengan dosis 20 ppm selama 24 jam dan dinetralkan

dengan natrium tiosulfat dengan dosis yang sama. Sterilisasi media *Bacto Agar* menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C, 1 atm selama 20 menit (BPBAP, 2016).

### Pembuatan Pupuk Diatom dan Media Agar

Pembuatan pupuk diatom dilakukan dengan menghomogenkan larutan 30 gram silikat (Si); 75 g  $\text{KNO}_3$ ; 5 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 5 g  $\text{Na}_2\text{EDTA}$ , dan 3,15 g  $\text{FeCl}_3$  dalam 1 liter akuades pada wadah yang berbeda, direbus hingga mendidih untuk mempercepat kelarutan, dan disterilisasi dengan autoklaf pada suhu 121°C, 1 atm selama 20 menit. Vitamin yang terdiri dari tiamin 100 mg dan kobalamin 5 mg masing-masing dilarutkan dalam 1 liter akuades steril dalam wadah yang terpisah.

Media kultur agar untuk *Porphyridium* sp. dibuat dengan menyediakan 1000 mL air laut steril dalam *erlenmeyer* dan ditambahkan pupuk Diatom/*Guillard* dan larutan silikat masing-masing 1 mL, diaduk hingga tercampur merata. Larutan tersebut diambil 100 mL kemudian ditambahkan 2 g *Bacto Agar* dan dipanaskan dalam *erlenmeyer* sampai mendidih sambil diaduk hingga bening, lalu disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C, 1 atm selama 20 menit. Setelah suhu larutan hangat ( $\pm 30\text{-}40^\circ\text{C}$ ), dicampurkan 0,1 mL larutan vitamin tiamin dan kobalamin dan diaduk merata, kemudian dituang ke dalam cawan petri steril (BPBAP, 2016).

### Kultur *Porphyridium* sp. pada Media Agar

Bibit murni fitoplankton *Porphyridium* sp. yang diperoleh dari hasil kultur sebelumnya diamati menggunakan mikroskop untuk memastikan masih dalam keadaan hidup. Sel *Porphyridium* sp. yang masih hidup ditandai dengan adanya pigmen warna merah dalam selnya. *Porphyridium* sp. selanjutnya ditumbuhkan pada media

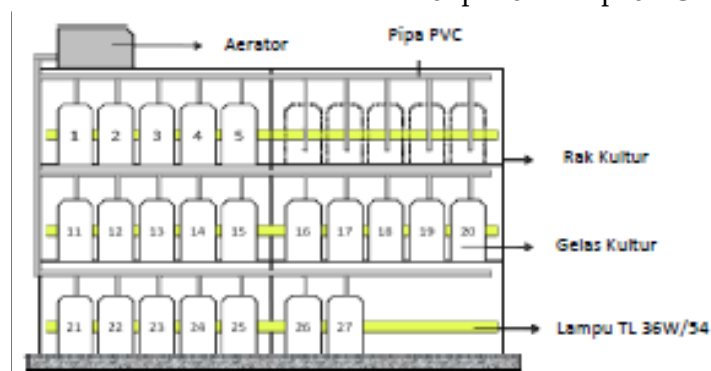
agar dengan metode *streak plate* atau metode gores, diinkubasi pada rak pada suhu ruang (23 °C) di bawah sinar cahaya lampu TL 36 watt (200 lux) secara terus-menerus selama 72-96 jam sambil diamati pertumbuhannya setiap 24 jam (Wahyuni *et al.*, 2018).

### Kultur *Porphyridium* sp. Pada Tabung Reaksi

Bibit *Porphyridium* sp. yang tumbuh pada media agar dipindahkan dalam tabung reaksi yang sudah berisi air laut steril bersalinitas 29-30 ppt dan pupuk diatom dengan perbandingan 1:1. Tabung reaksi diinkubasi pada suhu ruang (23 °C) di bawah sinar cahaya lampu TL 36 watt (200 lux) secara terus-menerus selama 72-96 jam sambil dikocok setiap 24 jam agar tidak mengendap (Wahyuni *et al.*, 2018).

### Kultur *Porphyridium* sp. Pada Wadah Kaca dan Plastik

Inokulan *Porphyridium* sp. dengan kepadatan awal  $3,14 \pm 0,17 \times 10^5$  sel/mL dari tabung reaksi dipindahkan dalam masing-masing tiga wadah kaca dan plastik steril bervolume 10 Liter. Sebelumnya, wadah kaca dan plastik steril diisi air laut steril bersalinitas 29-30 ppt dan campuran pupuk diatom, silikat dan vitamin dengan volume masing-masing 2,5 Liter dan diaerasi. Wadah kaca dan plastik diinkubasi pada suhu ruang (23 °C) di bawah sinar cahaya lampu TL 36 watt (200 lux) secara terus-menerus selama 11 hari sambil diaduk setiap 24 jam agar tidak mengendap. Selama masa kultur dilakukan pengecekan kualitas air (suhu, salinitas, dan pH) setiap pagi hari serta penghitungan kepadatan setiap harinya menggunakan hemositometer Neubauer (Jannah *et al.*, 2019). Desain penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain penelitian.

### Analisis Data

Parameter yang diamati yaitu kepadatan *Porphyridium* sp. selama masa kultur (11 hari) sebagai dasar penentuan jenis wadah kultur yang paling optimal pada kultur *Porphyridium* sp. skala laboratorium. Data kepadatan *Porphyridium* sp. dianalisis menggunakan Uji T ( $\alpha = 95\%$ ) dengan bantuan *Microsoft Excel* 2010 dan disajikan dalam bentuk grafik serta dihubungkan dengan parameter kualitas air selama kultur (suhu, pH, dan salinitas).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

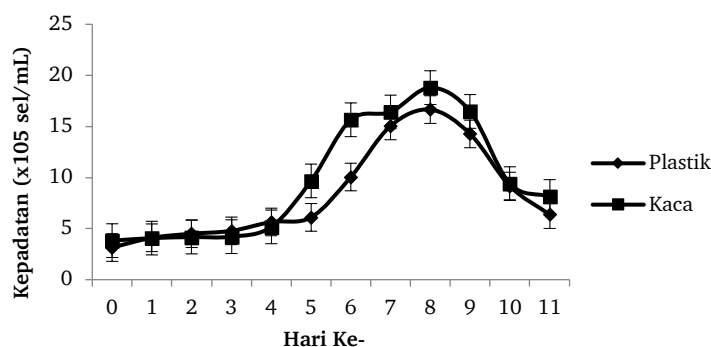
#### Respons Pertumbuhan *Porphyridium* sp. Pada Wadah Kaca dan Plastik

Kepadatan sel *Porphyridium* sp. pada wadah kaca menunjukkan data yang cukup baik (Gambar 2). Sel *Porphyridium* sp. pada hari pertama kultur terdapat  $3,14 \pm 0,17 \times 10^5$  sel/mL. Hal ini menunjukkan adanya fase adaptasi setelah dilakukannya penebaran bibit pada media baru. Sel-sel pada fase istirahat ini belum membelah sehingga populasi belum bertambah. Fase adaptasi

ini berlanjut sampai hari ke-4 masa kultur, ditunjukkan dengan data perolehan kepadatan sel yang masih stabil. Berge *et al.* (2012) menyatakan bahwa pada fase adaptasi, mikroalga akan menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan luar yang meliputi suhu, kandungan nutrien, salinitas dan intensitas cahaya. Mulai hari ke 5-7 menunjukkan peningkatan kepadatan sel dan fotosintesis terus berlanjut hingga mencapai puncak pada hari ke-8 yang menandakan sel *Porphyridium* sp. memasuki fase eksponensial dengan kepadatan mencapai  $18,9 \pm 0,21 \times 10^5$  sel/mL. Hal ini didukung oleh Das *et al.*, (2011) yang menyatakan bahwa pada fase eksponensial, sel mikroalga telah mampu memetabolisme nutrien yang terkandung dalam media kultur untuk proses biosintesis sel sehingga mampu tumbuh dan berkembang biak.

Sel *Porphyridium* sp. mengalami fase stasioner pada kultur mulai hari ke-9 yang menunjukkan penurunan kepadatan dari  $18,9 \pm 0,21 \times 10^5$  sel/mL menjadi

$16,65 \pm 0,14 \times 10^5$  sel/mL. Penurunan kepadatan sel ini terus berlanjut sampai kultur hari ke-11 mencapai  $6,38 \pm 0,04 \times 10^5$  sel/mL. Hal ini berkaitan dengan terbatasnya nutrisi yang cenderung semakin menurun akibat tidak adanya suplai nutrisi dari luar. Selain itu semakin padatnya sel yang tumbuh maka kompetisi mendapatkan nutrien, CO<sub>2</sub> hasil respirasi, dan ruang gerak semakin tinggi, sehingga laju reproduksi sel *Porphyridium* sp. akan semakin melambat dan memasuki fase kematian atau deklamasi (Paes *et al.*, 2016). Fase deklamasi sel *Porphyridium* sp. selain dengan penurunan kepadatan sel juga dapat ditunjukkan dengan adanya endapan sel-sel *Porphyridium* sp. pada dinding wadah kaca berwarna merah kecokelatan dan berbuih. Kematian sel ini dapat dipengaruhi karena ketersediaan nutrien pada media kultur habis dan kandungan sisa metabolisme yang semakin banyak dalam media kultur (Kawaroe *et al.*, 2015).



Gambar 2. Grafik pertumbuhan *Porphyridium* sp. dalam wadah kaca dan plastik.

Kultur *Porphyridium* sp. pada wadah plastik (Gambar 2) memiliki respons pertumbuhan yang serupa dengan wadah kaca. Fase adaptasi dimulai pada hari ke-0 hingga hari ke-5 dengan kepadatan berkisar  $3,46 \pm 0,03 \times 10^5$  sel/mL sampai  $5,71 \pm 0,12 \times 10^5$  sel/mL. Mulai hari ke-6 sampai hari ke-8 mengalami fase eksponensial dengan puncak pertumbuhan mencapai  $15,57 \pm 0,03 \times 10^5$  sel/mL, kemudian mengalami fase stasioner dan kematian pada hari ke-

11 dengan penurunan kepadatan sampai  $5,83 \pm 0,11 \times 10^5$  sel/mL. Hal tersebut menunjukkan respons pertumbuhan kultur *Porphyridium* sp. pada wadah plastik yang masih normal. Hasil penelitian serupa ditunjukkan oleh Berge *et al.* (2012) yang melaporkan bahwa kultur *Porphyridium* sp. selama kurang dari 15 hari dapat menghasilkan biomassa yang optimal. Ketersediaan nutrien sangat menentukan laju pertumbuhan *Porphyridium* sp. apabila

terjadi defisiensi nutrisi dalam media dapat menurunkan laju pertumbuhannya (Razaghi *et al.*, 2014).

Pernyataan tersebut didukung oleh Kathiresan *et al.* (2007) bahwa dalam kegiatan kultur ketersediaan nutrisi sangat dibutuhkan dalam laju pertumbuhan populasi, apabila terjadi kekurangan nutrisi yang dibutuhkan oleh fitoplankton dapat terjadi penurunan kepadatan sel bahkan kematian. Perbandingan respons pertumbuhan *Porphyridium* sp. dalam dua wadah kultur (kaca dan plastik) ditunjukkan dengan lebih cepatnya fase adaptasi dalam wadah kaca (empat hari) dibandingkan wadah plastik (lima hari). Selain itu, kepadatan sel pada puncak fase eksponensial pada wadah kaca ( $18,9 \pm 0,21 \times 10^5$  sel/mL) lebih tinggi dibandingkan wadah plastik ( $15,57 \pm 0,03 \times 10^5$  sel/mL) pada kultur hari ke-8. Hal ini menunjukkan bahwa mikroalga *Porphyridium* sp. lebih mudah beradaptasi dan lebih cepat tumbuh dalam wadah kaca dibanding wadah plastik. Hal ini diduga karena dalam wadah kaca mikroalga *Porphyridium* sp. mendapatkan suplai cahaya yang lebih banyak dibandingkan wadah plastik dikarenakan sifat bahan kaca yang mudah ditembus cahaya.

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilaporkan sebelumnya oleh Wahyuni *et al.* (2018) bahwa *Spirulina* sp. yang dikultur dalam

wadah kaca memiliki kepadatan sel pada puncak pertumbuhan sampai tiga kali lipat dibandingkan kultur dalam wadah plastik. Penelitian lain pada mikroalga jenis *Chaetoceros calcitrans* juga menunjukkan pola yang serupa jika dikultur pada wadah kaca dan plastik (Jannah *et al.*, 2019).

Cahaya yang masuk dalam wadah kultur akan digunakan oleh mikroalga untuk tumbuh dan fotosintesis. Semakin banyak jumlah cahaya yang diserap sebanding dengan meningkatnya pertumbuhan *Porphyridium* sp. (Durmaz *et al.*, 2007). Intensitas cahaya yang masuk juga berpengaruh terhadap suhu dalam wadah kultur. Suhu pada wadah kaca (23-25 °C) lebih tinggi dibandingkan pada wadah plastik (19-20 °C). Hal ini menunjukkan bahwa meningkatnya temperatur wadah kultur akan mempercepat fase pertumbuhan *Porphyridium* sp. (Guihéneuf dan Stengel, 2015) dengan toleransi temperatur maksimal sampai 28 °C (Csógor *et al.*, 2001).

### Pengamatan Kualitas Air

Hasil pengamatan kualitas air (suhu, pH, salinitas) selama kultur *Porphyridium* sp. dalam wadah kaca dan plastik ditampilkan pada Tabel 1. Seluruh parameter masih dalam batas toleransi mikroalga *Porphyridium* sp. untuk dapat tumbuh optimal.

Tabel 1. Kualitas air selama kultur *Porphyridium* sp.

Wadah	Suhu (°C)	Salinitas (ppt)	pH
Kaca	23-25	33-41	8,1-8,3
Plastik	19-20	30-32	8,3-8,4
Kisaran nilai optimal	21-26 (Golueke dan Oswald, 1962)	30-46 (Golueke dan Oswald, 1962)	6,5-8,5 (You dan Barnett 2004)

Menurut Bernard dan Rémond (2012), pertumbuhan *Porphyridium* sp. akan menurun pada suhu di bawah 13 °C sedangkan jika suhu mencapai lebih dari 31 °C sel *Porphyridium* sp. akan mengalami kematian. Sel *Porphyridium* sp. dapat tumbuh pada kondisi air

bersalinitas lebih tinggi dibandingkan dengan salinitas air laut normal. Hal ini disebabkan karena penambahan nutrisi melalui pupuk sehingga mengakibatkan terbentuknya garam dalam media yang menyebabkan salinitas menjadi semakin meningkat. Markou dan Nerantzis (2013)

menyatakan bahwa sel *Porphyridium* sp. dapat mentoleransi nilai kisaran salinitas yang tinggi, sampai 0,5-2 kali dari salinitas air laut normal.

Kim *et al.* (2017) menjelaskan bahwa *Porphyridium* sp. yang dikultur pada media dengan kisaran salinitas antara 3,5-4,5% menunjukkan pertumbuhan yang optimal, namun salinitas di atas 4,5% dapat menurunkan pertumbuhan sel *Porphyridium* sp., sedangkan jika kondisi salinitas media di bawah 3,5%, maka sel *Porphyridium* sp. akan kalah berkompetisi dengan mikroalga lainnya pada kultur terbuka. You dan Barnett (2004) menyatakan bahwa *Porphyridium* sp. dapat tumbuh pada kisaran pH 5,2 - 8,3 dengan nilai optimum untuk berfotosintesis yaitu 7,5.

## KESIMPULAN

Kepadatan *Porphyridium* sp. yang dikultur dalam wadah kaca ( $18,9 \pm 0,21 \times 10^5$  sel/mL) menunjukkan respons pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan wadah plastik ( $15,57 \pm 0,03 \times 10^5$  sel/mL). Fluktuasi suhu, pH, dan salinitas berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga *Porphyridium* sp.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Universitas Airlangga atas kerja samanya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada BPBAP Situbondo atas bantuan dan dukungan untuk riset ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Afriza, Z., Diansyah, G. dan Sunaryo, A.I., 2015. The effects of giving urea fertilizer ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ) with different doses on cell density and growth rate of *Porphyridium* sp. in phytoplankton culture on laboratory scale. *Maspari J.* 7(2), pp. 33–40. <https://dx.doi.org/10.36706/maspari.v7i2.2439>.  
BPBAP (Balai Perikanan Budidaya Air Payau), 2016. Petunjuk teknis produksi fitoplankton di

Laboratorium Pakan Alami BPBAP Situbondo. pp. 1-15.

- Berge, T., Daugbjerg, N. dan Hansen, P.J., 2012. Isolation and cultivation of microalgae select for low growth rate and tolerance to high pH. *Harmful Algae*, 20, pp. 101-110. <https://dx.doi.org/10.1016/j.hal.2012.08.006>.
- Bernard, O. dan Rémond, B., 2012. Validation of a simple model accounting for light and temperature effect on microalgal growth. *Bioresource technology*, 123, pp. 520-527. <https://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.07.022>.
- Csörgő, Z., Kiessling, B., Perner, I., Fleck, P. dan Posten, C., 2001. Growth and product formation of *Porphyridium purpureum*. *Journal of applied phycology*, 13(4), pp. 317-324. <https://doi.org/10.1023/A:1017945513485>.
- Das, P., Aziz, S.S. dan Obbard, J.P., 2011. Two phase microalgae growth in the open system for enhanced lipid productivity. *Renewable Energy*, 36(9), pp. 2524-2528. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.02.002>.
- Durmaz, Y., Monteiro, M., Bandarra, N., Gökpinar, Ş. dan Işık, O., 2007. The effect of low temperature on fatty acid composition and tocopherols of the red microalga, *Porphyridium cruentum*. *Journal of Applied Phycology*, 19(3), pp. 223-227. <https://doi.org/10.1007/s10811-006-9127-6>.
- Erlina, A., Amini, S., Endrawati, H. dan Zainuri, M., 2004. Kajian nutritif phytoplankton pakan alami pada sistem kultivasi massal. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 9(4), pp. 206-210. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.9.4.206-210>.
- Falaise, C., François, C., Travers, M.A., Morga, B., Haure, J., Tremblay, R., Turcotte, F., Pasetto, P., Gastineau, R., Hardivillier, Y. dan Leignel, V., 2016. Antimicrobial compounds from eukaryotic microalgae against

- human pathogens and diseases in aquaculture. *Marine drugs*, 14(9), p. 159. <https://doi.org/10.3390/md14090159>.
- Golueke, C.G. dan Oswald, W.J., 1962. The mass culture of *Porphyridium cruentum*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 10(2), pp. 102-107. <https://aem.asm.org/content/10/2/102>.
- Guihéneuf, F. dan Stengel, D.B., 2015. Towards the biorefinery concept: Interaction of light, temperature and nitrogen for optimizing the co-production of high-value compounds in *Porphyridium purpureum*. *Algal research*, 10, pp. 152-163. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2015.04.025>.
- Jannah, M., Ulkhaq, M.F., Azhar, M.H. dan Soemarjati, W., 2019, February. Growth performance of laboratory-scale *Chaetoceros calcitrans* in different containers. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 236, No. 1, p. 012031). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/236/1/012031>.
- Kathiresan, S., Sarada, R., Bhattacharya, S. dan Ravishankar, G.A., 2007. Culture media optimization for growth and phycoerythrin production from *Porphyridium purpureum*. *Biotechnology and bioengineering*, 96(3), pp. 456-463. <https://doi.org/10.1002/bit.21138>.
- Kawaroe, M., Hwangbo, J., Augustine, D. dan Putra, H.A., 2015. Comparison of density, specific growth rate, biomass weight, and doubling time of microalgae *Nannochloropsis* sp. cultivated in open raceway pond and photobioreactor. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation*, 8(5), pp. 740-750. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2015.740-750.pdf>.
- Kim, H.M., Oh, C.H. dan Bae, H.J., 2017. Comparison of red microalgae (*Porphyridium cruentum*) culture conditions for bioethanol production. *Bioresource technology*, 233, pp. 44-50. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.040>.
- Li-Beisson, Y. dan Nakamura, Y., 2016. *Lipids in plant and algae development* (Vol. 86). Berlin: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25979-6>.
- Li, T., Xu, J., Wu, H., Jiang, P., Chen, Z. dan Xiang, W., 2019. Growth and biochemical composition of *Porphyridium purpureum* SCS-02 under different nitrogen concentrations. *Marine drugs*, 17(2), p.124. <https://doi.org/10.3390/md17020124>.
- Markou, G. dan Nerantzis, E., 2013. Microalgae for high-value compounds and biofuels production: a review with focus on cultivation under stress conditions. *Biotechnology advances*, 31(8), pp. 1532-1542. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.07.011>.
- Mata, T.M., Martins, A.A. dan Caetano, N.S., 2010. Microalgae for biodiesel production and other applications: a review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 14(1), pp. 217-232. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.020>.
- Mudimu, O., Rybalka, N., Bauersachs, T., Born, J., Friedl, T. dan Schulz, R., 2014. Biotechnological screening of microalgal and cyanobacterial strains for biogas production and antibacterial and antifungal effects. *Metabolites*, 4(2), pp. 373-393. <https://doi.org/10.3390/metabo4020373>.
- Paes, C.R., Faria, G.R., Tinoco, N.A., Castro, D.J., Barbarino, E. dan Lourenço, S.O., 2016. Growth, nutrient uptake and chemical composition of *Chlorella* sp. and *Nannochloropsis oculata* under nitrogen starvation. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(2), pp. 275-292. <https://doi.org/10.3856/vol44-issue2-fulltext-9>.
- Patil, V., Källqvist, T., Olsen, E., Vogt, G. dan Gislerød, H.R., 2007. Fatty acid composition of 12 microalgae for



- possible use in aquaculture feed. *Aquaculture International*, 15(1), pp. 1-9. <https://doi.org/10.1007/s10499-006-9060-3>.
- Razaghi, A., Godhe, A. dan Albers, E., 2014. Effects of nitrogen on growth and carbohydrate formation in *Porphyridium cruentum*. *Open Life Sciences*, 9(2), pp. 156-162. <https://doi.org/10.2478/s11535-013-0248-z>.
- Safi, C., Charton, M., Pignolet, O., Pontalier, P.Y. dan Vaca-Garcia, C., 2013. Evaluation of the protein quality of *Porphyridium cruentum*. *Journal of applied phycology*, 25(2), pp. 497-501. <https://doi.org/10.1007/s10811-012-9883-4>.
- Tannin-Spitz, T., Bergman, M., van-Moppes, D., Grossman, S. dan Arad, S.M., 2005. Antioxidant activity of the polysaccharide of the red microalga *Porphyridium* sp. *Journal of Applied Phycology*, 17(3), pp. 215-222. <https://doi.org/10.1007/s10811-005-0679-7>.
- Velea, S., Ilie, L. dan Filipescu, L., 2011. Optimization of *Porphyridium purpureum* culture growth using two variables experimental design: light and sodium bicarbonate. *UPB Sci Bull Series B*, 73(4), pp. 81-94. [https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev\\_docs\\_arhiva/full31795.pdf](https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/full31795.pdf).
- Wahyuni, N., Masithah, E.D., Soemarjati, W., Suciyo, S. dan Ulkhaq, M.F., 2018. Pola Pertumbuhan mikroalga *Spirulina* sp. skala laboratorium yang dikultur menggunakan wadah yang Berbeda. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja*, 16(2), pp. 89-97. <https://doi.org/10.33489/mibj.v16i2.147>.
- You, T. dan Barnett, S.M., 2004. Effect of light quality on production of extracellular polysaccharides and growth rate of *Porphyridium cruentum*. *Biochemical Engineering Journal*, 19(3), pp. 251-258. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2004.02.004>.