

PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI EKSTRASELULER POLISAKARIDA *Porphyridium cruentum* PADA BERBAGAI KONDISI FOTOPERIODE

Growth and Extracellular Polysaccharide Production of Porphyridium cruentum In Various Photoperiod

Himawan Prasetiyo¹⁾, Iriani Setyaningsih^{1*)}, Dewi Ratih Agungpriyono²⁾

¹⁾Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB
Kampus IPB Darmaga, Jalan Agatis, Bogor 16680 Jawa Barat, Indonesia
Telepon (0251)8622909-8622906, Faks. (0251)8622907

²⁾Departemen Klinik Reproduksi dan Patologi, Fakultas Kedokteran Hewan, IPB
Kampus IPB Darmaga, Jalan Agatis, Bogor 16680 Jawa Barat, Indonesia
Telepon (0251)8629469-8629470, Faks. (0251)8629459

*Korespondensi: *iriani25@gmail.com*

Diterima: 10 Juli 2015, Diterima: 24 Agustus 2015

Abstrak

Porphyridium cruentum merupakan jenis mikroalga merah (*Rhodophyta*) yang dapat tumbuh dan menghasilkan polisakarida. Polisakarida diproduksi dalam sel kemudian dikeluarkan dan terakumulasi secara ekstraseluler dalam media. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pertumbuhan dan produksi ekstraseluler polisakarida (EPs) *P. cruentum* yang optimum pada berbagai kondisi fotoperiode. Kultivasi dilakukan pada fotoperiode 24:0, 18:6, 12:12 dan 06:18 jam (pencahaya:gelap) selama 40 hari menggunakan media modifikasi F/2. Pertumbuhan ditentukan dengan mengukur densitas optik (OD) dan biomassa kering. Produksi EPs ditentukan berdasarkan berat kering polisakarida hasil presipitasi. Hasil pengamatan menunjukkan OD pada fotoperiode 24:0 memiliki nilai tertinggi yaitu $0,876 \pm 0,0645$ unit absorbansi. Konsentrasi biomassa tertinggi terdapat pada fotoperiode 24:0 dan 12:12 masing-masing sebesar $716,12 \pm 123$ dan $696,5 \pm 74,5$ mg/L. Produksi ekstraseluler polisakarida tertinggi terdapat pada fotoperiode 12:12 yaitu sebesar $1,310 \pm 130,26$ mg/L. Fotoperiode 12:12 jam (pencahaya: gelap) optimum digunakan untuk kultivasi *P. cruentum* dengan hasil biomassa dan ekstraseluler polisakarida yang tinggi.

Kata kunci: Biomassa, fotoperiode, pertumbuhan, polisakarida, *Porphyridium cruentum*

Abstract

Porphyridium cruentum is a kind of red microalgae (*Rhodophyta*) that can grow and produce polysaccharides. Polysaccharides are produced on the cell, then released and accumulated by extracellular into medias. This study aimed to determine the optimum growth and production of extracellular polysaccharides (EPs) from *P. cruentum* in various photoperiods. The cultivation was done with the photoperiods at 24:0, 18:6, 12:12 and 06:18 h (light:dark) during 40 days using modified medium F/2. The growth is determined by measuring optical density (OD) and dried biomasses, the productions of EPs are determined by dried weight polysaccharides as a result of precipitation. The results showed that OD at photoperiod 24:0 has the highest value 0.876 ± 0.0645 unit of absorbance, biomass concentrations are highest in the photoperiod 24:0 and 12:12 respectively 716.12 ± 123 mg-l and 696.5 ± 74.5 mg-l, the highest production of EPs on the photoperiod 12:12 is 1.310 ± 130.26 mg-l. 12:12 hours (light: dark) photoperiod is optimally used in *P. cruentum* cultivations with high biomass and extracellular polysaccharide results.

Keywords : Biomass, growth, photoperiod, polysaccharides, *Porphyridium cruentum*

PENDAHULUAN

Porphyridium cruentum merupakan jenis mikroalga merah (*Rhodophyta*) yang memiliki kemampuan tumbuh dan memproduksi ekstraseluler polisakarida secara bersamaan. Polisakarida disekresikan dalam sel dan secara difusi terakumulasi pada media. Polisakarida *P. cruentum* memiliki karakteristik yang unik yaitu matrik penyusunnya tersusun atas polisakarida dan sulfida atau yang lebih dikenal dengan sulfat polisakarida. Struktur penyusun yang unik ini membuat karakteristik reologinya berbeda serta memiliki potensi untuk dimanfaatkan lebih luas pada berbagai industri terutama makanan dan obat-obatan (Arad dan Levy-Ontman 2010).

Biomassa dan ekstraseluler polisakarida *P. cruentum* terkandung nilai nutrisi dan manfaat bagi kesehatan. Nutrisi yang terkandung pada biomassa misalnya asam lemak tak jenuh (PUFA), karotenoid, zeaxanthin, protein, vitamin serta mineral (Wang *et al.* 2007). Manfaat bagi kesehatan yang telah diteliti diantaranya, antikolesterol (*Hypocholesterolemic*) (Dvir *et al.* 2009), antioksidan (Tannin-Spitz *et al.* 2005), antihiperlipidemia (Setyaningsih *et al.* 2013), imunomodulation dan antitumor (Sun *et al.* 2012) serta menjaga kesehatan kulit (Bayona *et al.* 2012).

Pencahayaan merupakan faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga, karena pencahayaan memfasilitasi proses asimilasi nutrisi terutama gula (Richmond 2013). Fotoperiode atau siklus gelap terang berperan sebagai agen stressor yang mempengaruhi pertumbuhan dan sintesis senyawa sekunder mikroalga hijau

(Krzeminska *et al.* 2014). Waktu pencahayaan yang terlalu pendek berpengaruh terhadap pemanfaatan nutrisi seperti nitrat dan fosfat (Messeck *et al.* 2005), namun mikroalga membutuhkan kondisi gelap untuk produktivitas selnya. Cahaya dibutuhkan pada fase fotokimia (*photochemical*) untuk menghasilkan Adenosine triphosphate (ATP) dan Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate-oxidase (NADPH), sedangkan kondisi gelap dibutuhkan pada fase biokimia (*biochemical*) untuk sintesis molekul-molekul esensial yang berperan dalam proses pertumbuhan (Bouterfas *et al.* 2006).

Efisiensi pencahayaan dapat memaksimalkan pertumbuhan dan kemampuan mikroalga dalam mengkonversi energi cahaya menjadi energi biokimia, yang tersimpan dalam bentuk karbohidrat, protein dan lemak (Richmond 2013). Sung *et al.* (2009) melaporkan konsentrasi biomassa *P. cruentum* serta akumulasi lipid tertinggi terdapat pada fotoperiode 18:06 jam dan 12:12 jam. Pada mikroalga jenis sianobakteria yaitu *Nostoc calcicola* produksi polisakarida tertinggi terjadi pada fotoperiode 24:0 jam (Singh dan Das 2011), selanjutnya *Chroomonas* sp. dengan fotoperiode 12:12 (Bermudez *et al.* 2004).

Fotoperiode dapat mendukung proses transfer energi cahaya pada organisme fotosintesis seperti mikroalga (Liqin *et al.* 2008), sehingga dibutuhkan informasi mengenai fotoperiode untuk memaksimalkan pertumbuhan dan produksi ekstraseluler polisakarida pada kultivasi *P. cruentum*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pertumbuhan serta produksi ekstraseluler

polisakarida yang optimum pada kultivasi *P. cruentum* menggunakan berbagai kondisi fotoperiode. Kultivasi dilakukan selama 40 hari dengan fotoperiode 6:18, 12:12, 18:06 dan 24:0 jam (pencahayaan: gelap).

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Benih *Porphyridium cruentum* yang digunakan merupakan koleksi kultur dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi (P₃O) LIPI Ancol. Media yang digunakan merupakan medium Guilar (F/2) modifikasi yang terdiri atas NaNO₃ (Bratachem), Na₂HPO₄ (Bratachem), FeCl₂ (Bratachem), Na(II)-EDTA (Bratachem), CuSO₄ (Bratachem), ZnSO₄ (Bratachem), NaMoO₄ (Merck), CoCl₂ (Merck),

MnCl₂ (Merck) dan Vitamin B kompleks Neurobion 5000 (Merck), masing-masing bahan dilarutkan pada 100mL akuades (Tabel 1) dan digunakan 1ml/liter air laut murni. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah wadah kaca tabung volume 3L, lampu TL (Hannoch) 40 watt, Aerasi dan Timer (24 Hour Time Switch Intra), spektrofotometer (Spectro UV-VIS 2500), aerator (AP 500), oven (Yamato DV 41) dan neraca (Sartorius TE214S).

METODE

Metode Penelitian

Bibit *P. cruentum* sebanyak 25% ditambahkan pada campuran media dan air laut, kemudian dimasukkan dalam wadah kaca kapasitas 3L. Kultivasi dilakukan pada suhu ruang dengan penyinaran 2 lampu

Tabel 1 Rendemen ekstrak daun, kulit batang, dan akar lindur (*B. gymnorhiza*)

Sampel	Pelarut	Berat rendemen (g)
1	NaNO ₃	8,415 g
	Na ₂ HPO ₄ ·H ₂ O	1 g
	Akuades	100 mL
2	FeCl ₂ ·6H ₂ O	0,145 g
	Akuades	100 mL
3	Na-EDTA	1 g
	Akuades	100 mL
4	Vitamin B Neurobion® 5000 mengandung B ₁ (Thiamin), B ₆ (Pyridoxine), B ₁₂ (Cobalamin)	1,5 mL
	Akuades	100 mL
	Trace metal A	CuSO ₄ ·5H ₂ O
Trace metal B	Akuades	100 mL
	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	4,4 g
Trace metal C	Akuades	100 mL
	NaMoO ₄ ·2H ₂ O	1,26 g
Trace metal D	Akuades	100 mL
	CoCl ₂ ·6H ₂ O	2 g
Trace metal E	Akuades	100 mL
	MnCl ₂ ·4H ₂ O	3,6 g
	Akuades	100 mL

TL (Hannoch) 40 watt dan aerasi. Waktu penyinaran yang digunakan meliputi 6:18, 12:12, dan 18:6 jam (pencahayaan : gelap) diatur menggunakan timer (24 Hour Time Switch Intra). Pertumbuhan sel *P. cruentum* diamati dengan cara mengukur densitas optik (OD) dan biomassa kering. Ekstraseluler polisakarida (EPs) ditentukan dengan mengukur berat kering polisakarida hasil presipitasi dengan etanol. Pengukuran OD, biomassa, dan polisakarida dilakukan setiap hari selama 40 hari untuk mendapatkan kurva pertumbuhan dan produksi polisakarida.

Sampling

Sampling dimulai dengan mengambil 10 mL sampel dari tiap perlakuan, kemudian diukur OD menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 760 nm (Sobczuk *et al.* 2006). Sampel selanjutnya disimpan dan diendapkan pada suhu refrigasi ($\pm 10^{\circ}\text{C}$) untuk memisahkan biomassa basah dan filtrat yang mengandung EPs. Biomassa basah yang sudah terpisah diukur berat keringnya secara gravimetri, kemudian filtrat dipresipitasi dengan etanol 96 % 1:0,75 (v/v) dan diendapkan pada suhu refrigasi ($\pm 10^{\circ}\text{C}$) untuk memisahkan polisakarida (Setyaningsih *et al.* 2013). Polisakarida yang sudah terpisah diukur berat keringnya secara gravimetri. Data hasil pengamatan disajikan dalam bentuk grafik dengan garis tren polinomial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biomassa

Hasil pengamatan biomassa *P. cruentum* perhari pada masing-masing perlakuan bervariasi (Gambar 1). *P. cruentum* yang dikultivasi pada pencahayaan penuh (24:0) menghasilkan biomassa paling tinggi yaitu sebesar $716,12 \pm 123$ mg/L pada umur 40 hari. Umur yang sama pada perlakuan fotoperiode 6:18, 12:12 dan 18:6 (pencahayaan: gelap)

konsentrasi biomasanya masing-masing sebesar $289,73 \pm 73,64$ mg/L, $696,5 \pm 74,5$ mg/L dan $521,375 \pm 53,98$ mg/L. Perlakuan fotoperiode 18:6 mencapai konsentrasi tertinggi pada umur 26 hari yaitu sebesar 597 mg/L, namun tidak lebih tinggi dari perlakuan pencahayaan penuh 24:0 dengan konsentrasi 609,3 mg/L.

Berdasarkan penampakan garis tren polinomial pada kurva konsentrasi biomassa (Gambar 1), terlihat perlakuan pencahayaan penuh (24:0) biomasanya meningkat di fase awal, namun cenderung datar menjelang akhir pengamatan. Fotoperiode 12:12 menunjukkan kecenderungan pertumbuhan yang lebih lambat dibanding perlakuan 24:0 dan 18:6, namun terjadi peningkatan hingga akhir pengamatan. Hasil ini menunjukkan waktu pencahayaan yang lebih sedikit memiliki kecenderungan pertumbuhan yang lebih lambat dibanding dengan waktu pencahayaan yang lebih banyak. Peningkatan jumlah cahaya yang diterima akan meningkatkan laju pertumbuhan namun hal tersebut juga akan mempercepat terjadi saturasi cahaya (fase stasioner) serta terjadinya fotoinhibisi (fase lag) (Behrens 2005).

Biomassa paling tinggi terdapat pada perlakuan pencahayaan penuh (24:0) dan fotoperiode 12:12 ($716,12 \pm 123$ dan $696,5 \pm 74,5$ mg/L), kedua hasil tersebut lebih tinggi dibanding fotoperiode 18:06 dan 06:18, namun lebih rendah dibanding penelitian Sobczuk *et al.* (2006). Sobczuk *et al.* (2006) melaporkan kultivasi dengan metode *stirrer* fotobioreaktor menghasilkan biomassa *P. cruentum* sebesar 1.031 mg/L selama 37 hari. Penelitian ini menggunakan metode kultur batch semi kontinyu, metode kultivasi *P. cruentum* yang berbeda diduga mempengaruhi hasil biomassa walaupun dengan fotoperiode yang sama.

Keunggulan metode kultur batch adalah mudah dalam pengaplikasian,

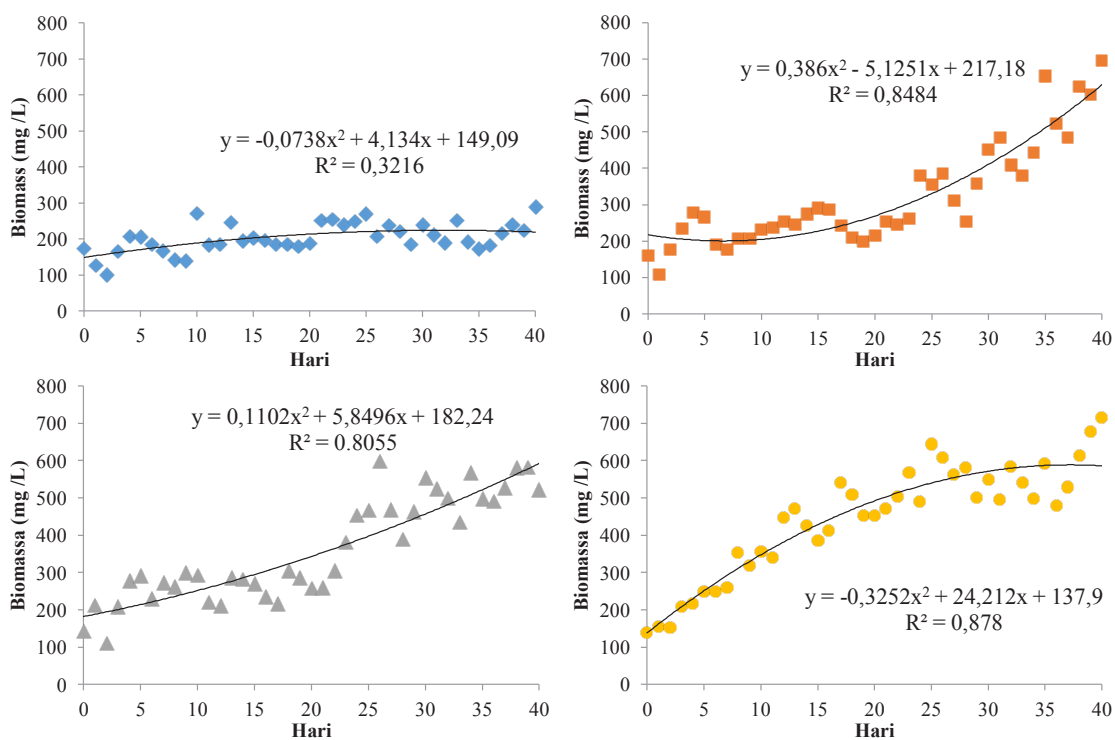
dapat dimanipulasi (nutrient dan kondisi fisik) dan lebih efisien dalam pembiayaan. Namun, metode ini juga memiliki kelemahan diantaranya masih ada interaksi antar sel yang bersifat merugikan dan kandungan nutrisi menurun seiring lamanya kultivasi. Metode bioreaktor terdiri dari berbagai aspek seperti pencahayaan, aerasi, sirkulasi nutrient serta kontrol terhadap pH dan suhu. Setiap bagian tersebut terintegrasi dan termonitor secara sistematis sehingga tercapai kondisi yang optimal untuk pertumbuhan mikroalga (Behrens 2005).

Densitas Optik

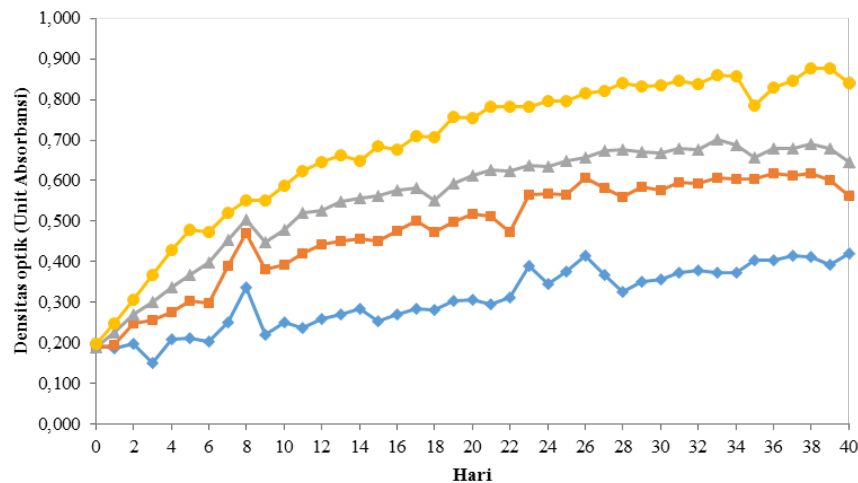
Perubahan densitas optik (OD) diukur pada panjang gelombang 760 nm untuk menggambarkan pertumbuhan sel *P. cruentum* (Sobczuk *et al.* 2006). Hasil pengamatan densitas optik hampir serupa dengan hasil pengamatan konsentrasi biomassa (Gambar 1). Gambar 2 menunjukkan perlakuan pencahayaan

penuhi (24:0) memiliki nilai densitas optik tertinggi yaitu sebesar 0,876 unit absorbansi. Hasil ini diikuti dengan perlakuan fotoperiode 18:6, 12:12 dan 6:18 jam (pencahayaan: gelap) masing-masing 0,692; 0,619 dan 0,416 unit absorbansi.

Hasil densitas optik (OD) menunjukkan perlakuan pencahayaan penuh (24:0) memiliki nilai OD paling tinggi dibanding fotoperiode lain. Hasil serupa didapat pada penelitian Enderwati *et al.* (2012) melaporkan *Spirulina platensis* dikultivasi dengan penyinaran penuh 24 jam memiliki nilai densitas optik tertinggi dibanding perlakuan fotoperiode lain. Nilai OD pada perlakuan 24:0 (0,876 unit absorbansi) dan 12:12 (0,619 unit absorbansi) masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan penelitian Djemai-Zoghliche *et al.* (2011) yang melaporkan kepadatan sel *Porphyridium purpureum* yang dikultivasi pada fotobioreaktor flat dengan fotoperiode



Gambar 1 Konsentrasi biomassa *P. cruentum* selama 40 hari. Fotoperiode ●06:12; ■12:12; ▲18:06; ●24:0.



Gambar 2 Densitas optik (OD) *P. cruentum* selama 40 hari. Fotoperiode ● 06:12; ■ 12:12; ▲ 18:06; ● 24:0.

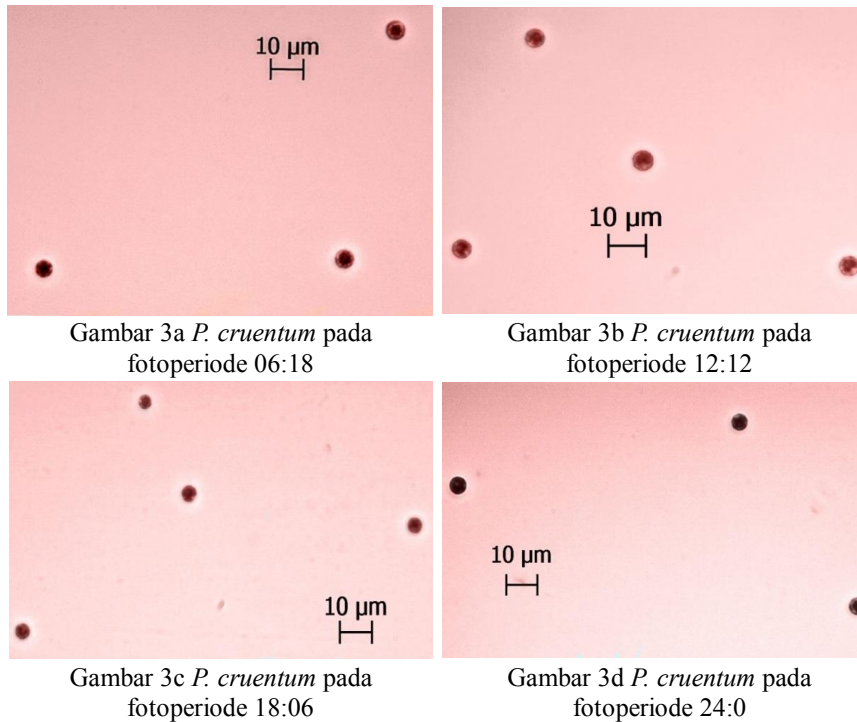
12:12 mencapai nilai OD hingga 1 unit absorbansi pada umur 40 hari. Pada penelitian ini wadah kultivasi yang digunakan berbentuk tabung, menurut Behrens (2005) fotobioreaktor yang didesign dengan permukaan flat atau datar dapat meminimalkan refleksi dan refraksi cahaya, sehingga cahaya lebih optimal terserap dibanding reaktor yang berbentuk tabung.

Nilai absorbansi (OD) pada kultivasi dipengaruhi oleh kepadatan sel serta pigmen dasar yang dimiliki. Perlakuan pencahayaan penuh (24:0) memiliki nilai konsentrasi biomassa yang tinggi sehingga memiliki nilai OD yang tinggi pula. Namun, perlakuan fotoperiode 18:06 konsentrasi biomasnya tidak setinggi perlakuan fotoperiode 12:12 tapi memiliki nilai OD yang lebih tinggi, hal tersebut diduga terkait dengan kandungan total pigmen yang dimiliki. Zucchi dan Necchi (2001) melaporkan adanya peningkatan total pigmen mikroalga *Batrachospermum delicatulum*, *B. macrosporum* dan *Audouinella pygmaea* yang dikultivasi dengan fotoperiode 16:08 dibandingkan kultivasi dengan potoperiode 12:12.

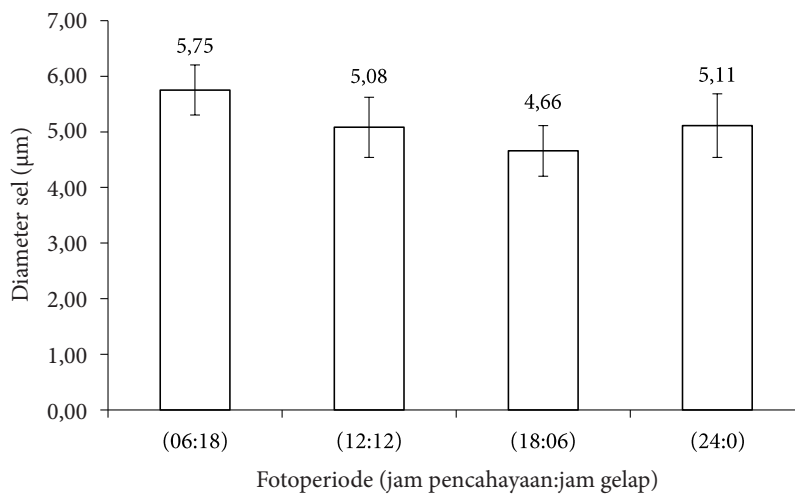
Diameter Sel

Pada hari ke 12 di fase logaritmik diameter sel diukur menggunakan seperangkat mikroskop cahaya trinokuler (Zeiss Primo Star) dan kamera (Axiocam ERc 5c) untuk mengetahui pengaruh fotoperiode terhadap diameter sel *P. cruentum* yang dikultivasi dengan fotoperiode berbeda. Profil sel *P. cruentum* pada tiap perlakuan ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil pengamatan diameter sel menunjukkan diameter sel terbesar terdapat pada perlakuan fotoperiode 6:18 jam yaitu $5,75 \pm 0,449 \mu\text{m}$. Hasil ini diikuti perlakuan fotoperiode 24:0, 12:12 dan 18:06 masing-masing $5,11 \pm 0,571$; $5,08 \pm 0,542$ dan $4,66 \pm 0,455 \mu\text{m}$ (Gambar 4).

Lama waktu penyinaran mempengaruhi morfologi terutama ukuran sel mikroalga, seperti yang telah dilaporkan oleh George *et al.* (2014) bahwa mikroalga jenis *Ankistrodesmus falcatus* yang dikultivasi dengan waktu pencahayaan sedikit, selnya tampak lebih panjang dan ramping sedangkan yang dikultivasi pada pencahayaan penuh, selnya agak bulat dan pendek. Gambar 3 menunjukkan profil sel *P. cruentum* yang tampak bulat pipih dan hampir sama pada



Gambar 3 Profil sel *P. cruentum* pada hari ke-12 (400x perbesaran)



Gambar 4 Diameter sel *P. cruentum*, notasi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata ($p>0,05$)

tiap perlakuan. Perlakuan fotoperiode 06:18 memiliki nilai OD dan konsentrasi biomassa yang rendah, namun memiliki diameter sel yang lebih besar ($5,75 \pm 0,449 \mu\text{m}$) dibanding fotoperiode lain (Gambar 4). Hasil tersebut menunjukkan

terdapat adanya pengaruh fotoperiode terhadap diameter sel *P. cruentum*. Aslamov dan Jewson (2009) melaporkan mikroalga dari jenis diatom *Aulacoseira baicalensis* yang diinkubasi pada kondisi waktu pencahayaan yang lebih sedikit

(2:22) jam (pencahayaan:gelap), diameter selnya lebih besar (38 µm) dibanding dengan fotoperiode 08:16 jam (26 µm) dan 04:20 jam (35µm).

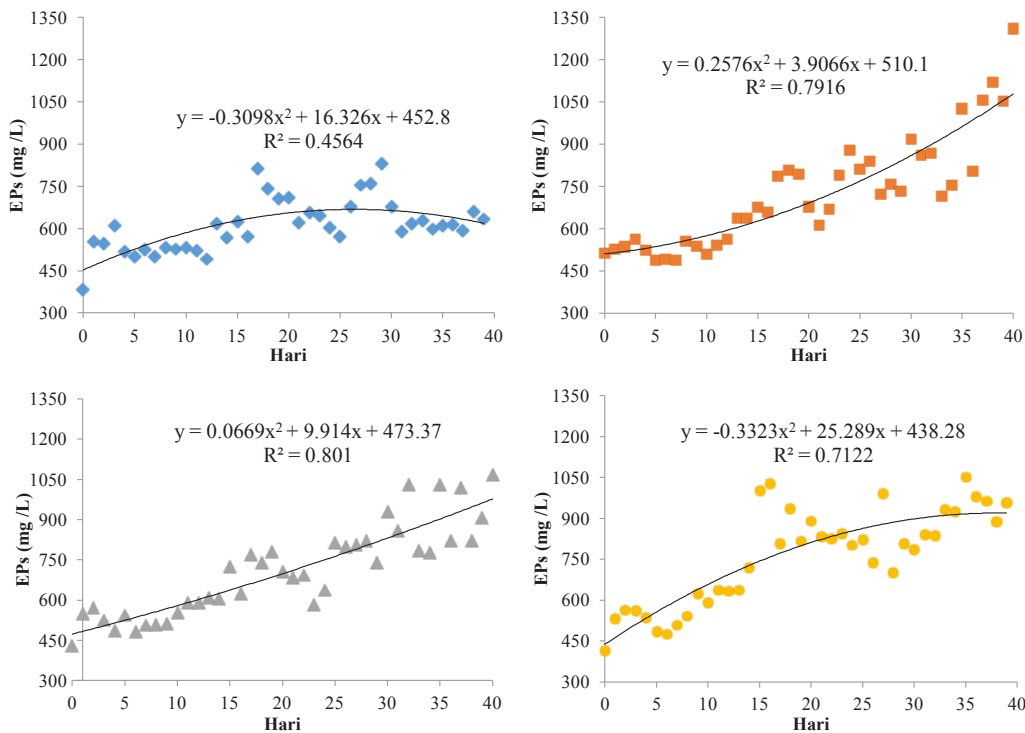
Produksi Ekstraseluler Polisakarida (EPs)

Hasil pengamatan produksi ekstraseluler polisakarida (EPs) menunjukkan perlakuan fotoperiode 12:12 memiliki nilai kurva yang lebih tinggi dibanding perlakuan lain (Gambar 5). Produksi EPs tertinggi terdapat pada hari ke 40 dengan jumlah 1.310±130,26 mg/L. Pada waktu yang sama perlakuan fotoperiode 18:06 memiliki hasil tertinggi sebesar 1.065,5 ± 92,88 mg/L, kemudian perlakuan pencahayaan penuh (24:0) sebesar 1.051 ± 72,93 mg/L pada hari ke 35, sedangkan perlakuan fotoperiode 06:18 produksi tertinggi terdapat pada hari ke 29 dengan jumlah 829,7±282,03 mg/L.

Sun *et al.* (2010) melaporkan *P.*

cruentum yang dikultivasi dengan pencahayaan penuh (24:0) produksi EPs nya sebesar 1.108±13,2 mg/L. Hasil yang diperoleh pada perlakuan 24:0 (1.051±72,93 mg/L) lebih rendah dibanding penelitian Sun *et al.* (2010), namun lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan fotoperiode 12:12 (1.310±130,26 mg/L). Berdasarkan penampakan grafik polinomial, tren yang serupa dengan grafik biomassa terlihat pada produksi ekstraseluler polisakarida (EPs). Produksi EPs pada pencahayaan penuh (24:0) tinggi di fase awal, namun cenderung datar menjelang akhir pengamatan, sedangkan perlakuan fotoperiode 12:12 produksinya terus meningkat hingga akhir pengamatan walaupun tampak lebih lambat di fase awalnya.

Hasil produksi EPs dari semua perlakuan fotoperiode lebih tinggi dibanding beberapa mikroalga jenis cyanobacteria. Singh dan Das (2011)



Gambar 5 Produksi ekstraseluler polisakarida (EPs) *P. cruentum* selama 40 hari. Fotoperiode: 06:12; 12:12; 18:06; 24:0.

melaporkan *Nostoc calcicola* dari golongan cyanobakteria, produksi EPs tertinggi sebesar 105 mg/L pada fotoperiode 24:0 dan umur panen 44 hari. Bermudez *et al.* (2004) melaporkan *Chroomonas* sp. menghasilkan eksopolisakarida sebesar $151,2 \pm 8$ mg/L pada fotoperiode 12:12 dan umur panen 20 hari. Hasil tersebut menunjukkan *P. cruentum* berpotensi untuk digunakan sebagai sumber penghasil polisakarida yang berasal dari mikroalga.

Porphyridium cruentum memiliki keunggulan dibanding mikroalga lain diantaranya tidak memiliki lapisan dinding sel silikat yang umum dimiliki oleh mikroalga. Setiap sel memiliki kloroplas dengan pirenoid di tengah permukaan membran tilakoid dan kloroplas diselubungi oleh phycobilisome (Vonshak 1988). Polisakarida diproduksi dalam sel dan kemudian secara perlahan terdifusi ke media, tanpa adanya lapisan dinding sel silikat yang keras, polisakarida akan lebih mudah terdifusi pada media. Keunggulan lainnya adalah kandungan polisakarida pada biomassa yang tergolong tinggi, yaitu sebesar 40-57 % (Becker 1994), dengan kandungan polisakarida yang tinggi maka jumlah polisakarida yang terakumulasi pada media juga akan lebih banyak.

KESIMPULAN

Fotoperiode memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi ekstraseluler polisakarida (EPs) mikroalga *P. cruentum*. Berdasarkan hasil pengamatan selama 40 hari, konsentrasi biomassa tertinggi terdapat pada pencahayaan penuh 24:0 dan fotoperiode 12:12 ($716,12 \pm 123$ dan $696,5 \pm 74,5$ mg/L), sedangkan produksi ekstraseluler polisakarida tertinggi terdapat pada fotoperiode 12:12 jam ($1.310 \pm 130,26$ mg/L). Pertumbuhan dan produksi ekstraseluler polisakarida (EPs) optimum dapat dicapai pada kultivasi dengan menggunakan fotoperiode 12:12

jam (pencahayaan: gelap) dengan hasil biomassa dan polisakaridanya yang tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh staf Laboratorium Mikrobiologi Departemen Teknologi Hasil Perairan, Laboratorium Biomikro Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Institut Pertanian Bogor serta Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi (P3O) LIPI Ancol.

DAFTAR PUSTAKA

- Arad S, Levy-Ontman O. 2010. Red microalgal cell-wall polysaccharides: biotechnological aspects. *Current Opinion in Biotechnology* 21:358-364.
- AslamovIA, Jewson DH. 2009. Investigation of morphological change of *Aulacoseira baicalensis* using a small desktop incubator controlling light and temperature. *European Journal of Phycology* 44(3):377-380.
- Bayona KCD, Navarro SMG, Lara ADE, Colorado JR, Atehortúa LG, Martínez M. 2012. Activity of sulfated polysaccharides from microalgae *Porphyridium cruentum* over degenerative mechanisms of the skin. *International Journal of Science and Advanced Technology* 2(8):85-92.
- Becker EW. 1994. *Microalgae Biotechnology and Microbiology*. USA: Cambridge University Press. 293 hlm.
- Behrens PW. 2005. Photobioreactors and fermentors, the light and dark sides of growing algae. Di dalam Andersen (editor) *Algal culturing techniques*. California (USA) Elsevier academic press 189 hlm.
- Bermudez J, Rosales N, Loreto C, Briceno B, Morales E. 2004. Exopolysaccharide, pigment and protein production by the marine microalga *Chroomonas* sp. in semicontinuous

- cultures. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 20:179-183.
- Bouterfas R, Belkoura M, Dauta A. 2006. The effects of irradiance and photoperiod on the growth rate of three freshwater green algae isolated from a eutrophic lake. *Limnetica Asociación Española de Limnología* 25(3):647-656.
- Djemai-Zoghache Y, Isambert A, Belhaneche-Bensemra N. 2011. Electrochemical behavior of the 316L steel type in a marine culture of microalgae (*Porphyridium purpureum*) under the 12/12 h photoperiod and effect of different working electrode exposure conditions on the biofilm-metal interface. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 38:1969-1978.
- Dvir I, Stark A. H, Chayoth R, Madar Z, Arad S. M. 2009. Hypocholesterolemic effects of nutraceuticals produced from the red microalga *Porphyridium* sp. in rats. *Nutrients* 1 (1):56-167.
- Endrawati H, Manulang C, Widianingsih. 2012. Densitas dan Kadar Total Lipid Mikroalga *Spirulina platensis* yang Dikultur pada Fotoperioda yang Berbeda. *Buletin Oseanografi Marina* 1:33-38.
- George B, Pancha I, Desai C, Chokshi K, Paliwal C, Ghosh T, Mishra S. 2014. Effects of different media composition, light intensity and photoperiod on morphology and physiology of freshwater microalgae *Ankistrodesmus falcatus*-A potential strain for bio-fuel production. *Bioresource Technology* 171:367-374.
- Krzeminska I, Pawlik-Skowronska B, Trzcinska M, Tys J. 2014. Influence of photoperiods on the growth rate and biomass productivity of green microalgae. *Bioprocess and Biosystems Engineering* 37:735-741.
- Liqin S, Changhai W, Lei S. 2008. Effects of light regime on extracellular polysaccharide production by *Porphyridium cruentum* cultured in flat plate photobioreactors. *Prosiding 2nd International Conference Bioinformatics and Biomedical Engineering* 2:1488-1491.
- Meseck SL, Alix JH, Wikfors GH. 2005. Photoperiod and light intensity effects on growth and utilization of nutrients by the aquaculture feed microalga, *Tetraselmis chui* (PLY429). *Aquaculture* 246:393-404.
- Richmond A. 2013. Biological Principles of Mass Cultivation of Photoautotrophic Microalgae. Di dalam Richmond A dan Hu Q (editor) *Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology*, Second Edition. London (UK) John Wiley & Sons, Ltd. 736 hal.
- Setyaningsih I, Salamah E, Rahman DA. 2013. Komposisi kimia dan aktivitas antihiperlipidemia biomassa dan polisakarida ekstraseluler dari mikroalga *Porphyridium cruentum*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan* 16 (1):79-85.
- Singh S, Das S. 2011. Screening, production, optimization, and characterization of cyanobacterial polysaccharide. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 27:1971-1980.
- Sobczuk TM, Camacho FG, Grima EM, Chisti Y. 2006. Effects of agitation on the microalgae *Phaeodactylum tricornutum* and *Porphyridium cruentum*. *Bioprocess and Biosystems Engineering* 28:243-250.
- Sun L, Wang C, Ma C, Shi L. 2010. Optimization of renewal regime for improvement of polysaccharides production from *Porphyridium cruentum* by uniform design. *Bioprocess and Biosystems Engineering* 33:309-315.

- Sung HO, Han JG, Kim Y, Ha JH, Kim SS, Jeong MH, Jeong HS, Kim NY, Cho JS, Yoon WB, Lee SY, Kang DH, HY Lee. 2009. Lipid production in *Porphyridium cruentum* grown under different culture conditions. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 108(5):429-434.
- Tannin-Spitz T, Bergman M, van-Moppes D, Grossman S, Arad SM. 2005. Antioxidant activity of the polysaccharide of the red microalga *Porphyridium* sp. *Journal of Applied Phycology* 17:215-222.
- Vonshak A. 2002. *Spirulina platensis* (*Arthrospira*) Physiology, cell-biology and biotechnology. Taylor & Francis UK. 252 hal.
- Vonshak A. 1988. *Porphyridium*. Dalam Borowitzka MA dan Borowitzka MJ, (editor). *Microalgal Biotechnology*. New York: Cambridge University Press. 477 hlm.
- Wang J, Chen B, Huang XRJ, Li M. 2007. Optimization of culturing conditions of *Porphyridium cruentum* using uniform design. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 23:1345-1350.
- You T, Barnett SM. 2004. Effect of light quality on production of extracellular polysaccharides and growth rate of *Porphyridium cruentum*. *Biochemical Engineering Journal* 19:251-258.
- Zucchi MR, Necchi O. 2001. Effects of temperature, irradiance and photoperiod on growth and pigment content in some freshwater red algae in culture. *Phycological Research* 49:103-114.