

## TEKNIK PEMANENAN DAN PEMISAHAN POLISAKARIDA *Porphyridium cruentum* DENGAN MEMBRAN ULTRAFILTRASI

### *Harvesting and Separation Technique of Porphyridium cruentum Polysaccharide Using Ultrafiltration Membrane*

Hasanah, Iriani Setyaningsih\*, Uju\*

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

\*Korespondensi: iriani25@gmail.com, ujusadi@ipb.ac.id

Diterima: 03 Juni 2016/Review: 14 Juli 2016/ Disetujui: 8 Agustus 2016

**Cara sitasi:** Hasanah, Setyaningsih I, Uju. 2016. Teknik pemanenan dan pemisahan polisakarida *Porphyridium cruentum* dengan membran ultrafiltrasi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 19(2): 110-120.

#### Abstrak

*Porphyridium cruentum* merupakan mikroalga merah yang menyekresikan polisakarida ke medium kulturnya. Pemanenan dan pemisahan polisakarida *P. cruentum* umumnya menggunakan sentrifugasi dan dalam skala besar memerlukan biaya yang tinggi. Penggunaan membran ultrafiltrasi dapat dijadikan salah satu alternatif untuk pemanenan dan pemisahan polisakarida pada *P. cruentum*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik membran dan permeat dari pemanenan serta pemisahan polisakarida *P. cruentum* dengan ultrafiltrasi. Penelitian terdiri dari empat tahap yaitu karakterisasi membran, kultivasi *P. cruentum*, pemanenan menggunakan membran ultrafiltrasi 0,05  $\mu\text{m}$ , dan pemisahan polisakarida menggunakan membran ultrafiltrasi 0,01  $\mu\text{m}$ . Karakteristik permeabilitas dan tahanan membran internal ultrafiltrasi 0,05  $\mu\text{m}$  dan 0,01  $\mu\text{m}$  yaitu masing-masing 137,32 L/m<sup>2</sup>jambar dan 62,38 L/m<sup>2</sup>jambar serta 0,01 barm<sup>2</sup>jam/L dan 0,02 barm<sup>2</sup>jam/L. Pemanenan menggunakan ultrafiltrasi 0,05  $\mu\text{m}$  memiliki nilai fluks 131,37-94,75 L/m<sup>2</sup>jam, rejeksi biomassa sebesar 96% dan permeat dengan OD (*Optical Density*) (0,03  $\pm$  0,00), viskositas (2,4  $\pm$  0,17 cp), pH (8  $\pm$  0,00), dan salinitas (42,37  $\pm$  0,11 ‰). Pemisahan polisakarida menggunakan ultrafiltrasi 0,01  $\mu\text{m}$  memiliki nilai fluks 58,11-51,53 L/m<sup>2</sup>jam dan permeat dengan viskositas (2,2  $\pm$  0,30 cp), pH (7,8  $\pm$  0,01), dan salinitas (38,73  $\pm$  0,05 ‰). Proses ultrafiltrasi dapat menurunkan nilai OD, viskositas, dan salinitas permeat.

Kata kunci: mikroalga, pemisahan, permeat, polisakarida, ultrafiltrasi

#### Abstract

Red microalga *Porphyridium cruentum* secreting polysaccharides into its medium culture. Harvesting and separation of polysaccharide of *P. cruentum* usually use centrifugation and in large scale needs high cost. The use of ultrafiltration membrane can be one of the alternatives for harvesting and separation of *P. cruentum* polysaccharide. This study aimed to determine the characteristic of membrane and permeat from harvesting and separation of *P. cruentum* polysaccharide using ultrafiltration. Research consisted of four stages : membrane characterization, cultivation of *P. cruentum*, harvesting using 0.05  $\mu\text{m}$  ultrafiltration membrane, and polysaccharide separation using 0.01  $\mu\text{m}$  ultrafiltration membrane. Characterization of membrane permeability and internal resistance on ultrafiltration 0.05  $\mu\text{m}$  dan 0.01  $\mu\text{m}$  were 137.32 L/m<sup>2</sup>hbar and 62.38 L/m<sup>2</sup>hbar and 0.01 barm<sup>2</sup>h/L and 0.02 barm<sup>2</sup>h/L, respectively. Harvesting using ultrafiltration 0.05  $\mu\text{m}$  produced flux 131.37-94.75 L/m<sup>2</sup>h, biomass rejection 96% and permeate with OD (*Optical Density*) (0.01  $\pm$  0.00), viscosity (2.4  $\pm$  0.17 cp), pH (8  $\pm$  0.00), and salinity (42.37  $\pm$  0.11 ‰). Separation of polysaccharide using ultrafiltration 0.05  $\mu\text{m}$  produced flux 58.11-51.53 L/m<sup>2</sup>h and permeate with viscosity (2.2  $\pm$  0.30 cp), pH (7.8  $\pm$  0.01), and salinity (38.73  $\pm$  0.05 ‰). Ultrafiltration process decreased OD, viscosity, and salinity of permeate.

Keywords: microalga, permeate, polysaccharide, separation, ultrafiltration

## PENDAHULUAN

*Porphyridium cruentum* merupakan mikroalga merah uniseluler, berbentuk bulat dengan diameter 4-9  $\mu\text{m}$ , habitat di air laut (Durmaz *et al.* 2007), dan menyekresikan polisakarida sulfat ke dalam media kultivasi (Richmond dan Hu 2013). Jumlah polisakarida ekstraseluler *P. cruentum* yang dipanen umur 20 hari pada medium kultur Hemerick menggunakan sentrifugasi 4000 rpm mencapai 0,04% (w/v) (Bayona *et al.* 2012). Patel *et al.* (2013) melaporkan bahwa berat molekul polisakarida 2,39 x10<sup>5</sup> g/mol dan terdiri dari tiga monosakarida netral utama yaitu galaktosa 40%, xilosa 30%, glukosa 20%, serta asam glukuronik 10%.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa polisakarida *P. cruentum* mempunyai aktivitas antioksidan kuat (Sun *et al.* 2009), antitumor, imunomodulasi (Sun *et al.* 2012), antibakteri dan antivirus (Raposo *et al.* 2014). Polisakarida sulfat juga mempunyai kemampuan dalam meregenerasi kulit karena memiliki enzim hyaluronidase dan enzim elastase (Bayona *et al.* 2012).

Polisakarida *P. cruentum* memiliki nilai ekonomis cukup tinggi untuk dikembangkan dimasa depan, tetapi pemisahannya dalam skala besar dan kelimpahan garam yang tinggi pada medium kultivasi menimbulkan masalah baru. Pemisahan polisakarida terdiri dari dua tahapan. Tahap pertama, pemanenan berupa pemisahan supernatan dengan biomassa. Tahap kedua, pemisahan polisakarida dengan supernatan. Teknik pemanenan *P. cruentum* yang sering digunakan saat ini adalah sentrifugasi. Ahmad *et al.* (2014) melaporkan pemanenan mikroalga sebanyak 600 mL menggunakan sentrifugasi, koagulasi, dan mikrofiltrasi. Sentrifugasi dapat memisahkan biomassa 99% selama 30 menit, mikrofiltrasi 90-98% selama 40 menit dan koagulasi 70-80% selama 40 menit. Sentrifugasi efektif dalam pemanenan mikroalga, namun kekurangan teknologi ini adalah konsumsi energi yang besar

dan biaya perawatan yang tinggi menyebabkan biaya operasionalnya tinggi serta menjadi tidak ekonomis. Dassey dan Theegal (2013) menyatakan untuk mendapatkan pemanenan mikroalga dengan efisiensi 94% diperlukan energi 20 kWjam/m<sup>3</sup>. Ahmad *et al.* (2014) menyatakan koagulasi tidak terlalu mahal dan dapat diaplikasikan dalam skala besar namun koagulan menyebabkan sel terperangkap dengan koagulan dan sulit dikeluarkan. Hasil pemisahan biomassa mikrofiltrasi mendekati sentrifugasi walaupun memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan sentrifugasi. Mikrofiltrasi dapat digunakan untuk pemanenan mikroalga dalam skala besar karena biaya operasi dan perawatannya lebih murah. Bilad *et al.* (2012) menyatakan pemanenan *Phaedactylum tricornutum* menggunakan mikrofiltrasi PVDF-9 dengan efisiensi pemanenan 98% memerlukan energi 0,27 kWjam/m<sup>3</sup>.

Mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi dapat digunakan untuk pemanenan mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* (Sun *et al.* 2013). Keunggulan mikrofiltrasi memiliki fluks lebih tinggi daripada ultrafiltrasi namun kelemahannya ketahanan terhadap internal fouling masih lebih baik membran ultrafiltrasi (Baker 2012). Ultrafiltrasi memiliki ukuran yang lebih kecil daripada mikrofiltrasi sehingga memiliki rejeksi lebih besar. Berdasarkan sifat-sifat tersebut, ultrafiltrasi kemungkinan cocok untuk pemanenan mikroalga berukuran kecil seperti *P. cruentum* karena dapat menahan sel lebih baik. Ultrafiltrasi dapat juga digunakan untuk pemisahan polisakarida. Patel *et al.* (2013) menggunakan ultrafiltrasi 300 kDa untuk pemisahan polisakarida pada *P. cruentum* dari pellet yang telah dikonsentratkan dengan sentrifugasi. Pemisahan polisakarida *P. cruentum* dari permeat hasil pemanenan menggunakan ultrafiltrasi belum pernah dilaporkan. Penelitian bertujuan menentukan karakteristik membran ultrafiltrasi dan permeat pada pemanenan serta pemisahan polisakarida *P. cruentum*.

**BAHAN DAN METODE**

**Bahan dan Alat**

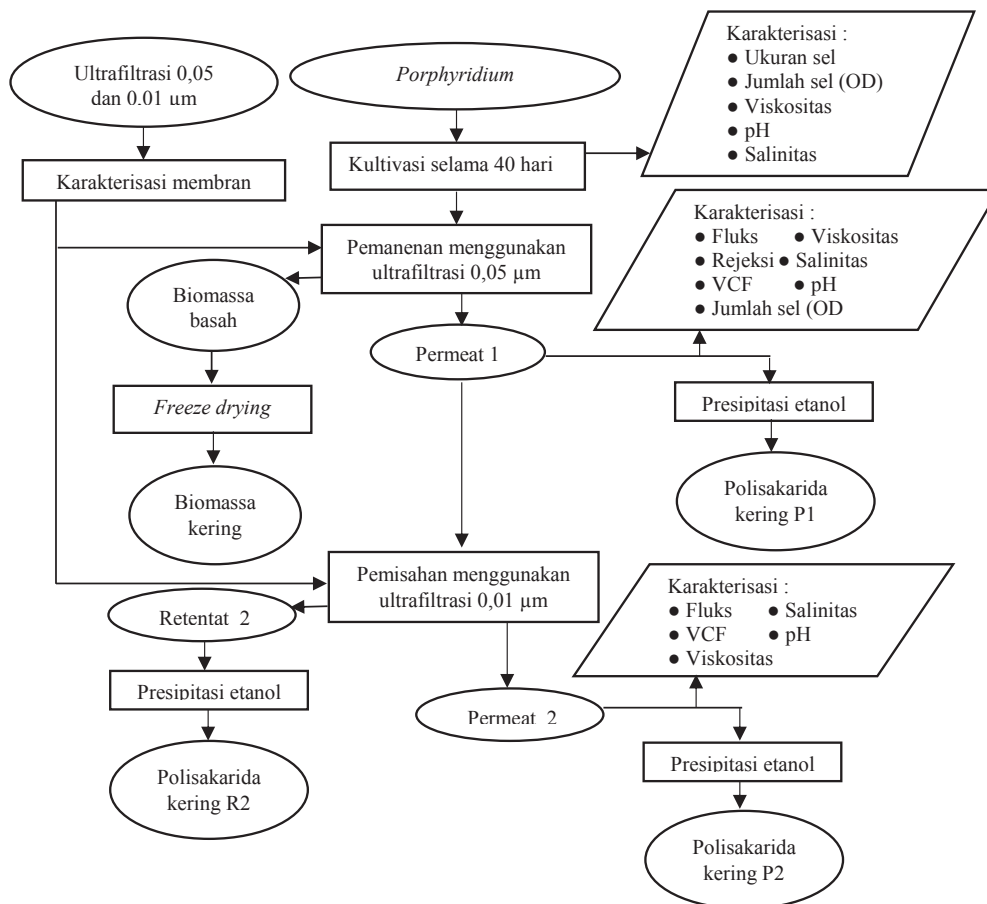
Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah mikroalga *P. cruentum* diperoleh dari Laboratorium Marikultur Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI Ancol, Jakarta Utara, air laut, media Guillard sebagai media kultivasi, etanol 96% teknis, akuades, dan NaOH 1% (Merck). Peralatan yang digunakan meliputi membran ultrafiltrasi jenis propilen 0,05 µm dengan area permukaan efektif 0,45 m<sup>2</sup> dan jenis polisulfon 0,01 µm dengan area permukaan efektif 0,25 m<sup>2</sup> dari GDP Filter, Bandung, Indonesia, lampu UV, lampu neon Hannoeh 40 watt, viskometer Brookfield ff-lv USA, spektrofotometer UV-Vis RS (UV-2500) CA 90232 USA, salinometer (Multi 340i WTW 82362 Weilhem), pH meter (Eutech 664416), *stopwatch*, serta alat gelas dan kultivasi.

**Metode Penelitian**

Penelitian dilakukan dalam empat tahap yaitu karakterisasi membran, kultivasi mikroalga, pemanenan menggunakan ultrafiltrasi 0,05 µm, dan pemisahan polisakarida menggunakan ultrafiltrasi 0,01 µm. Tahapan penelitian disajikan dalam Gambar 1.

**Karakterisasi Membran Ultrafiltrasi 0,05 dan 0,01 µm**

Akuades sebagai umpan dilewatkan pada membran ultrafiltrasi. Proses ultrafiltrasi dilakukan pada tekanan transmembran 0,25-1,5 bar. Nilai permeabilitas membran ditentukan dengan cara menghitung gradien plot grafik antara nilai fluks (J) sebagai sumbu Y dan tekanan transmembran (ΔP) sebagai sumbu X. Pengukuran fluks dan tahanan membran internal dapat dilihat pada persamaan 1 berikut ini.



Gambar 1 Diagram alir tahapan penelitian

$$J = \frac{Q}{A} = \frac{V}{A \times t} \quad (1)$$

Keterangan :

J : Fluks (L/m<sup>2</sup> jam)

Q : Aliran permeat per waktu

V : Volume permeat (L)

A : Luas permukaan membran (m<sup>2</sup>)

t : Waktu (jam)

### Kultivasi *Porphyridium cruentum*

Kultivasi dilakukan dengan mencampurkan air laut setiap satu liter dengan media Guillard sebanyak 1 mL (Prasetyo *et al.* 2015) dan ditambahkan stok mikroalga sebanyak 25% (v/v). Kultivasi dilakukan selama 40 hari dengan penyinaran lampu dan aerasi 24 jam. Karakterisasi berupa pengukuran OD, pH, salinitas, viskositas, dan ukuran sel dilakukan pada *P. cruentum* umur 40 hari.

### Pemanenan *Porphyridium cruentum* menggunakan Ultrafiltrasi 0,05 µm

Pemanenan biomassa pada media kultivasi dilakukan dengan mengambil mikroalga umur 40 hari sebanyak 5 L dan menggunakannya untuk proses ultrafiltrasi.

Retentat dikembalikan ke dalam umpan sedangkan permeat dipisahkan pada tempat yang berbeda. Proses pemanenan dilakukan pada tekanan transmembran 1 bar. Skema proses pemanenan *P. cruentum* dapat dilihat pada Gambar 2. Pengukuran fluks, rejeksi, dan *Volume Concentration Factor* (VCF) pada selang satu menit sekali dihitung dengan persamaan 1, 2, dan 3.

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

R : Koefisien rejeksi (%)

C<sub>p</sub> : Konsentrasi zat terlarut dalam permeat

C<sub>f</sub> : Konsentrasi zat terlarut dalam umpan.

$$VCF = \frac{V_o}{V_o - V_t} \quad (3)$$

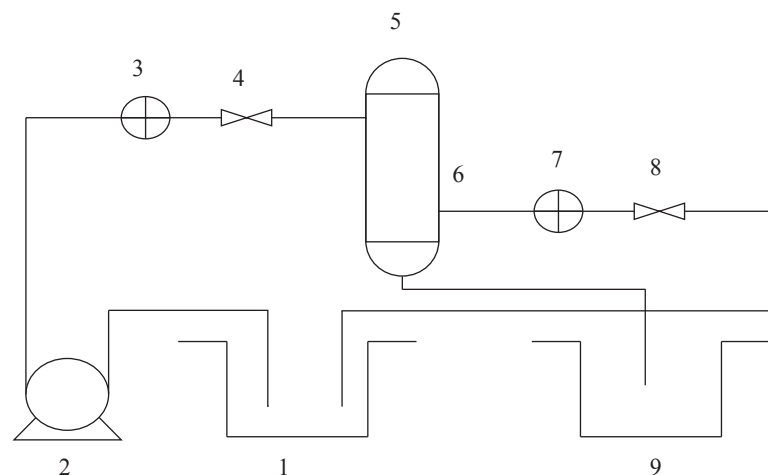
Keterangan :

VCF : Volume Concentration Factor

V<sub>o</sub> : Volume umpan pada waktu ke-0

V<sub>t</sub> : Volume umpan yang berkurang pada waktu ke-t

Fraksi permeat di akhir pemanenan diukur nilai OD, viskositas, salinitas, dan pH. Pencucian membran ultrafiltrasi 0,05 µm dilakukan menggunakan air selama 1 jam



Keterangan :

1 Umpan

2 Pompa

3 Pressure gauge

4 Valve

5 Membran ultrafiltrasi

6 Retentat

7 Pressure gauge

8 Valve

9 Fraksi Permeat

Gambar 2 Skema proses pemanenan *P. cruentum* menggunakan membran ultrafiltrasi 0,05 µm

kemudian menggunakan NaOH 1% selama 15 menit. Karakterisasi membran dilakukan kembali menggunakan akuades. Fluks membran ultrafiltrasi sudah kembali seperti semula maka membran ultrafiltrasi dapat digunakan untuk proses pemanenan kembali

### **Pemisahan Polisakarida menggunakan Ultrafiltrasi 0,01 $\mu\text{m}$**

Pemisahan polisakarida dilakukan dengan menyaring kembali fraksi permeat yang diperoleh pada pemanenan dengan ultrafiltrasi 0,05  $\mu\text{m}$ . Umpam dilewatkan pada membran ultrafiltrasi 0,01  $\mu\text{m}$  menggunakan tekanan transmembran 0,5, 1 dan 1,5 bar. Retentat dikembalikan ke dalam umpam sedangkan permeat dipisahkan pada tempat yang berbeda. Pengukuran fluks dan VCF pada selang 5 menit dihitung dengan persamaan 1 dan 3. Total fraksi permeat diukur nilai viskositas, salinitas, dan pH.

Pencucian membran ultrafiltrasi 0,01  $\mu\text{m}$  dilakukan menggunakan air selama 1 jam kemudian menggunakan NaOH 1% selama 15 menit. Karakterisasi membran dilakukan kembali menggunakan akuades. Apabila fluks membran ultrafiltrasi sudah kembali seperti semula maka membran ultrafiltrasi dapat digunakan untuk proses pemisahan polisakarida kembali.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Kultivasi dan Karakteristik Mikroalga**

Mikroalga *P. cruentum* pada media Guillard yang dipanen umur 40 hari memiliki sel berwarna merah dengan ukuran diameter sel 4,86-9,93  $\mu\text{m}$  (Gambar 3a) dan nilai OD *P. cruentum* sebesar  $0,83 \pm 0,00$ . Prasetyo *et al.* (2015) menyatakan bahwa diameter sel *P. cruentum* umur 12 hari sebesar 5,11  $\mu\text{m}$  dan OD umur 40 hari sebesar 0,88.

Medium kultivasi pada umur 40 hari memiliki viskositas ( $7,97 \pm 0,25$  cp), pH ( $7,64 \pm 0,00$ ), dan salinitas ( $47,23 \pm 0,05$  ‰). Viskositas pada penelitian ini rendah karena viskositas berkaitan dengan jumlah EPS yang dilepaskan ke medium. Jumlah EPS dipengaruhi media

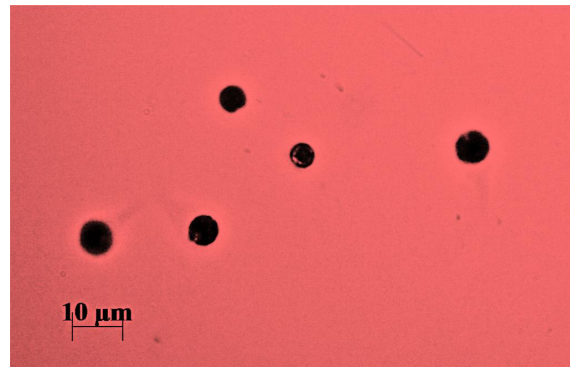
yang digunakan dan waktu pemanenan. pH pada penelitian ini sesuai dengan pH pertumbuhan *P. cruentum*. Salinitas medium kultivasi pada penelitian ini tinggi karena menggunakan air laut dengan penambahan mineral-mineral tertentu.

Sobczuk *et al.* (2006) menyatakan nilai pH kultivasi *P. cruentum* 7,7. Bhatnagar *et al.* (2014) menjelaskan mikroalga *Nostoc calcicola* yang dikultivasi pada media BG11 dengan penambahan NaCl (0-1 M) dan kondisi fosfor terbatas (0,023 mM), penyinaran 12:12 dipanen umur 45 hari pada fase stasioner memiliki viskositas 55-65 cp. Mishra dan Jha (2009) meneliti pengaruh perbedaan konsentrasi NaCl (0,5-5 M) terhadap EPS *Dunaliella*. Eksopolisakarida tertinggi didapatkan pada Media Walne dengan penambahan NaCl 5 M.

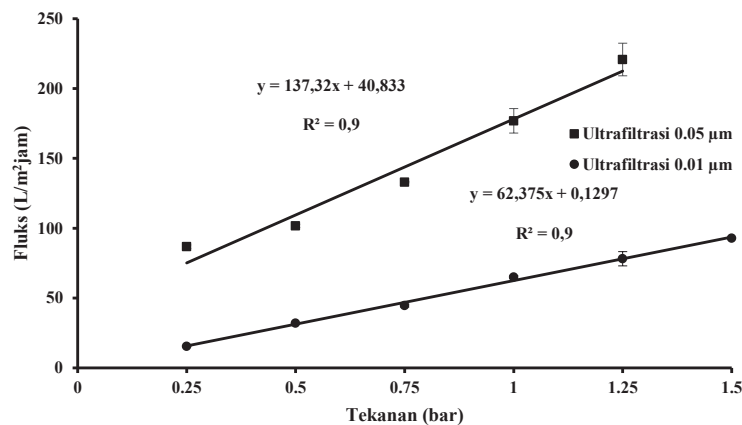
### **Karakteristik Membran Ultrafiltrasi 0,05 $\mu\text{m}$ dan 0,01 $\mu\text{m}$**

Tahanan membran internal (Rm) ditentukan dengan mengukur fluks menggunakan akuades pada tekanan berbeda. Fluks pada proses ultrafiltrasi 0,05 dan 0,01  $\mu\text{m}$  menggunakan berbagai tekanan dapat dilihat pada Gambar 3b. Fluks semakin meningkat dengan semakin besarnya tekanan yang diberikan. Nilai permeabilitas membran ultrafiltrasi 0,05  $\mu\text{m}$  137,32 L/m<sup>2</sup>jambar dengan tahanan membran internal 0,01 barm<sup>2</sup>jam/L sedangkan membran ultrafiltrasi 0,01  $\mu\text{m}$  memiliki nilai permeabilitas sebesar 62,38 L/m<sup>2</sup> jambar dengan tahanan membran internal 0,02 barm<sup>2</sup>jam/L.

Permeabilitas ultrafiltrasi 0,05  $\mu\text{m}$  lebih besar dibandingkan ultrafiltrasi 0,01  $\mu\text{m}$  dan sebaliknya pada nilai tahanan membran internal. Perbedaan ukuran pori yang digunakan. Semakin kecil ukuran pori membran ultrafiltrasi maka energi yang digunakan untuk mendorong permeat semakin besar sehingga pada tekanan yang sama fluks dan permeabilitas yang dihasilkan semakin kecil. Sun *et al.* (2014) menyatakan fluks akuades akan meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan dari 0,5-3



(a)



(b)

Gambar 3 Karakteristik (a) mikroalga *P. cruentum* (b) membran ultrafiltrasi

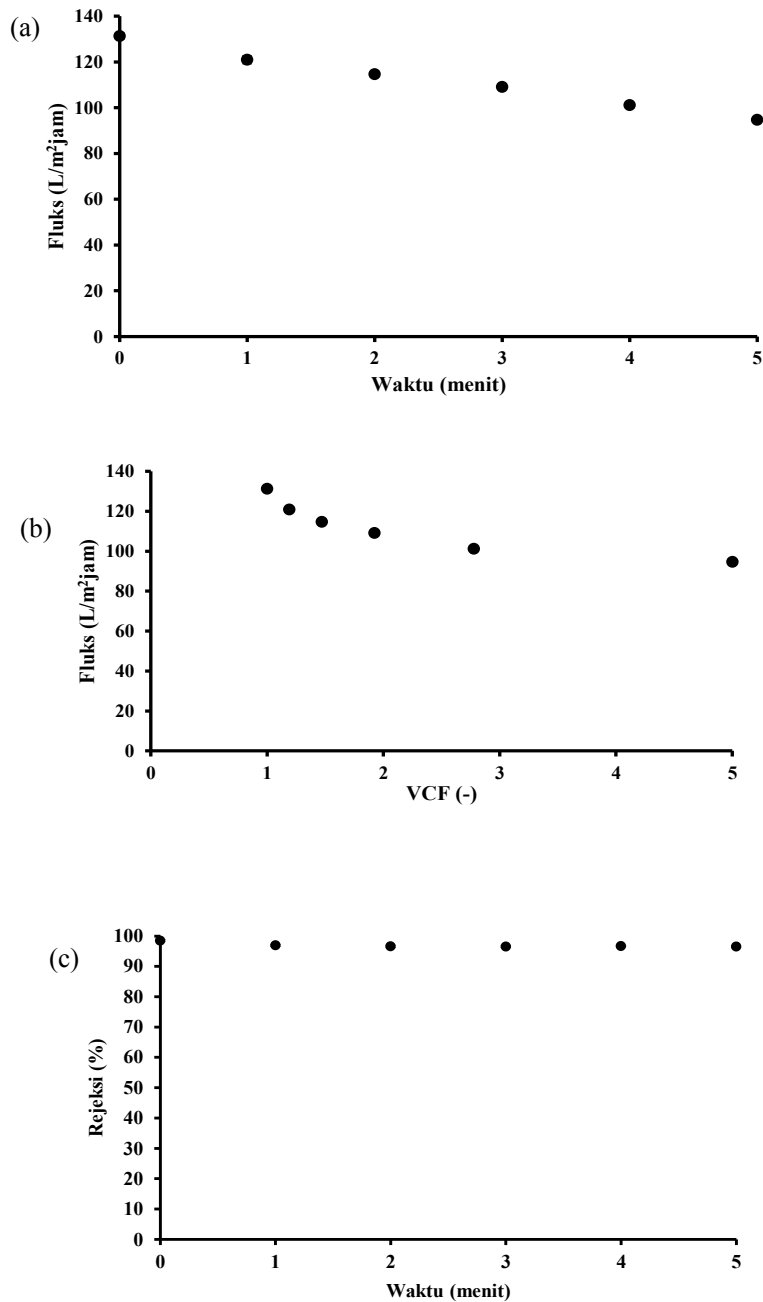
bar. Permeabilitas dipengaruhi ukuran pori dan jenis bahan membran yang digunakan. Permeabilitas membran fluoropolymer 100 kDa (270,9 L/m<sup>2</sup>.jambar), polysulfone 100 kDa (177,4 L/m<sup>2</sup>.jambar), dan *regenerated cellulose acetate* 10 kDa (52,1 L/m<sup>2</sup>.jambar).

#### Pemanenan *Porphyridium cruentum* menggunakan Ultrafiltrasi 0,05 μm

Pemanenan *P. cruentum* menggunakan ultrafiltrasi 0,05 μm berlangsung selama 5 menit dan nilai fluks dihitung setiap satu menit sekali. Nilai fluks selama pemanenan menurun dari 131,37 L/m<sup>2</sup>.jam pada menit ke-0 menjadi 94,75 L/m<sup>2</sup>.jam menit ke-5 (Gambar 4a). Penurunan nilai fluks diduga karena tertahannya biomassa, polisakarida, dan bahan lainnya pada permukaan membran atau masuk ke dalam pori membran membentuk fouling. Sun *et al.* (2013) melaporkan bahwa

penurunan fluks pada proses membran karena sel mikroalga melapisi permukaan membran sehingga terjadi fouling. Keberadaan polisakarida pada media kultivasi juga menyebabkan terjadinya peningkatan lapisan sehingga menurunkan nilai fluks.

Volume Concentration Factor (VCF) adalah rasio perbandingan antara volume awal umpan dengan volume umpan yang tersisa pada waktu ke-t. *Volume concentration factor* memiliki hubungan dengan fluks pada permeat. Hubungan fluks terhadap VCF pada *P. cruentum* dapat dilihat pada Gambar 4b. Fluks pada membran ultrafiltrasi 0,05 μm mengalami penurunan lebih cepat pada awal VCF 0-1,67 dan mulai stabil pada VCF 2,7-5. Volume concentration factor semakin besar menunjukkan konsentrasi umpan semakin lama semakin kental sehingga mempengaruhi laju aliran pada proses pemanenan.



Gambar 4 Hubungan fluks terhadap (a) waktu (b) VCF dan (c) rejeksi pada proses pemanenan *P. cruentum* dengan tekanan transmembran 1 bar

Nilai OD fraksi retentat sebesar 0,88 dan mengalami peningkatan 6% dibandingkan sebelum pemanenan. Peningkatan OD kecil pada retentat disebabkan sel *P. cruentum* lebih banyak terperangkap di dalam pori membran sehingga menyebabkan fouling sehingga biomassa dikeluarkan melalui proses backwash. Zhang *et al.* (2013) pada pemanenan *Chlorella* sp. menggunakan

membran ultrafiltrasi, biomassa didapatkan melalui proses backwash. Konsentrasi awal *Chlorella* sp. 29 g L<sup>-1</sup> menjadi 248,6 g L<sup>-1</sup> setelah dikeluarkan dari membran ultrafiltrasi melalui proses backwash. Hal ini sesuai dengan nilai rejeksi biomassa *P. cruentum* rata-rata 96% (Gambar 4c). Huang *et al.* (2012) menyatakan pemanenan *Chlorella* sp. menggunakan ultrafiltrasi 0,02 µm dengan

Tabel 1 Karakterisasi umpan dan *permeat* pada proses pemanenan

Parameter	Umpan	<i>Permeat</i>	Perubahan
OD	0,83 ± 0,00	0,03 ± 0,00	96%
Viskositas	7,97 ± 0,25	2,40 ± 0,17 cp	69,90%
pH	7,64 ± 0,00	8,00 ± 0,00	4,70%
Salinitas	47,23 ± 0,25 ‰	42,37 ± 0,11 ‰	10,30%

backwash 10, 20, 30 menit memiliki rejeksi sebesar 95,5%, 94%, dan 87,2%. Chaiklahan *et al.* (2014) menyatakan pemanenan *Spirulina* menggunakan membran ultrafiltrasi 10-100 kDa dengan tekanan 69 dan 103 kPa memiliki rejeksi *Spirulina* sebesar 90-95%. Membran ultrafiltrasi 0,05 µm efektif menahan biomassa *P. cruentum*.

Karakterisasi umpan dan *permeat* proses pemanenan *P. cruentum* dapat dilihat pada Tabel 1. Viskositas *permeat* menurun 69,9% jika dibandingkan dengan umpan karena biomassa yang dikelilingi polisakarida tidak lolos melewati membran. Biomassa berkontribusi terhadap viskositas pada media mikroalga. Salinitas *permeat* mengalami penurunan 10,3% jika dibandingkan dengan umpan. Membran ultrafiltrasi 0,05 µm mampu menahan garam berukuran besar sehingga tidak lolos pada *permeat*.

### Pemisahan Polisakarida menggunakan Ultrafiltrasi 0,01 µm

*Permeat* dari pemanenan digunakan untuk proses ultrafiltrasi 0,01 µm menggunakan tekanan 0,5, 1, dan 1,5 bar. Fluks pada proses pemisahan polisakarida menggunakan membran ultrafiltrasi 0,01 µm dapat dilihat pada Gambar 5a. Nilai fluks 20,50-21,94 L/m<sup>2</sup>jam pada tekanan 0,5 bar dan meningkat tiga kali lipat menjadi 58,10-51,53 L/m<sup>2</sup>jam pada tekanan 1 bar. Fluks tidak mengalami peningkatan yang nyata ketika tekanan dinaikkan menjadi 1,5 bar (61,51-53,26 L/m<sup>2</sup>jam). Wang *et al.* (2011) menyatakan persamaan Hukum Heagen-Poiseuille yaitu fluks berbanding lurus dengan permukaan porositas, radius pori, tekanan dan berbanding terbalik dengan viskositas fluida,

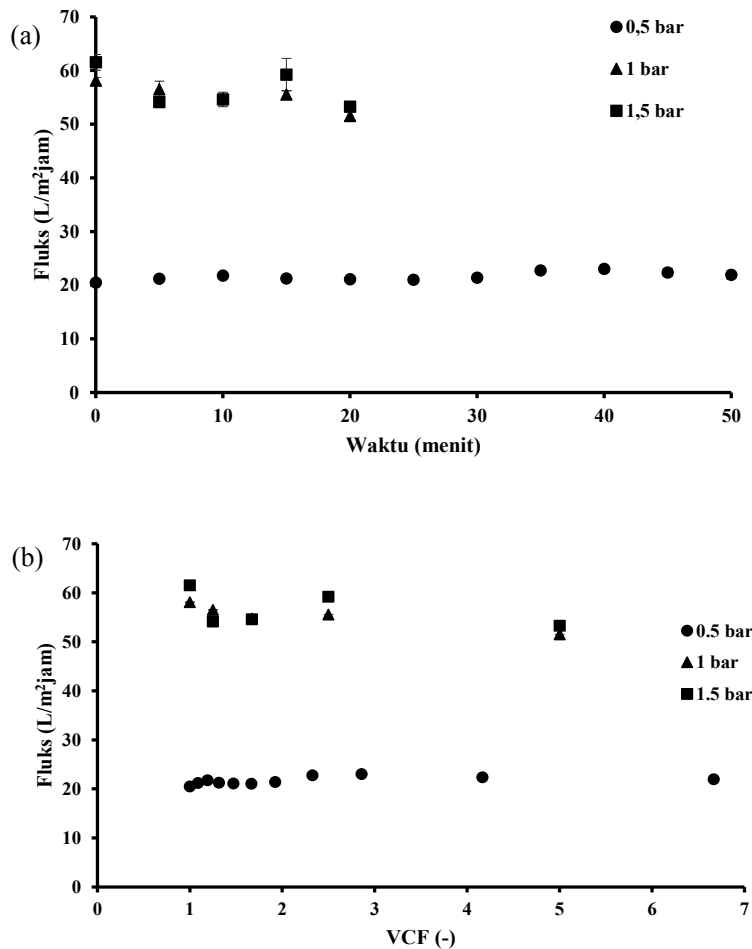
pori tortuositas, serta ketebalan membran. Semakin tinggi tekanan sebagai kekuatan pendorong maka fluks yang dihasilkan akan semakin besar. Chaiklahan *et al.* (2014) menyatakan nilai fluks pada membran meningkat secara linear dengan tekanan operasi.

Penurunan nilai fluks pada membran ultrafiltrasi 0,01 µm cenderung stabil untuk semua tekanan karena supernatan yang dilewatkan pada membran terdiri dari garam, mineral, dan polisakarida berukuran <0,05 µm sehingga lebih lambat menyebabkan *fouling*. Nilai fluks rendah pada tekanan 0,5 bar menyebabkan proses ultrafiltrasi lebih lama namun lebih stabil dibandingkan tekanan 1 dan 1,5 bar. Sun *et al.* (2014) menjelaskan bahwa nilai fluks pada tekanan 1,3 bar (80 L/m<sup>2</sup>jam) lebih rendah dibandingkan 1,8 bar (120 L/m<sup>2</sup>jam) dan 2,3 bar (140 L/m<sup>2</sup>jam) namun lebih stabil karena fluks *permeat* lebih tinggi mempengaruhi *fouling* membran lebih cepat dalam waktu singkat pada permukaan membran.

Tekanan transmembraan 1 dan 1,5 bar memiliki nilai fluks yang hampir sama karena telah mencapai tekanan optimal. Sun *et al.* (2013) menyatakan bahwa fluks meningkat pada tekanan 1,3 dan 1,8 bar namun tidak pada 2,3 bar karena telah mencapai tekanan optimal. Tahap pemisahan polisakarida dipilih tekanan 1 bar agar menghemat energi dan waktu proses. Nilai VCF pada tekanan transmembraan 0,5 bar lebih kecil dibandingkan 1 dan 1,5 bar pada menit ke-20 karena VCF berkaitan dengan nilai fluks (Gambar 5b). Semakin tinggi nilai fluks maka nilai VCF akan semakin besar pada waktu yang sama.

Pemisahan polisakarida menggunakan





Gambar 5 Parameter fluks dengan (a) Waktu (b) VCF pada pemisahan polisakarida dengan tekanan transmembran (◆ 0,5 bar, ▲ 1 bar, dan ■ 1,5 bar)

membran ultrafiltrasi 0,01  $\mu\text{m}$  menghasilkan permeat dengan viskositas ( $2,2 \pm 0,3$  cp), pH ( $7,8 \pm 0,01$ ), dan salinitas ( $38,73 \pm 0,05$  ‰). Viskositas permeat pada tahap pemisahan polisakarida lebih kecil daripada viskositas pada tahap pemanenan dan media kultivasi. Viskositas permeat pada tahap pemisahan polisakarida mengalami penurunan 72,39% dibandingkan media kultur awal. Viskositas semakin menurun karena polisakarida ukuran  $>0,01$   $\mu\text{m}$  tertahan pada membran dan hanya polisakarida berukuran  $<0,01$   $\mu\text{m}$  yang ada di permeat. Salinitas permeat pada tahap pemisahan mengalami penurunan 18%. Penurunan salinitas kecil karena ion garam memiliki ukuran yang lebih kecil dari

ultrafiltrasi 0,01  $\mu\text{m}$ . Izadpanah dan Javidan (2012) menyatakan rejeksi salinitas 77-83% menggunakan membran nanofiltrasi yang memiliki ukuran lebih kecil.

**KESIMPULAN**

Karakteristik permeabilitas ultrafiltrasi 0,05  $\mu\text{m}$  lebih besar daripada ultrafiltrasi 0,01  $\mu\text{m}$  sedangkan tahanan membran internal sebaliknya. Pemanenan menggunakan ultrafiltrasi 0,05  $\mu\text{m}$  memiliki nilai fluks 131,37–94,75 L/m<sup>2</sup>·jam dengan rejeksi biomassa 96%. Pemisahan polisakarida menggunakan ultrafiltrasi 0,01  $\mu\text{m}$  memiliki nilai fluks 58,11–51,53 L/m<sup>2</sup>·jam. Proses ultrafiltrasi 0,05  $\mu\text{m}$  dan 0,01  $\mu\text{m}$  mampu menurunkan nilai OD, viskositas dan salinitas permeat.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Ahmad AL, Yasin NHM, Derek CJC, Lim JK. 2014. Comparison of harvesting methods for microalgae *Chlorella* sp. and its potential use as a biodiesel feedstock. *Environmental Technology* 35(17): 2244-2253.
- Bayona KCZ, Navarro SM, Lara AD, Colorado J, Atehortua L, Martinez A. 2012. Activity of sulfated polysaccharide from microalgae *Porphyridium cruentum* over degenerative mechanisms of the skin. *International Journal of Science and Advanced Technology* 2: 85-92.
- Bhatnagar M, Pareek S, Bhatnagar A, Ganguly J. 2014. Rheology and characterization of a low viscosity emulsifying exopolymer from desert borne *Nostoc calcicola*. *Indian Journal of Biotechnology* 13: 241-246.
- Bilad MR, Vandamme D, Foubert I, Muylaert K, Vankelecom FJ. 2012. Harvesting microalgal biomass using submerged microfiltration membranes. *Bioresouce Technology* 111: 343-352.
- Baker RW. 2012. *Membrane Technology and Applications*. United Kingdom. John Wiley and Sons Ltd. 583 hlm.
- Chaiklahan R, Chirasuwan N, Triratana P, Tia S, Bunnag B. 2014. Effect of extraction temperature on the diffusion coefficient of polysaccharide from *Spirulina* and the optimal separation method. *Biotechnology and Bioprocess Engineering* 19: 369-377.
- Dassey AJ, Theegala CS. 2013. Harvesting economics and strategies using centrifugation for cost effective separation of microalgae cells for biodiesel applications. *Bioresource Technology* 128: 241-245.
- Huang C, Chen X, Liu T, Yang Z, Xiao Y, Zeng G, Sun X. 2012. Harvesting of *Chlorella* sp. using hollow fiber ultrafiltration. *Environmental Science Pollutan Research* 19(5): 1416-1421.
- Izadpanah AA, Javidan A. 2012. The ability of a nanofiltration membrane to remove hardness and ions from diluted seawater. *Water* 4: 283-294.
- Mishra A, Jha B. 2009. Isolation and characterization of extracellular polymeric substances from microalgae *Dunaliella salina* under salt stress. *Bioresource Technology* 100: 3382-3386.
- Patel AK, Laroche c, Marcati A, Ursu AV, Jubeau s, Marchal L, Petit E, Djelveh G, Michaud P. 2013. Separation and fractionation of exopolysaccharides from *Porphyridium cruentum*. *Bioresources Technology* 145: 345-350.
- Prasetyo H, Setyaningsih I, Agungpriyono DR. 2015. Pertumbuhan dan produksi ekstraseluler polisakarida *Porphyridium cruentum* pada berbagai kondisi fotoperiode. *Jurnal Pengolahan Hasil Perairan Indonesia* 18(2): 220-230.
- Raposo MF, Morais AMMB, Morais RMSC. 2014. Influence of sulphate on the composition and antibacterial and antiviral properties of the exopolysaccharide from *Porphyridium cruentum*. *Life Sciences* 101: 56-63.
- Richmond A, Hu Q. 2013. *Handbook of Microalgal Culture : Applied Phycology and Biotechnology*. Second Edition. India: Willey Blackwell. 585 hal.
- Sobczuk TM, Camacho FG, Grima EM, Christi Y. 2006. Effects of agitation on the microalgae *Phaedactylum tricornutum* and *Porphyridium cruentum*. *Bioprocess and Biosystems Engineering* 28: 243-250.
- Sun X, Wang C, Tong Y, Wang W, Wei J. 2014. Microalgae filtration by UF membranes : influence of three membrane materials. *Desalination and Water Treatment* 52:28-30.
- Sun X, Wang C, Tong Y, Wang W, Wei J. 2013. A comparative study of microfiltration and ultrafiltration for algae harvesting. *Algal Research* 2: 437-444.
- Sun L, Wang L, Zhou Y. 2012. Immunomodulation and antitumor activities of different molecular weight polysaccharides from *Porphyridium cruentum*. *Carbohydrate Polymers* 87:

- 1206-1210.
- Sun L, Wang C, Shi Q, Cuihua M. 2009. Preparation of different molecular weight polysaccharides from *Porphyridium cruentum* and their antioxidant activities. *International Journal of Biological Macromolecules* 45: 42-47.
- Wang LK, Chen JP, Hung YT, Shamma NK. 2011. Handbook of Environmental Engineering vol.13. London: Humana Press.738 hal.
- Zhang W, Wen Z, Xuezh Z, Pasquale A, Qiang H, Yongsheng C. 2013. Characterization of dissolved organic matters responsible for ultrafiltration membrane fouling in algal harvesting. *Algal Research* 2: 223-229.