

## ***The Effect of Culture Conditions on Characteristics of Bacterial Cellulose from Coconut Water as Membran for Methylene Blue Filtration***

### **Pengaruh Kondisi Kultur Terhadap Karakteristik Selulosa Bakterial dari Air Kelapa Sebagai Membran untuk Filtrasi Methylene Blue**

**Deby Febrianty Isba Diputri, Muhammad Hammam Zufar Annafie, Tintin Mutiara\*, Ari Tri Marwanto**

*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia  
Jl. Kaliurang KM.14,5, Yogyakarta 55584, Indonesia*

\*Corresponding author: tintin.mutiara@uii.ac.id

Diterima: 26 Mei 2024, Direvisi: 16 Juli 2024, Diterbitkan: 28 Juli 2024

#### **ABSTRACT**

*The development of the industries affected the increase of wastewater discharged into the environment. Dye is a pollutant that is quite dangerous for human health and ecosystems. Recently, various methods have been found to treat dyes from wastewater. Ultrafiltration wastewater treatment is one method with minimal weaknesses. It can offer multiple potential applications, including the separation of dyes and dyeing aids, and at the same time, it can reduce the color and BOD/COD of wastewater. Bacterial cellulose is a promising biopolymer for separation processes due to its biocompatibility. This study applied various culture conditions to determine the optimum ones to produce bacterial cellulose membranes. The resulting B4 membrane has the best MB solution filtration capability, with a %removal value of 73.24%.*

*Keywords: Bacterial Cellulose, Culture Condition, Filtration, Membrane, Methylene Blue*

#### **ABSTRAK**

Semakin berkembangnya industri mengakibatkan semakin bertambahnya volume limbah yang dibuang ke lingkungan. Salah satu kandungan bahan pencemar yang terdapat di limbah dan cukup berbahaya bagi kesehatan manusia dan ekosistem adalah zat warna. Hingga saat ini telah ditemukan berbagai metode untuk mengolah zat warna dari limbah cair. Metode pengolahan limbah dengan ultrafiltrasi merupakan salah satu metode yang minim kelemahan, serta mampu menawarkan berbagai aplikasi potensial antara lain pemisahan zat warna, bahan pembantu pencelupan, dan sekaligus mengurangi warna serta BOD/COD air limbah. Selulosa bakterial telah menjadi biopolimer yang sangat menjanjikan untuk proses pemisahan karena biokompabilitasnya. Pada penelitian ini diterapkan berbagai kondisi kultur untuk mengetahui kondisi kultur yang optimum untuk menghasilkan membran selulosa bakterial. Membran B4 yang dihasilkan memiliki kemampuan filtrasi larutan MB terbaik, dengan nilai %removal sebesar 73,24%.

*Kata kunci: Filtrasi, Kondisi Kultur, Membran, Methylene Blue, Selulosa Bakterial*

#### **PENDAHULUAN**

Berkembangnya industri yang pesat mengakibatkan mengkonsumsi air bersih dalam jumlah yang besar. Selain itu industri

mengembalikan air ke lingkungan dalam bentuk limbah cair dengan kandungan bahan-bahan pencemar yang berbahaya. Diantara banyak bahan pencemar

berbahaya di dalam limbah cair, zat pewarna organik menimbulkan ancaman signifikan terhadap kehidupan perairan dan manusia karena sifatnya yang karsinogenik dan mutagenikorganik (Khataee dan Kasiri, 2010).

Hingga saat ini telah ditemukan berbagai metode untuk mengolah zat pewarna dari limbah cair, antara lain biodegradasi, koagulasi-flokulasi, adsorpsi, perlakuan dengan ozon, proses elektrokimia, *reverse osmosis*, nanofiltrasi, dan ultrafiltrasi-mikrofiltrasi (Saini, 2017). Tiap-tiap proses tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing.

Metode pengolahan limbah dengan ultrafiltrasi merupakan salah satu metode yang minim kelemahan. Aplikasi membran menyediakan berbagai kemungkinan untuk pemisahan zat warna, bahan pembantu pencelupan, dan sekaligus mengurangi warna serta BOD/COD air limbah (Babu, dkk., 2007). Selain itu, proses berbasis membran cenderung lebih sederhana, terukur, tidak menghasilkan polutan sekunder dan telah diterima sebagai teknologi yang ramah lingkungan (Dasgupta dkk., 2015). Hal ini yang menjadikan ilmuwan mulai tertarik pada pengembangan membran berbasis selulosa sebagai bahan dengan kapasitas penyaringan yang baik dan berharga murah (Alves dkk., 2019).

Selulosa bakterial pertama kali dilaporkan oleh Brown (1988) yang mengidentifikasi pertumbuhan lapisan tipis yang secara kimia strukturnya setara dengan selulosa tanaman. Selulosa bakterial yang merupakan hasil metabolisme beberapa tipe bakteri dapat digunakan sebagai alternatif bahan membran pengganti membran polimer sintesis yang lebih ramah lingkungan dan ketersediaannya melimpah (Alves dkk., 2019). Selain ketersediaannya melimpah, selulosa bakterial memiliki beberapa sifat unggul antara lain kekuatan mekanik yang tinggi (Iguchi dkk., 2000), toleransi suhu tinggi (George dkk., 2008), ketahanan yang tinggi terhadap sebagian besar pelarut (Liebert, 2010), dan mengandung banyak gugus hidroksil permukaan yang memfasilitasi modifikasi kimia (Fu dkk., 2013).

Penelitian telah dilaksanakan terkait dengan aplikasi selulosa bakterial sebagai membran untuk filtrasi antara lain oleh Wanichapichart dkk. (2002) mampu mengeliminasi 99% *Chlorella sp.* Lembaran nano partikel selulosa bakterial sebagai membran ultrafiltrasi memiliki efisiensi sebesar 75% terhadap polietilena glikol (Mautner dkk., 2015). Dan penelitian oleh Galdino dkk. (2020) menghasilkan lembaran selulosa bakterial yang mampu mengeliminasi minyak dari emulsi sebesar 100%. Pada penelitian ini diterapkan

berbagai kondisi kultur untuk mengetahui kondisi kultur yang optimum untuk menghasilkan membran selulosa bakterial. Membran yang dihasilkan akan dipelajari sifat-sifat mekaniknya dan kemampuannya dalam mengeliminasi kandungan zat warna *Methylene Blue* (MB) dari larutan.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini antara lain air kelapa, bibit bakteri *Acetobacter xylinum*, air distilasi, asam cuka makan, gula pasir,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  atau ZA, dan zat warna MB. Sedangkan alat yang digunakan antara lain wadah sampel, gelas ukur, pipet ukur, pengaduk, gelas beker, saringan, neraca, kompor listrik, panci, kotak plastik.

Analisa konsentrasi zat warna MB dalam sampel air limbah sintesis dilaksanakan di laboratorium penelitian jurusan Teknik Kimia, Universitas Islam Indonesia pada rangkaian instrumen UV Vis Spektrofotometer. Sedangkan untuk

mengukur ketebalan membran, kuat tarik dan mulur dilakukan di laboratorium pengujian tekstil, jurusan Rekayasa Tekstil, Universitas Islam Indonesia.

### Proses Penelitian

Air kelapa dididihkan dengan menambahkan gula pasir, ZA, dan asam cuka makan. Setelah larutan dingin, dituangkan bibit bakteri *Acetobacter xylinum* sekitar 10 ml kemudian wadah ditutup dengan kertas. Larutan tersebut didiamkan selama beberapa hari sehingga terbentuk lapisan selulosa bakterial. Variabel komponen kultur untuk tiap liter air kelapa tersaji pada Tabel 1.

Untuk mengukur kemampuan eliminasi membran selulosa bakterial terhadap larutan MB, digunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{Removal} = \frac{C_0 - C_A}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

dimana,  $C_0$  adalah konsentrasi larutan MB mula-mula dan  $C_A$  adalah konsentrasi larutan MB setelah melalui proses filtrasi.

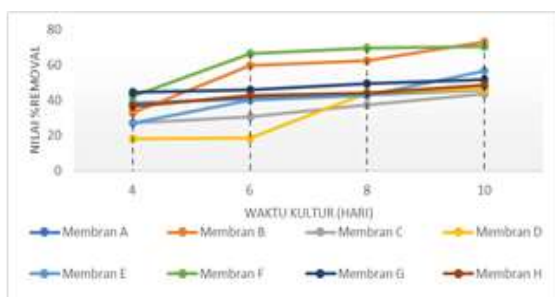
**Tabel 1.** Variasi kondisi kultur selulosa bakterial

Komponen	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4
Gula pasir (g)	25	25	25	25	50	50	50	50	100	100	100	100	25	25	25	25
ZA (g)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
Asam cuka (ml)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
waktu kultur (hari)	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10
Komponen	E1	E2	E3	E4	F1	F2	F3	F4	G1	G2	G3	G4	H1	H2	H3	H4
Gula pasir (g)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

ZA (g)	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Asam cuka (ml)	10	10	10	10	15	15	15	15	20	20	20	20	0	0	0	0
waktu kultur (hari)	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pengaruh waktu kultur terhadap nilai %removal MB



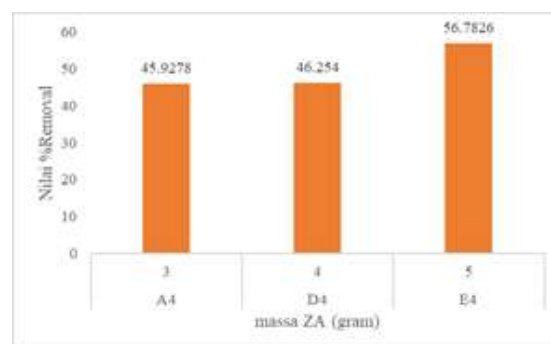
**Gambar 1.** Pengaruh waktu kultur terhadap nilai % removal

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin lama waktu kultur maka nilai % removal akan semakin baik. Hal ini disebabkan karena membran yang dihasilkan semakin tebal. Membran yang tebal dapat menahan banyak partikel dalam larutan yang melewatinya, sehingga menghasilkan nilai %removal yang lebih tinggi. Berdasarkan hasil penelitian yang tersaji pada Gambar 1, membran B4 yang paling efektif untuk filtrasi larutan MB dengan nilai %removal sebesar 73,24%. Penelitian yang dilakukan oleh Isik dkk. (2018) menghasilkan membran dengan kemampuan eliminasi zat pewarna sebesar 91% yang dilakukan pada tekanan 12,5 bar. Hasil penelitian ini cukup menjanjikan,

walaupun removalnya lebih rendah, namun dapat dilaksanakan pada tekanan normal.

### 2. Pengaruh massa ZA terhadap nilai % removal MB

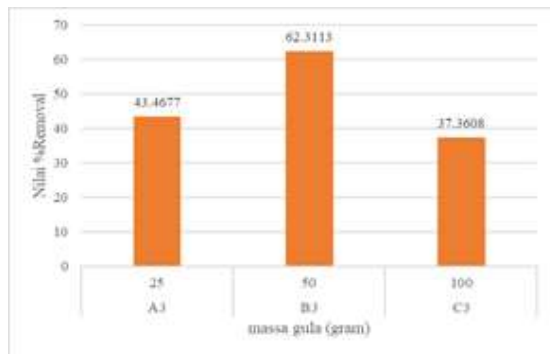
Gambar 2 menunjukkan bahwa komposisi ZA berpengaruh terhadap nilai %removal, semakin besar konsentrasi ZA maka membran yang dihasilkan akan semakin tebal, karena ZA merupakan sumber nitrogen, dimana nitrogen berfungsi untuk merangsang pertumbuhan dan aktivitas *Acetobacter xylinum*.



**Gambar 2.** Pengaruh massa ZA terhadap nilai % removal

Membran yang tebal memiliki pori-pori yang kecil (Widyaningsih dkk., 2014), sehingga nilai %removal membran akan tinggi.

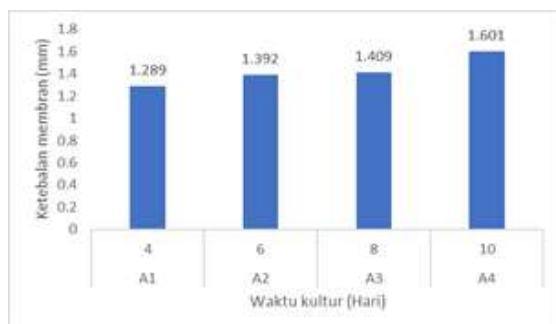
### 3. Pengaruh massa gula pasir terhadap nilai % removal MB



**Gambar 3.** Pengaruh massa gula terhadap nilai % removal

Penambahan massa gula dapat mempengaruhi nilai % removal, semakin tinggi konsentrasi gula yang ditambahkan maka membran yang dihasilkan akan semakin tebal. Membran yang terlalu tebal kurang efektif untuk digunakan dalam proses filtrasi karena laju alir cairan yang melewati membran akan semakin lama dan menyebabkan *fouling* yang pada akhirnya mengakibatkan terjadinya penurunan nilai % removal pada membran C3.

#### 4. Ketebalan Membran

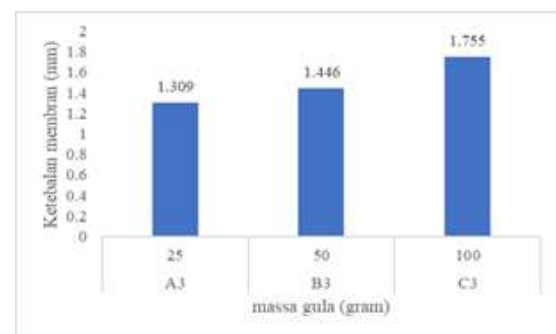


**Gambar 4.** Pengaruh waktu kultur terhadap ketebalan membran

Gambar 4 menunjukkan bahwa waktu kultur berpengaruh terhadap ketebalan membran, dimana semakin lama waktu kultur, maka semakin tebal membran yang dihasilkan, karena akan semakin

banyak selulosa yang dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter xylinum*.

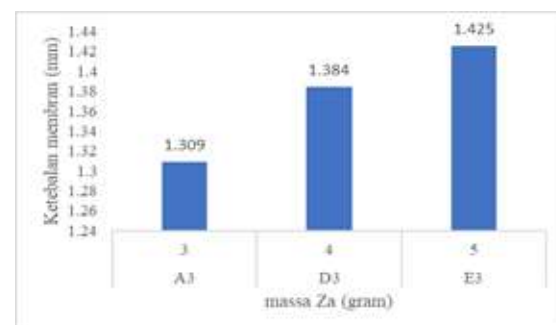
Penambahan massa gula berpengaruh terhadap ketebalan membran. Seperti tersaji pada Gambar 5, hal ini disebabkan karena gula merupakan sumber karbon yang berperan sebagai penyedia energi untuk pertumbuhan bakteri serta pembentukan felikel nata (Nurhayati, 2006).



**Gambar 5.** Pengaruh massa gula terhadap ketebalan membran

Semakin banyak massa gula yang ditambahkan maka membran yang dihasilkan akan semakin tebal karena selulosa yang terbentuk akibat pemecahan gula menjadi polisakarida semakin banyak.

Penambahan massa ZA juga akan mempengaruhi ketebalan selulosa bakterial, seperti tersaji pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Pengaruh massa ZA terhadap ketebalan membran

Hal ini dikarenakan ZA sebagai sumber nitrogen dan nutrisi pendukung penting dalam fermentasi, dimana nitrogen berfungsi untuk merangsang pertumbuhan dan aktivitas *Acetobacter xylinum* (Pambayun, 2002).

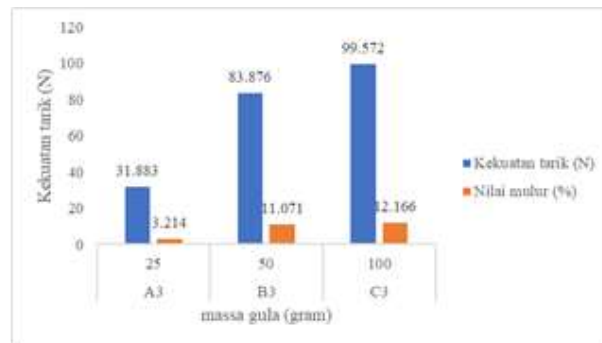
**Kuat Tarik dan Mulur**



**Gambar 7.** Pengaruh waktu kultur terhadap kuat tarik dan mulur membran

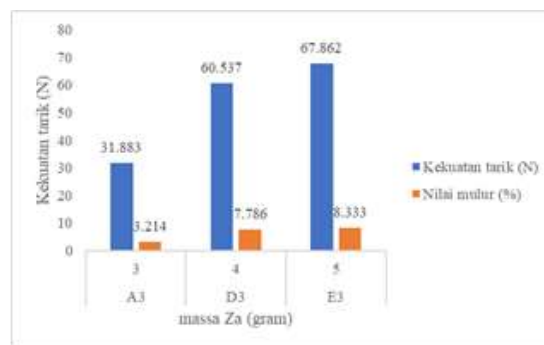
Berdasarkan Gambar 7, waktu kultur dapat berpengaruh terhadap nilai kuat tarik dan mulur membran. Hal ini dikarenakan proses pembentukan serat selulosa yang terkandung dan tertimbun dalam membran selulosa bakterial. Sehingga akan menghasilkan nilai kuat tarik dan mulur yang sangat baik.

Seiring meningkatnya konsentrasi gula maka akan meningkatkan nilai kuat tarik dan mulur membran, seperti pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Pengaruh massa gula terhadap kuat tarik dan mulur membran

Hal ini disebabkan karena penambahan gula akan meningkatkan produksi selulosa sehingga selulosa yang dihasilkan akan semakin rapat dan strukturnya akan semakin stabil (Zubaidah dan Prasetyana, 2002), mengakibatkan membran memiliki kuat tarik dan mulur yang baik.



**Gambar 9.** Pengaruh massa ZA terhadap kuat tarik dan mulur membran

Berdasarkan Gambar 9, dapat dilihat bahwa nilai kuat tarik dan mulur membran semakin bertambah dengan meningkatnya konsentrasi ZA. Hal ini disebabkan karena dalam pembentukan selulosa bakterial, ZA berfungsi sebagai sumber nitrogen dalam proses biosintesis selulosa sehingga lapisan selulosa bakterial yg dihasilkan akan

semakin tebal dan meningkatkan nilai ketahanan tarik dan mulur membran.

## KESIMPULAN

Massa gula, massa ZA, dan waktu kultur berpengaruh terhadap nilai % removal membran selulosa bakterial terhadap larutan MB. Selain itu, massa gula, massa ZA, dan waktu kultur juga berpengaruh terhadap tebal membran yang dihasilkan, sifat kuat tarik dan mulur membran.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis sampaikan kepada jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia yang telah mendanai penelitian ini melalui skema hibah Penelitian Dosen dan Mahasiswa dengan nomor kontrak 019/Ka.Prodi/70/TK/I/2021.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alves, A.A, Silva, W.E., Belian, M.F., Lins, L.S.G., Galembeck, A. (2020). Bacterial cellulose membranes for environmental water remediation and industrial wastewater treatment. *International Journal of Environmental Science and Technology*.
- Babu, B.R., Parande, A.K., Raghu, S., Kumar, T.P., (2007). Cotton Textile Processing: Waste Generation and Effluent Treatment, *The Journal of Cotton Science* 11:141–153.
- Brown, A.J., (1988). An Acetic ferment which forms cellulose, *Chemical Society* 49, 432-439.

- Dasgupta, J., Silkder J., Chakraborty S., Curcio S., Drioli E. (2015). Remediation of textile effluents by membrane-based treatment techniques: a state of the art review. *Journal of Environmental Management*, 147:55–72.
- Fu, L., Zhou, P., Zhang, S., & Yang, G. (2013). Evaluation of bacterial nanocellulose based uniform wound dressing for large area skin transplantation. *Materials Science & Engineering C*, 33(5), 2995–3000
- Galdino, C.J.S., Maia, A.D., Meira, H.M., Souza, T.C., Amorim, J.D.P., Almeida, F.C.G., Costa, A.F.S., Sarubbo, L.A. (2020). Use of a bacterial cellulose filter for the removal of oil from wastewater. *Process Biochemistry*, Volume 91, Pages 288-296
- George, J., Sajeevkumar, V. A., Kumar, R., Ramana, K. V., Sabapathy, S. N., & Bawa, A. S. (2008). Enhancement of thermal stability associated with the chemical treatment of bacterial (*Gluconacetobacter xylinus*) cellulose. *Journal of Applied Polymer Science*, 108(3), 1845–1851.
- Iguchi, M., Yamanaka, S., dan Budhiono, A. (2000). Bacterial cellulose—A masterpiece of nature's arts. *Journal of Materials Science*, 35(2), 261–270.
- Isik, Z., Unyayar, A., Dizge, N. (2018). Filtration and Antibacterial Properties of Bacterial Cellulose Membranes for Textile Wastewater Treatment. *Avicenna J Environ Health Eng.*, Volume 5, Issue 2 :106-114
- Khataee, A. R., Kasiri, M. B. (2010). Photocatalytic degradation of organic dyes in the presence of nanostructured titanium dioxide: Influence of the chemical structure of dyes. *Journal of Molecular Catalysis A-chemical*, 328, 8.

- Liebert, T. (2010). Cellulose Solvents - Remarkable History, Bright Future. Cellulose Solvents: For Analysis, Shaping and Chemical Modification. <https://doi.org/10.1021/bk-2010-1033.ch001>.
- Mautner, A., Lee, K.Y., Lahtinen, P., Hakalahti, M., Tammelin, T., Li, K., Bismarck, A. (2014). Nanopapers for organic solvent nanofiltration, *Chem. Commun. (Camb.)* 50, 5778–5781.
- Nurhayati, S. (2006). Kajian Pengaruh Kadar gula dan Lama Fermentasi Terhadap Kualitas Nata de Soya. *Jurnal Matematika Sains dan Teknologi*, 7(1), 40 – 47.
- Pambayun R. (2002). Teknologi Pengolahan Nata de coco. Yogyakarta, Penerbit Kanius, Hal : 11 -15.
- Saini, R.D. (2017). Textile Organic Dyes: Polluting effects and Elimination Methods from Textile Waste Water. *International Journal of Chemical Engineering Research*, ISSN 0975-6442 Volume 9, Number 1, pp. 121-136.
- Wanichapichart, P., Kaewnopparat, S., Buaking, K., Puthai, W. (2002). Characterization of cellulose membranes produced by *Acetobacter xylinum*, Songklanakarin *Journal of Science Technology*, 24, 855–862.
- Widyaningsih, (2014), penurunan konsentrasi zat warna dalam limbah batik menggunakan membran dari sargassum sp, *jurnal molekul*, 9(2).
- Zubaidah, E & Prastyana, F. (2002). Pembuatan Nata de Aqua, *Jurnal Bioteknologi Pangan*, 2 (16): Juli 2002.